

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

МУЛЯРЧУК ВАДИМ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 631.331

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Обґрунтування режимів роботи пристосування для
обмолоту люцерни**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Мулярчук В.О.

Керівник роботи

Сукманюк О.М.

к.і.н., доцент

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Мулярчук Вадим Олександрович. Обґрунтування режимів роботи пристосування для обмолоту люцерни. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В кваліфікаційній роботі встановлена залежність мінімального часу проходження бобом люцерни від середини динамічного склепіння до випускного квазіотвору від коефіцієнта внутрішнього тертя бобів люцерни та від діаметра отвору робочої камери.

Визначено залежності величин висоти та швидкості частинки (боба) обмолочуваного вороху в камері пристрою для обмолоту.

Визначено діапазон допустимої лінійної швидкості ротора, що становить 5...15 м/с.

Визначено вираз для кута розчину поверхонь, що стискаються, при якому відбувається затягування боба люцерни з урахуванням перекочування його по дну корпусу молотильної камери.

Встановлено допустимий кут нахилу робочих поверхонь молотильного пристрою, що дорівнює 35°.

Ключові слова: обмолот, люцерна, швидкість, пристрій, молотильний пристрій.

ANNOTATION

Mulyarchuk Vadym Oleksandrovysh. Substantiation of operation modes of the device for threshing alfalfa. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

In the qualification work, the dependence of the minimum time for an alfalfa bean to pass from the middle of the dynamic vault to the outlet quasi-hole on the coefficient of internal friction of alfalfa beans and on the diameter of the working chamber opening was established.

The dependences of the height and velocity of a particle (bean) of the threshed heap in the chamber of the threshing device were determined.

The range of permissible linear rotor speed, which is 5...15 m/s, is determined.

An expression for the angle of the solution of the compressible surfaces at which the alfalfa bean is tightened, taking into account its rolling along the bottom of the threshing chamber body, was determined.

The permissible angle of inclination of the working surfaces of the threshing device is established to be 35°.

Keywords: threshing, alfalfa, speed, device, threshing device.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СПОСОБИ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ОБМОЛОТУ БОБІВ ЛЮЦЕРНИ.....	9
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБМОЛОТА БОБІВ ЛЮЦЕРНИ.....	17
РОЗДІЛ 3. ІНЖЕНЕРНІ РОЗРАХУНКИ.....	29
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	40

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Люцерна – багаторічна бобова кормова культура, що вирощується у багатьох країнах. Вона належить до сімейства бобових (Leguminosae L.). Налічують до 60 видів люцерни, однак у сільськогосподарському виробництві використовують лише кілька видів та гібридних їх форм, що утворилися в результаті природних та штучних схрещувань [13]. Широко вирощуються люцерна синя посівна (*Medicago sativa* L.), люцерна жовта (*Medicago falcata* L.) і люцерна блакитна (*Medicago coerulea* L.) [10]. З люцерни одержують високобілкові корми. Зелену масу люцерни використовують для приготування вітамінного трав'яного борошна та різання, сіна та сінажу. Середня врожайність зеленої маси люцерни становить до 300 ц/га, сіна – 100 ц/га [1]. Ця культура покращує структуру ґрунту та його родючість, знижує потребу в дорогому азоті. Її застосовують як засіб боротьби з вітровою та водною ерозією ґрунтів на зрошуваних землях та в рисових сівозмінах сільськогосподарських культур. Зумовлено це тим, що люцерна за рахунок потужної кореневої системи знижує рівень ґрунтових вод, а її густий травостій затіняє поверхню ґрунту, попереджаючи вторинне засолення зрошуваних земель [13]. За переваги цієї кормової культури її, використовуючи першу літеру грецького алфавіту, називають alfalfa (альфальфа – перша з перших).

Щорічно потреба насіння люцерни становить 1,5 тис. тонн. Оскільки люцерна – багаторічна бобова кормова трав'яна культура, то у селекційному процесі та насінництві люцерни прибирають урожай насіння та зеленої маси, а у товарному виробництві – зелену масу. Обмолот люцерни є важливою технологічною операцією. За призначенням, принципом дії та умовами експлуатації селекційно-насінницькі машини, а також машини, що застосовуються в агротехнічних дослідах, багато в чому відрізняються від

загальновиробничих машин, при тому, що виконують вони ті ж технологічні операції.

Особливість виробничих процесів у селекції, сортовипробуванні та первинному насінництві – уривчастість технологічного процесу збирання врожаю насіння так, як обробляють порції врожаю селекційних номерів. Для обробки окремих порцій селекційного матеріалу використовують машини двох типів. Для відносно великих порцій застосовують виробничі машини, але з переривчастим (порційним) завантаженням. Для малих порцій використовують машини порційної дії із замкнутим циклом обробки селекційного матеріалу. У селекційній роботі з люцерною є потреба обмолочувати боби, зібрані з однієї або кількох рослин, при цьому не допускаючи змішування насіння селекційних номерів. Причому порції бобів, які збираються з ділянок, відносно невеликі. Тому кількість насіння, що виділяється з порцій бобів, теж відносно невелика. Звідси підвищені вимоги до запобігання втратам насіння селекційних номерів недомолотом, розсипом насіння та його травмуванням у процесі збирання їх з рослин люцерни на дослідних ділянках.

У товарному насінництві використовують потоковий спосіб виконання технологічних операцій, як і в загальновиробничих машинах, але висувають підвищені вимоги при збиранні врожаю. Це повна відсутність сортозмішування та зведення до мінімуму втрат насіння. Проте існуючі сільськогосподарські машини допускають значні втрати насіння люцерни у процесі збирання врожаю [9, 10].

Ступінь розробленості теми. Теорію обмолоту сільськогосподарських культур розроблено досить повно. Молотильні тангенціальні пристрої з більним ротором досліджувалися цілим рядом вчених. Серед них слід зазначити роботи В. П. Горячкіна, В. С. Кравченка, Ю. Д. Ахламова, Е. В. Жалніна, В. В. Куцеєва, А. С. Старцева. Аксиально-роторні молотильно-сепаруючі пристрої досліджувалися І. В. Горбачовим, А. П. Тарасенко, В. Є. Панасенко. Збирання сільськогосподарських культур очесом досліджувалося Е. В. Жалніним, І. В.

Горбачовим, А. І. Бур'яновим, І. В. Черв'яковим, Ю. Д. Ахламовим, Р. Н. Карпенком, А. М. Машковим. Для тангенційних апаратів зернозбиральних комбайнів розробляються та випускаються спеціальні пристрої. Але через малий розмір і велику плинність насіння люцерни, її втрати перевищують агротехнічні вимоги. Загалом як тангенціальні, так і аксіально-роторні молотильні пристрої призначені для обмолоту великих партій та практично непридатні для обмолоту бобів люцерни на етапах селекції та первинного насінництва.

Для обмолоту бобових культур у селекційному та насінницькому процесах, як правило, використовують обмолочувальні пристрої теркового типу [3]. Але для люцерни потрібен повторний дообмолот бобів, що значно знижує продуктивність теркових молотильних пристроїв.

Отже, існує об'єктивна необхідність у розробці пристрою для обмолоту бобів люцерни на етапах селекції та первинного насінництва, що забезпечує мінімальні втрати насіння дробленням, недомолотом та розсіпом.

Метою роботи є оптимізація параметрів та режиму роботи обмолочуючого пристрою з робочими органами у формі плоскої обертової пластини та у формі диска для зниження втрат насіння люцерни на етапах селекції та первинного насінництва.

Для реалізації поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі **завдання**:

- розробити конструктивно-технологічні схеми пристроїв для обмолоту бобів люцерни на етапах селекції та первинного насінництва;
- визначити оптимальні параметри та режими роботи пристроїв для обмолоту бобів люцерни на етапах селекції та первинного насінництва.

Об'єкт дослідження – технологічний процес обмолоту бобів люцерни та пристрої для його здійснення.

Предмет дослідження – залежність втрат насіння люцерни від конструктивних та режимних параметрів обмолочуючого пристрою.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Сукманюк О.М., Мулярчук В.О. Способи та технічні засоби обмолоту бобів люцерни. *Збірник тез ІХ-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»*. м. Житомир, 5 квітня 2023 року. Житомир : ЖАТФК. С. 204-208.

2. Сукманюк О.М., Мулярчук В.О. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми пристрою для обмолоту бобів люцерни. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науковопедагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики*. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. С. 79-82.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для аграрних підприємств України представляє розроблений пристрій для обмолоту бобів люцерни на етапах селекції та первинного насінництва.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 19 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 41 сторінка комп'ютерного тексту, містить 19 рисунків.

РОЗДІЛ 1

СПОСОБИ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ОБМОЛОТУ БОБІВ ЛЮЦЕРНИ

У механізації процесів у селекції, сортовипробуванні, первинному насінництві та польовому експерименті лідерами є дві зарубіжні фірми H.U. Hege (Німеччина) та Walter Wintersteiger (Австрія). Найменування останньої, в результаті реорганізації, було змінено на Wintersteiger AG, яка в даний час є провідним світовим виробником селекційних машин.

Фірма Wintersteiger AG (Австрія) випускає селекційний зернозбиральний комбайн CLASSIC для третього етапу селекційних робіт (контрольний розплідник і попереднє сортовипробування) і селекційно-насінницько-семеноводницький зернозбиральний комбайн DELTA для четвертого етапу селекційних робіт (конкурсне сортовипробування і розплідники попереднього розмноження нових сортів). Крім цього для обмолоту пучків рослин зернових, зернобобових культур і трав фірма випускає селекційні колосову молотарку LD 180 і снопову молотарку LD 350. У молотарці LD 350 безступінчасто регулюють частоту обертання барабана і в комплекті – 18 типів змінних підбарабання.

Фірма H.U. Hege (Німеччина) випускає селекційні зернозбиральні комбайни HEGE-125C.

Компанія Sampo Rosenlev (Фінляндія) виробляє селекційно-насінницько-семеноводчий зернозбиральний комбайн SAMPO-580. Селекційний зернозбиральний комбайн SR 2010 спільно випускають фірма Sampo Rosenlev (Фінляндія).

У селекційній роботі обмолочують боби люцерни, вирощені на ділянках селекційних номерів. Порції бобів, що збираються з ділянок, невеликі, оскільки збирання здійснюється з однієї або кількох рослин.

Тому кількість насіння, що виділяється з порцій, незначна. Звідси підвищені вимоги до запобігання втрат насіння селекційних номерів

недомолотом, розсипом насіння та його травмуванням у процесі збирання. Однак розроблені молотарки пучкові допускають втрати насіння.

Крім того, процес обслуговування наявних молотарок є досить трудомістким, що зумовлено запобіганням сортозмішуванню. Для чого необхідний ретельний огляд робочих органів і видалення насіння, що залишилося.

Робочі органи перелічених вище селекційних комбайнів у сортовипробуванні та первинному насінництві аналогічні робочим органам виробничих зернозбиральних комбайнів і як останні допускають недомолот люцерни. Тому необхідна додаткова операція - обмолот бобів, виділених з обмолоченого вороху.

У товарному насінництві використовують перевірені способи збирання насіння люцерни, а також розробляють нові технічні рішення, орієнтовані на мінімізацію втрат насіння. Найпоширенішими способами збирання врожаю насіння люцерни є пряме комбайнування та роздільний спосіб збирання. Збирання прямим комбайнуванням проводять при побурінні в травостої люцерни 60...90 % бобів. Урожай насіння прибирають за один прохід зернозбирального комбайна по полю. Для поліпшення умов обмолоту скошеної маси молотильним пристроєм зернозбирального комбайна попередньо травостій обробляють хімічними препаратами: десикантами, дефоліантами, сінікантами. А. Н. Садиров експериментально встановив, що десикація травостою люцерни збільшує втрати насіння в 1,5 раза за жнивваркою під час скошування травостою. Отже, під час застосування десикантів слід розв'язувати задачу усунення втрат за жаткою.

Зернозбиральний комбайн розроблено для збирання зернових колосових культур. Як показала практика застосування зернозбирального комбайна, на збиранні врожаю насіння люцерни він припускається значних втрат насіння розсипом, а його робочі органи допускають значний недомолот насіння з бобів. Для запобігання втрат насіння розсипом розроблено різні способи його герметизації. Для повнішого вимолоту з бобів насіння в технологічну схему

зернозбирального комбайна введено технологічну операцію - додатковий обмолот бобів. Розроблено низку конструкцій домолотувальних пристроїв, що включають активний робочий орган, який взаємодіє з тірочною поверхнею.

При цьому існує кілька варіантів розміщення домолачувального пристрою в конструктивній схемі комбайна. Пристосування 54-108А доповнює молотильний пристрій комбайна (рис. 1). В інших варіантах виконання домолачувальний пристрій розташований за декою молотильного пристрою, за грохотом (рисунок 1.2), за колосовим елеватором.

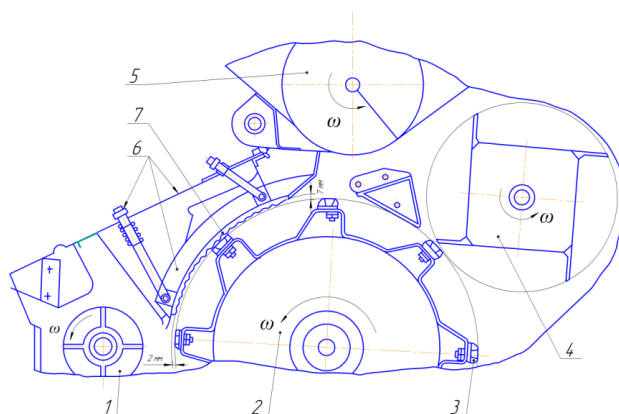


Рис. 1.1. Схема пристосування 54-108А для люцери зернозбирального комбайна: 1 – приймальний бітер, 2 – молотильний барабан, 3 – бич, 4 – відбійний бітер, 5 – вивантажувальний шнек, 6 – пристосування, 7 – третьова поверхня.

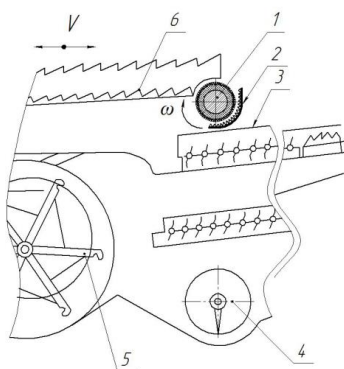


Рис. 1.2. Схема домолочувального пристрою люцери в зернозбиральному комбайні: 1 – обгумований барабан зменшеного діаметра; 2 – дека з обгумованою тірочною поверхнею; 3 – верхнє решето зерноочищення; 4 – шнек; 5 – вентилятор; 6 – грохот

Н. В. Мурзін розробив домолочувальний пристрій, що містить барабан у вигляді багатогранника, на вершинах граней якого розташовані рифи, а поверхня підбарабання виконана рифленою. Вимолот насіння з бобів люцерни розробленим пристроєм становив 99,0%.

Існує тенденція в розробці домолочувального пристрою для бобів люцерни – розробляють домолочувальний пристрій одночасно для люцерни та конюшини або модернізують для обмолоту бобів люцерни конюшинотерку.

Люцерна належить до культур зі значною нерівномірністю дозрівання насіння. Роздільний спосіб збирання дає змогу збільшити час дозрівання насіння. Однак дозріле насіння навіть за незначних механічних впливів обсіпається з бобів.

Для зниження втрат насіння в процесі скошування травостою у валки застосовують додаткову технологічну операцію – збирання насіння, обмолоченого робочими органами жатки самохідної косарки. Розроблено різноманітні пристосування до робочих органів самохідних косарок і жаток для збирання насіння. Наприклад, за вивантажувальним вікном жатки встановлюють пристрій для збирання насіння – насіннеуловлювач (рис. 3).

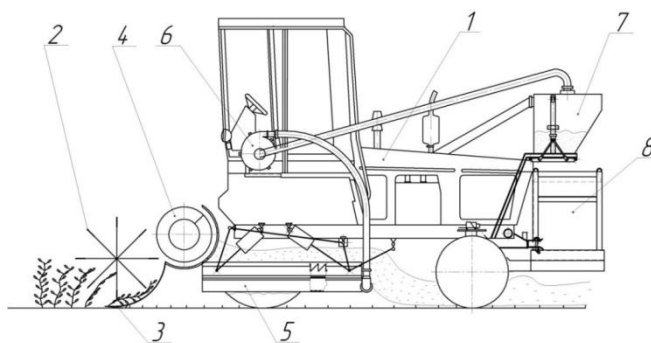


Рис. 1.3. Схема самохідної косарки з пристроєм для збирання насіння: 1 – самохідна косарка; 2 – жниварка; 3 – ріжучий апарат; 4 – шнековий транспортер; 5 – насіннеуловлювач; 6 – вентилятор; 7 – бункер для насіння; 8 – змінний бункер для насіння.

Розроблено ще один варіант роздільного способу збирання врожаю насіння люцерни, згідно з гіпотезою про те, що для скорочення втрат насіння під час збирання та перевезення, насіння не слід виділяти з бобів, а перевозити його в

бобах із подальшим обмолотом бобів на стаціонарі. У цьому варіанті в другу фазу збирання перед обмолотом валків регулюють режим роботи робочих органів комбайна, виходячи з того, щоб максимально знизити інтенсивність впливу на боби робочих органів, а стулкам бобів завдавати мінімальні пошкодження.

Збирання з вивезенням усього біологічного врожаю люцерни на стаціонар і подальшим там обмолотом охоплює технологічні операції: скошування травостою, подрібнення й навантаження всього біологічного врожаю у візки, транспортування подрібненого біологічного врожаю на стаціонарний пункт під навісний накопичувач із подальшою дозованою подачею на конвеєрну сушарку-сепаратор, обмолот, завантаження насіння у ємності, подача листостеблової маси до місць переробки та зберігання. Для скошування травостою і навантаження в транспортний засіб застосовують польову збиральну машину МПУ-150 або переобладнаний зернозбиральний комбайн, у якому демонтовано молотильний пристрій і встановлено вентилятор із матеріалопроводом. Для транспортування скошеної листостеблової маси використовують тракторні причепи 2ПТС-4-887А, які попередньо герметизують. Для раціонального заповнення транспортних засобів скошеним травостоем його необхідно подрібнювати. Для обмолоту на стаціонарі використовують зернозбиральний комбайн спільно з серійно випускаються стаціонарними машинами. Тому існує потреба в удосконаленні цих сільськогосподарських машин. Зокрема, на стаціонарі після обмолоту оберемка комбайном залишається потреба в обмолоті бобів, що залишилися в оберемку. Для усунення втрат недомолотом на стаціонарі В. А. Корякіним розроблено третю пристрій до насінєвоочисної машини.

Ведуться дослідження з подрібнення скошеного травостою люцерни. Вивчено можливість застосування для скошування травостою люцерни на насіння кормозбиральним комбайном КСК-100.

У ФРН у 1950 р. було проведено дослідження з подрібненням снопів. За результатами цих досліджень фірма "Альгайєр" розробила стаціонарний пункт із

молотаркою НД-28 для обробки подрібненої хлібної маси. Скошений хлібостій у снопах, доставлений із поля на стаціонарний пункт, подавався в подрібнювач. Потім подрібнена маса пневмопроводом прямувала в молотильно-сепарувальний пристрій, а очищене від домішок зерно самопливом надходило в засіки. У 1978 р. шведська фірма "Кокумс Констракшн АБ" побудувала стаціонарний пункт обмолоту продуктивністю 30 т/год. У цей самий час дослідження некомбайнових способів збирання всього біологічного врожаю зернових культур проводили в США, Великій Британії та данська фірма "Шелл форм". Відзначено підвищення вартості збирання врожаю порівняно з комбайновими способами збирання. Нині спосіб збирання з вивезенням усього біологічного врожаю на стаціонар як зернових колосових, так і люцерни не знайшов широкого застосування через значну складність ні в нас у країні, ні за кордоном.

Для скорочення втрат незрілим насінням розробляють багатофазний спосіб збирання, за якого збиральна машина проходить кілька разів через певний час прибиральним полем, обмолочуючи травостій на корені задану кількість разів. Причому обмолот дозрілих бобів із насінням здійснюють наступними впливами на рослини: потоками атмосферного повітря, механічним впливом, наприклад, очесом і комбінованим впливом - механічним і потоками повітря.

Обмолот врожаю на краю поля дає змогу до мінімуму скоротити довжину шляху вивезення врожаю, спрощуючи розв'язання транспортної задачі. Позитивний ефект відзначено на збиранні зернових колосових культур. На збиранні насіння люцерни цей спосіб до теперішнього часу не знаходить застосування. Однак розробляється різновид цього способу - поєднання обмолоту з транспортуванням вороху на стаціонар.

Конструкцію кузова самосвального транспортного засобу виконано у вигляді молотильного пристрою (рис. 1.4).

Скошену листостеблову масу, сформовану в кузові у вигляді копиці, витримують під дією сонячних променів кілька годин. Самоскидний транспортний засіб у цей час може стояти на краю поля, їхати на стаціонар або

стояти на стаціонарі. Потім перфоровану гнучку мембрану кузова приводять періодично в дію за допомогою віброприводу. Виділене насіння та дрібні домішки, що сепарують через перфоровану гнучку мембрану, періодично видаляють із кузова. Для цього кузов за допомогою гідроциліндра підймання й опускання піднімають і відкривають нижню частину заднього борта кузова.

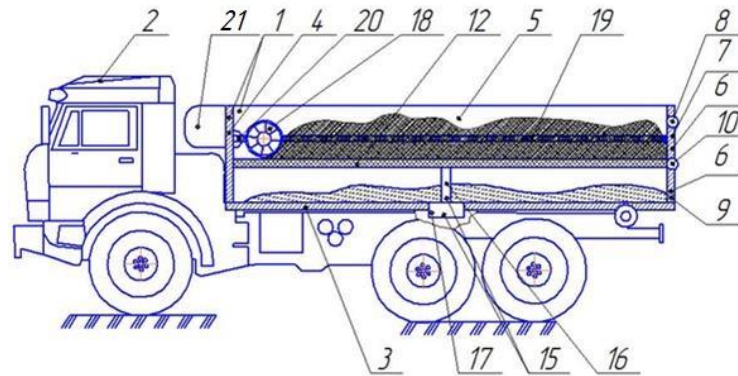


Рис. 1.4. Схема конструкції молотильного пристрою люцерни на базі автомобіля: 1 – кузов; 2 – транспортний засіб; 3 – дно кузова; 4 – передній борт; 5 – бічні борти; 6 – задній борт; 7 – верхня частина заднього борту; 8 – шарнір; 9 – нижня частина; 10 – шарнір; 11 – гідроциліндр; 12 – перфорована гнучка мембрана (дека-решето); 13 – акумулятор; 14 – сітка; 15 – вібропривід; 16 – кінематичний зв'язок вібратора та деки-решета; 17 – вібратор; 18 – обмолочувальний барабан; 19 – напрямні; 20 – лебідка, 21 – акумуляторна батарея.

На завершення процесу обмолоту обмолочувальним барабаном прикочують обмолочувану масу. Обмолочувальний барабан установлено з можливістю переміщення за допомогою лебідки над перфорованою гнучкою мембраною (рис. 4). Маса, що обмолочується, деформується обмолочувальним барабаном, у ній створюється додаткове тертя, що інтенсифікує процес обмолоту. Вивантажувану з кузова купу, що містить боби, насіння і дрібні домішки, піддають активному вентиляванню, наприклад, в аерожелобі, очищенню насіння в аспіраційному каналі та обмолоту бобів. У цьому способі збирання також потрібен домолот бобів.

Висновки по розділу

Аналіз наявних і розроблюваних технологічних процесів збирання врожаю люцерни дає змогу дійти висновку, що розроблені та застосовувані способи допускають значні втрати врожаю насіння. У вітчизняній і зарубіжній практиці використовують різноманітні способи збирання врожаю насіння люцерни, що викликано прагненням скоротити втрати врожаю насіння. У всіх розглянутих способах збирання врожаю насіння присутня технологічна операція домолоту бобів люцерни. Однак розроблені домолочувальні пристрої також допускають значний недомолот і дроблення насіння. Це робить актуальним створення нових технічних рішень домолочувального пристрою.

З урахуванням специфіки селекційної роботи та насінницького процесу люцерни домолотувальний пристрій має працювати в режимах порційного та безперервного завантаження.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБМОЛОТА БОБІВ ЛЮЦЕРНИ

2.1. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми пристрою для обмолоту бобів люцерни

Згідно зі сформульованою гіпотезою для виділення насіння з бобу його необхідно піддати деформації стиснення й одночасно впливу сил тертя, а для забезпечення сталого протікання технологічного процесу обмолочуваний матеріал слід привести в псевдозріджений ("киплячий") стан.

Технологічна операція обмолоту в селекційному процесі та насіннево-новницькому відрізняються. У першому випадку - пристрій для обмолоту працює в режимі порційного завантаження, у другому - безперервної подачі обмолочуваного вороху. Тому пристрій для обмолоту розробили у двох варіантах. Для першого варіанта одним із конструктивних варіантів виконання є робочий орган, виконаний у вигляді плоскої пластини, що обертається, в камері, без доступу повітря ззовні, що представлено на рисунках 2.1 і 2.2. У процесі виконання технологічної операції обмолоту під дією обертового ротора-пластини в молотильній камері формуються: I - повітряно-вихрова зона і зона II – псевдозрідженого шару обмолочуваного вороху (рис. 2.2). Обсяг обмолочуваних порцій селекційних номерів невеликий, але варіює за величиною в значних межах. Виходячи з цього вибрали внутрішній діаметр молотильної камери 80 мм, а її висоту – 57 мм.

Задалися геометричними параметрами, керуючись умовами забезпечення найбільшої простоти конструкції. Профіль ротора-пластини вибрали симетричним і прямокутної форми. Для забезпечення мінімально можливого лобового опору ротора-пластини під час обертання в молотильній камері потрібно вибрати мінімально можливу площу бічної сторони ротора-пластини.

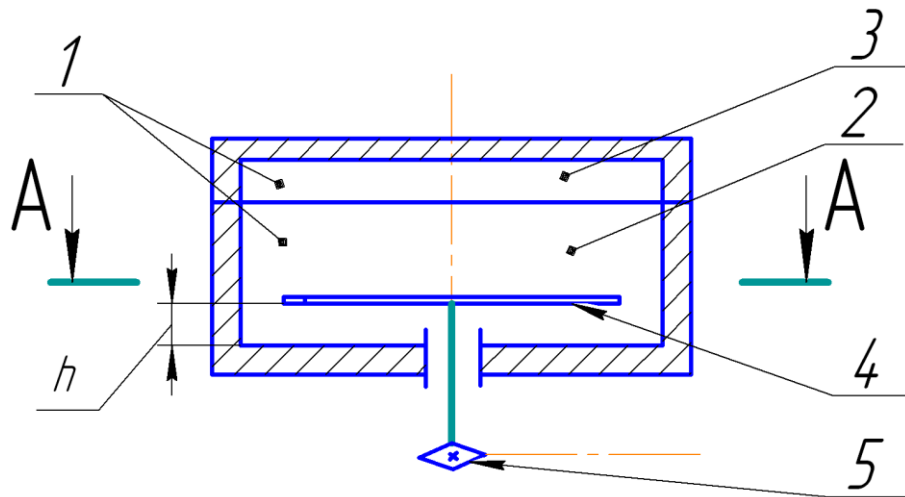


Рис. 2.1. Схема пристрою для обмолоту з робочим органом у вигляді плоскої пластини, вигляд спереду: 1 – молотильна камера; 2 – корпус; 3 – кришка; 4 – робочий орган у вигляді ротора-пластини; 5 – привід в обертання ротора-пластини.

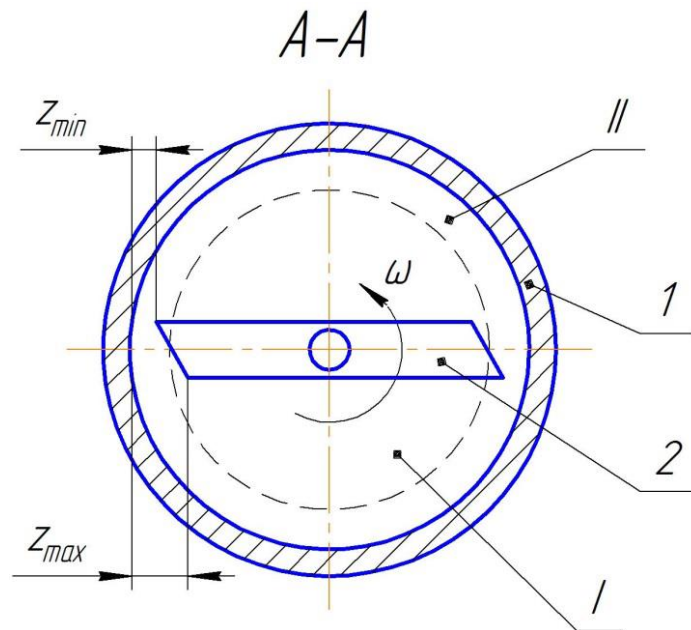


Рис. 2.2. Схема молотильного пристрою для обмолоту бобів люцерни на етапі селекції: 1 – стінка молотильна камера, 2 – ротор-пластина, I – повітряно-вихрова зона, II – зона псевдозрідженого шару вороху.

Для цього ширину прямокутного профілю ротора-пластини обираємо таким чином, щоб вона істотно перевищувала його висоту. Ширину профілю ротора-пластини вибираємо рівною 11 мм, а висоту – 1,5 мм. Тоді їх

співвідношення дорівнює 0,14. Встановлюємо ротор-пластину з кутом атаки, що дорівнює нулю.

Для сформульованої вище умови про те, що насіння люцерни під час обмолоту не має зазнавати деформації стиснення, необхідно, щоб зазори між ротором і внутрішньою поверхнею камери пристрою для обмолоту були більшими за розміри насіння люцерни.

Крім того, для поліпшення переміщення бобів у технологічному зазорі між внутрішньою поверхнею стінки камери та кромкою ротора-пластини, останню виконали зі скосом (рис. 2.2). Тоді технологічний зазор Z змінюватиметься від Z_{\min} до Z_{\max} .

Таким чином, для забезпечення процесу руйнування бобів люцерни без пошкодження насіння важливою умовою є величина зазорів між поверхнями ротора-пластини та камери молотильного пристрою. З огляду на розмірні характеристики насіння люцерни, а саме, довжину насіння, що дорівнює в інтервалі 1,0...2,2 мм, а також довжину бобів – 5,0... 5,3 мм, для запобігання защемленню насіння та пошкодженню його поверхнями робочих органів, припустимо обирати зазор h між нижньою поверхнею ротора-пластини та днищем камери в інтервалі 3,5...4,0 мм, а зазор Z_{\min} між торцевою поверхнею ротора-пластини та бічною стінкою молотильної камери в інтервалі, що дорівнює 2,5...3,0 мм. Тоді радіус ротора-пластини слід задавати в інтервалі 37,5...37,0 мм.

Для другого варіанта розроблено пристрій для обмолоту бобів, що містить обертовий у циліндричній робочій камері ротор діаметром D і ротор у формі диска діаметром d (рис. 2.3). Технологічний зазор, що характеризується діаметрами $Z_{\text{верх}}$ і $Z_{\text{ниж}}$, у якому відбувається виділення насіння з бобів, утворений внутрішньою поверхнею циліндричної робочої камери і ротором-диском. Обмолочуваний ворох самопливом надходить у робочу камеру через завантажувальну лійку з кутом нахилу скатної поверхні β_1 на обертовий ротор-диск, на якому розкручується під дією відцентрових сил. Потім обмолочуваний

ворох через кільцевий зазор, що характеризується діаметрами $Z_{\text{верх.}}$ і $Z_{\text{ниж.}}$, надходить на скатний жолоб із кутом нахилу скатної поверхні β_2 .

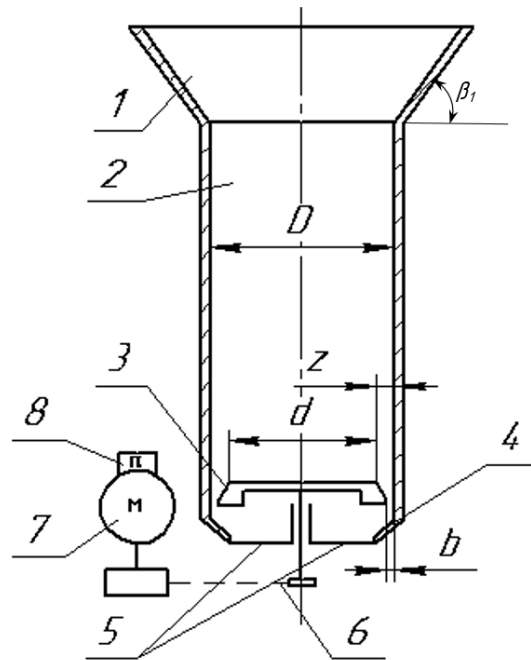


Рис. 2.3. Схема пристрою для обмолоту бобів люцерни: 1 – завантажувальна воронка, 2 – молотильна камера, 3 – ротор із вертикальною віссю обертання, 4 – скатний жолоб, 5 – опори вала ротора; 6 – пасова передача; 7 – електродвигун; 8 – регулятор швидкості.

Технологічну операцію обмолоту бобів можна розділити на чотири фази. I фаза – переміщення обмолочуваного насінневого матеріалу (бобів люцерни) у завантажувальній лійці та подача його в молотильну камеру, II фаза – рух насінневого матеріалу в молотильній камері, III фаза – обмолот насінневого матеріалу в кільцевому зазорі між ротором і внутрішньою стінкою молотильної камери, IV фаза – рух обмолоченого вороху по скатним жолобам (рис. 2.3).

Ротор-пластина та ротор-диск повинні мати вагову, геометричну та аеродинамічну симетрії.

Висновок: пристрій для обмолоту бобів люцерни, з урахуванням специфіки селекційних робіт і насінницького процесу, повинен мати дві модифікації.

2.2 Опис процесу обмолоту бобів люцерни робочими органами у вигляді пластини та суцільного диска

Складність дослідження процесу обмолоту бобів люцерни обумовлена неоднорідним станом і властивістю матеріалу, що обмолочується - бобів люцерни, насіння і стулочок бобів. Результатом роботи обмолочуючих пристроїв, в конструкціях яких не враховані фізико-механічні особливості культури, є недомолот, дроблення і мікроушкодження насіння.

Процес обмолоту люцерни - виділення насіння з бобів люцерни виконуємо, піддаючи боб деформації стиснення на величину, що забезпечує зазор між поверхнями, що стискають, більший ніж розмір насіння. Це запобігає деформації стиснення насіння, яке знаходиться в бобі. Подача бобів у зону деформації забезпечується створенням потоку вороха, що обмолочується. Процес обмолоту реалізуємо двома варіантами конструкції - молотильним пристроєм з порційним завантаженням (рисунок 2.4) для використання в селекційній роботі та молотильне пристрій з безперервним завантаженням (рисунок 2.5) для застосування на етапі конкурсного та в первинному насінництві.

Ворох люцерни включає боби, насіння та зруйновані стулочки бобів, що виключає можливість однорідних властивостей у будь-якому місці вороха, що обмолочується. При цьому очевидно, що кожна частка вороху має відносну суцільність. Місця контакту частинок – це розриви суцільності та жорстких зв'язків між частинками. Тому обмолочуваний купу щодо процесу обмолоту бобів розглядаємо не як суцільне тверде тіло чи рідина, бо як сипке тіло. Сипуче тіло характерне відсутністю опору деформації розтягування і має опір стиску однакове з дискретними частинками сипучого тіла.

Обертання обмолочуваного вороху протягом n циклів в обох модифікаціях пристрою для обмолоту, тобто в порційному режимі або в безперервному режимі обмолоту, забезпечує стан циркулюючого замкнутому потоку вороха.

Взаємодія частинок вороху підпорядковується закону всесвітнього тяжіння, а деформація частинок – закону Гука. Повітря стискаємо та розширюється в умовах зниженого тиску.

Уточнимо теоретичну модель фізичного процесу для першого варіанта молотильного пристрою з порційним завантаженням (рисунок 2.4).

Робочий орган для обмолоту – роторпластина має прямокутний профіль (рисунок 2.5). Для забезпечення мінімального лобового опору кут атаки (кут між напрямком вектора швидкості повітряного потоку, що набігає на роторпластину, і більшою стороною профілю) дорівнює нулю.

Розглянемо холостий режим роботи пристрою для обмолоту (без купу в молотильній камері). При обертанні роторапластини на верхній і нижній поверхнях утворюється прикордонний шар [8]. Наслідком в'язкості повітря є поява тонкий шар повітря між твердою поверхнею роторапластини і потоком повітря, що рухається разом з поверхнею ротора-пластини.

За ротором-пластиною утворюється турбулентна зона, що є обмеженим вихровим потоком. Ротор-пластина рухається у цьому шарі та підтримує його турбулентний стан у результаті свого руху (рисунок 2.6).

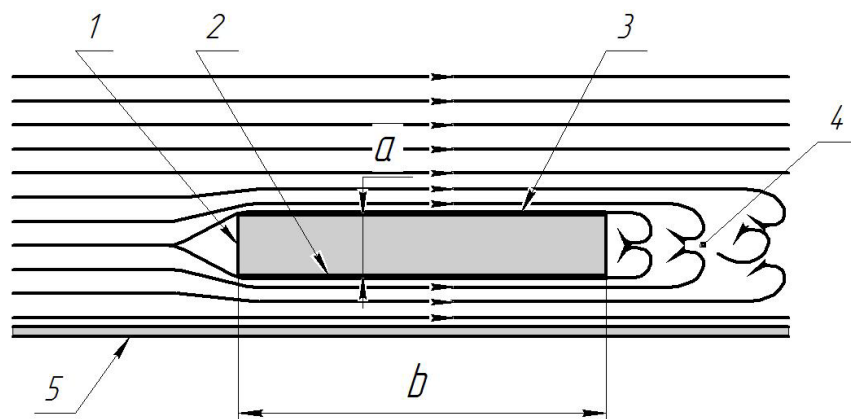


Рис. 2.6. Схема обдування повітряним потоком ротора-пластини: 1 - передня стінка ротора-пластини; 2 – бічна стінка ротора-пластини; 3 – прикордонний шар; 4 – зона турбулентності; 5 – дно камери

Вплив ротора-пластини на повітря поширюється і на найближчі шари так, що все повітря в молотильній камері починає рухатися. У периферійних краях

ротора-пластини біля стінки камери утворюються завихрення повітря - кінцеві вихори.

Розглянемо робочий режим роботи пристрою для обмолоту. Обертання ротора-пластини супроводжується створенням обертового в камері потоку вороху і атмосферного повітря. У камері формуються дві зони - в центрі повітряна лійка, а навколо неї вихровий ворохо-повітряний кільцевий потік вороха, що обмолочується (рисунок 2.4).

Цей потік вороха, що обмолочується, переходить у псевдозріджений стан від механічного впливу на нього обертового ротора. Псевдозрідженому потоку вороха за аналогією з рідиною властиві плинність і в'язкість, підпорядкування закону Архімеда. Сумарний об'єм частинок вороху, що утворює нерухомий шар вороху, менший за об'єм, який займає псевдозріджене замкнене кільце вороху. Величину, що характеризує пухкість або обсяг порожнин між частинками вороху, називають порізністю.

Під дією власної ваги та відцентрової сили, що створюється обертанням ротора-пластини, частки вороху (боби, насіння, стулки бобів та їх частини) у псевдозрідженому шарі переміщатимуться в зону стику бічної стінки та дна камери (рисунок 2.7).

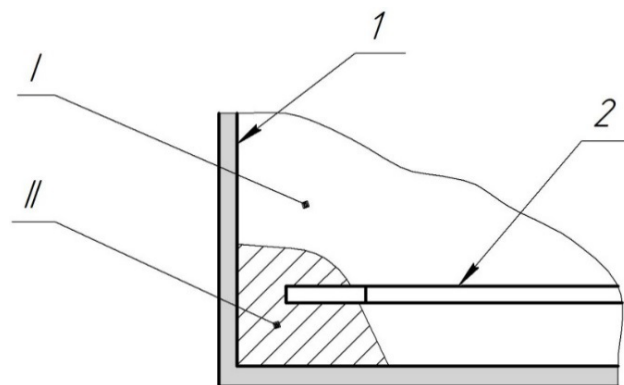


Рис. 2.7. Схема обмолоту бобів люцерни у молотильній камері: 1 – стінка молотильної камери; 2 – ротор-пластина; I – зона циркуляції вороху; II – зона обмолоту бобів.

При цьому згідно з нашою гіпотезою відбуватиметься розшарування частинок вороху. Більш легкі частинки будуть переміщатися вгору, а більш

важкі - в нижню частину псевдозрідженого шару матеріалу, що обмолочується. Оскільки найважча фракція вороху – не вимолочені боби, таке явище сприятиме інтенсифікації процесу обмолоту бобів. Зумовлено це, тим, що не вимолочені боби як важчі переміщуються у купі в зону обмолоту бобів (рисунок 2.7).

Величина висоти профілю a дорівнює 1,5 мм, а її відношення до довжини b дорівнює 0,14 (рисунок 2.6). Оскільки розмір боба більше висоти профілю ротора-пластини і боби рухаються в обтікають профіль потоках повітря, то сформулювали гіпотезу про те, що при контакті боба з ротором-пластиною буде ненаголошене обтікання профілю купою. Іншими словами, не відбудуватиметься явища центрального удару боба об передню стінку профілю ротора-пластини.

Ротор-пластина обертається з великою швидкістю щодо повітря та бобів, які залучаються до обертального руху в камері пристрою для обмолоту.

Уточнимо теоретичну модель фізичного процесу для другого варіанту пристрою для обмолоту бобів люцерни з безперервним завантаженням (рисунок 2.5).

Боби люцерни завантажують в молотильну камеру, що є накопичувачем маси, що обмолочується, що надходить на обмолот. Рух нижніх шарів бобів у молотильній камері передається верхнім шарам, що спираються на них, порушуючи їх рівновагу. При цьому деформація зсуву зменшує кількість контактних зв'язків частинок сипучого матеріалу - бобів, що призводить до зниження напруги в сипучому матеріалі [11]. Такий рух розглядатимемо як безперервний процес пластичних деформацій зсуву, в якому відбувається вільне падіння частинок.

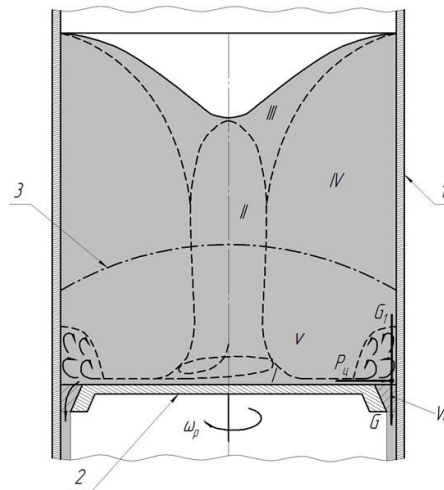


Рис. 2.8. Схема зон обмолоту: 1 – стінка камери, 2 – ротор, 3 – динамічний звід, що саморозвантажується.

Відбувається безперервне рух бобів у зону обмолоту – кільцевого зазору. Тут боби внаслідок деформації стиску руйнуються. Відбувається їхня обмолот. Продукти обмолоту насіння люцерни, стулки бобів та їх частини під дією власної ваги проходять крізь кільцеве зазори, а потім подаються на наступну операцію – відокремлення насіння від домішок (рисунок 2.8).

Управління рухом сипучої маси – бобів у молотильній камері пристрою здійснюємо шляхом зовнішнього впливу на неї ротором, що обертається. Над ротором, що обертається, є рухомим дном молотильної камери циліндричної форми, знаходиться зона I руху бобів до стінки молотильної камери під дією відцентрових сил $P_{ц}$. Над цією зоною в центрі молотильної камери утворюється стовпчаста зона II, в якій боби рухаються вертикально вниз з більшою швидкістю ніж решта бобів.

Стовбоподібний рух викликає утворення зони III біля поверхні сипучої маси, в якій боби рухаються в зону I, що призводить до утворення воронки на поверхні маси, що обмолочується, що знаходиться в молотильній камері. Зона IV знаходиться між зоною I та стінкою молотильної камери. З цієї зони боби переміщуються до зон I, II і III. На межі I і II зон стовпний рух сипучої маси бобів переходить у рух по гвинтовій траєкторії. У зоні V, що знаходиться над кільцевим зазором, боби переходять у псевдозріджений стан і під дією власної

ваги та шарів бобів зони IV надходять у зону VI обмолоту бобів, що знаходиться в кільцевому зазорі. Вимолочене насіння та домішки під дією власної ваги видаляються з пристрою на наступну технологічну операцію - відділення насіння від домішок.

Ротор, що обертається, утворює рухоме дно молотильної камери циліндричної форми, і кільцевий зазор утворюють випускний квазіот-верстий молотильної камери, площа якого дорівнює:

$$S_o = \pi R_k, \quad (2.1)$$

де S_o - площа випускного квазіотвору, m^2 ; R_k - радіус молотильної камери, м.

Розглянемо фізичний процес обмолоту для другого варіанту пристрою обмолоту бобів люцерни (рисунок 2.5) в іншому аспекті, прийнявши гіпотезу динамічного склепіння, що саморозвантажується [9]. Для обмолоту бобів люцерни ними заповнюють робочу камеру пристрою, і боби переміщуються під дією власної ваги по ній до випускного квазіотвору.

Згідно з прийнятою гіпотезою швидкість закінчення сипучого матеріалу з квазіотвору залежить від висоти динамічного склепіння і не залежить від висоти стовпа сипучого матеріалу над цим склепінням. Загальноприйнято, що вага сипучого матеріалу, що знаходиться над отвором, частково передається на стінки ємності за рахунок внутрішнього тертя, а також врівноважується опором склепіння. Висоту динамічного саморозвантажувального склепіння над випускним квазіотвором визначили з виразу [9]:

$$h_c = \frac{D_o}{2f_B}, \quad (2.2)$$

де h_c - висота динамічного склепіння, що саморозвантажується, м; D_o - діаметр випускного квазіотвору, м; f_B - коефіцієнт внутрішнього тертя бобів люцерни.

або

$$h_c = \frac{R_k}{f_B}, \quad (2.3)$$

З виразу (2.5) слід, що висота динамічного склепіння обмолочуваної маси бобів залежить від величини і характеру, які діють боби матеріалу сил, а визначається розміром квазіотвори і внутрішнім тертям бобів люцерни. Середню висоту динамічного склепіння, з якого випадають боби люцерни, визначили виходячи з рекомендації А. Н. Семенова [9] з рівності:

$$h_{cp} = \frac{R_k}{f_b} \quad (2.4)$$

де h_c – середня висота динамічного склепіння, м; R_k - радіус вивантажувального отвору, м.

Тоді, мінімальний час проходження бобом шляху до квазіотвору дорівнює:

$$t_{min} = \sqrt{\frac{2h_{cp}}{g}} \quad (2.5)$$

де t_{min} – мінімальний час проходження бобом шляху до вивантажувального квазіотвору, с.

Підставивши рівність (2.4) у вираз (2.5), остаточно здобули

$$t_{min} = \sqrt{\frac{1,5R_k}{gf_B}} \quad (2.6)$$

Підставили числові значення вираз (2.8) і побудували графіки (рисунки 2.9 і 2.10).

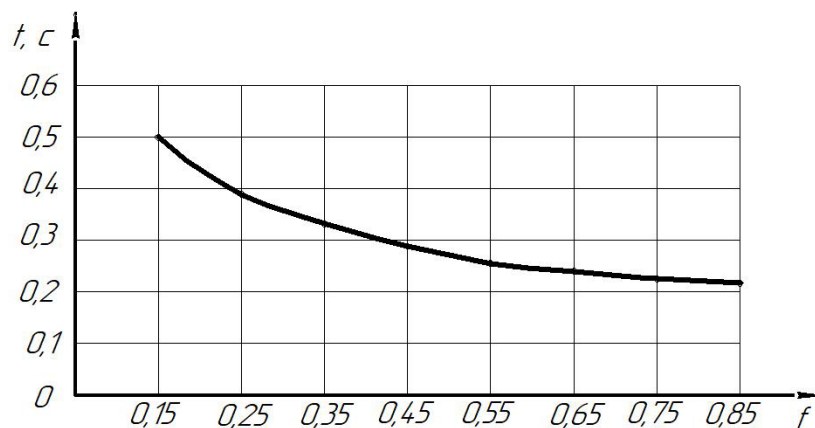


Рис. 2.9. Залежність мінімального часу проходження бобом люцерни від середини динамічного склепіння до випускного квазіотвору від коефіцієнта внутрішнього тертя бобів люцерни

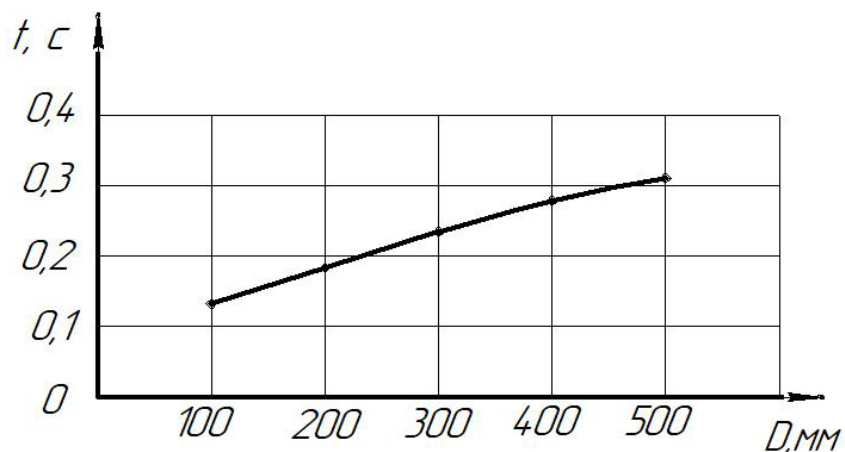


Рис. 2.10. Залежність мінімального часу проходження бобом люцерни від середини динамічного склепіння до випускного квазіотвору від діаметра отвору робочої камери.

Висновки по розділу

Графіки ілюструють залежність витрат часу проходження шляху частинками від коефіцієнта внутрішнього тертя бобів люцерни та діаметра отвору робочої камери.

РОЗДІЛ 3

ІНЖЕНЕРНІ РОЗРАХУНКИ

3.1. Рух боба в камері пристрою для обмолоту

Розглянули взаємозв'язок геометричних параметрів пристрою для обмолоту та боба люцерни, прийнявши теоретично обґрунтовану форму боба – циліндр (рис. 3.1).

Початковий кут контакту α_0 на периферійній кромці ротор-пластини в залежності від радіусу кола боба та параметрів пристрою для обмолоту знайшли за допомогою теореми косінусів.

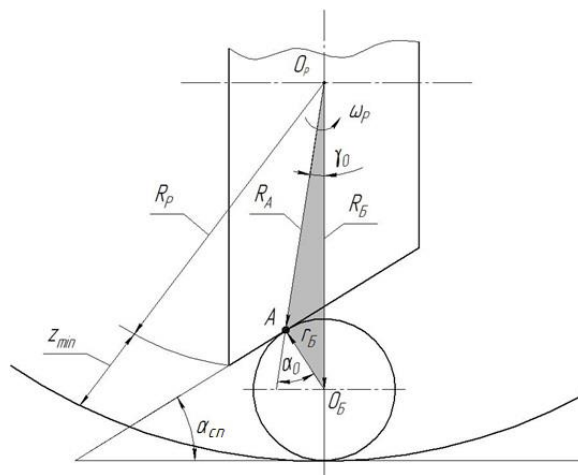


Рис. 3.1. Схема визначення взаємозв'язку геометричних параметрів пристрою для обмолоту і боба люцерни

З трикутника $O_p A O_B$:

$$(O_p O_B)^2 = (O_p A)^2 + (A O_B)^2 + 2(O_p A)(A O_B) \cos \alpha_0. \quad (3.1)$$

Відстань між центрами ротора та боба $O_p O_B$ позначимо через R_B . Воно одно:

$$O_p O_B = R_B = R_{max} + z_{min} - r_B, \quad (3.2)$$

де R_{max} - максимальний радіус ротора-пластини, м; z_{min} - мінімальний зазор між кромкою ротора-пластини та стінкою камери, м; r_B - радіус боба, м.

Відстань від центру обертання ротора-пластини $O_p A$ до точки контакту A позначили через R_A , тоді з виразу (3.1) початковий кут контакту α_0 дорівнює:

$$\alpha_0 = \arccos \frac{(R_{max} + z_{min} - r_B)^2 - R_A^2 - r_B^2}{2R_A r_B}. \quad (3.3)$$

Кут деформації боба γ_0 (рисунок 3.2) – це кут, який треба переміститися точці A кромки ротора-пластини щодо боба, щоб отримати найбільшу його деформацію. Кут γ_0 визначили з трикутника $OPA O_B$ за теоремою синусів [7]:

$$\frac{R_B}{\sin(180 - \alpha_0)} = \frac{r_B}{\sin \gamma_0} \quad (3.4)$$

Звідки

$$\gamma_0 = \arcsin \frac{r_B \sin \alpha_0}{R_B} \quad (3.5)$$

Кут деформації стискаючих поверхонь $\alpha_{сп}$ визначили з трикутника $OPA O_B$:

$$R_A^2 = R_B^2 + r_B^2 - 2R_B r_B \cos \alpha_{сп} \quad (3.6)$$

Звідки кут деформації поверхонь, що стискають $\alpha_{сп}$ дорівнює:

$$\alpha_{сп} = \arccos \frac{R_B^2 + r_B^2 - R_A^2}{2r_B(R_{max} + z_{min} - r_B)} \quad (3.7)$$

При числових значеннях: максимальному радіусі ротора-пластини рівному 37 мм, мінімальному зазорі між кромкою ротора-пластини і стінкою камери 3 мм, радіусі боба люцерни - 2,5 мм, радіусі кочення боба по внутрішній поверхні молотильної камери - 37,5 мм вище початковий кут контакту α_0 дорівнює $23^{\circ}21'$, кут деформації боба γ_0 дорівнює $1^{\circ}30'$ і кут деформації стискаючих поверхонь сп дорівнює $21^{\circ}33'$.

Аналізуючи кінематику пристрою для обмолоту (рисунок 3.2), визначили швидкість точки A кромки ротора-пластини з виразу:

$$V_A = \omega_P R_A \quad (3.8)$$

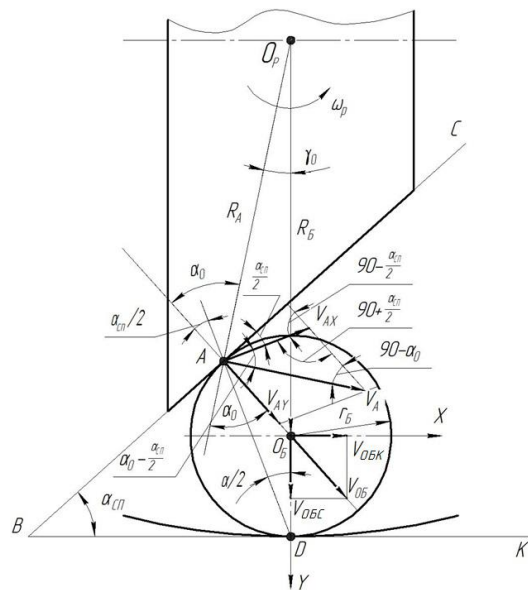


Рис.3.2. Схема визначення швидкості руху боба люцерна

Розклали вектор швидкості V_A точки A за напрямками: перпендикулярно прямій AD , що з'єднує точку A і миттєвий центр обертання в точці D , а також по прямій, що проходить через точку A і центр утворює кола боба O_B .

Перша складова швидкості точки A - V_{AX} характеризує швидкість руху точки A щодо миттєвого центру обертання D і визначає швидкість центру утворює коло боба V_{OBK} від його перекочування. Другу складову швидкості точки A - V_{AY} перенесли по лінії її дії в центр утворює коло боба і розклали за напрямками осей X і Y . Вектор швидкості за напрямом осі X характеризуватиме другу складову швидкості центру утворює кола боба V_{OBC} .

Швидкість центру утворює коло боба V_{OB} , з урахуванням його прослизання та кочення, знайшли як суму:

$$V_{OB} = V_{OBK} + V_{OBC} \quad (3.8)$$

З трикутника за теоремою синусів

$$\frac{V_A}{\sin 90 + \frac{\alpha_{СП}}{2}} = \frac{V_{AX}}{\sin(90 - \alpha_0)} = \frac{V_{AY}}{\sin(\alpha_0 - \frac{\alpha_{СП}}{2})} \quad (3.9)$$

Звідки

$$V_{AX} = \frac{V_A \cos(\alpha_0 - \frac{\alpha_{СП}}{2})}{\cos \frac{\alpha_{СП}}{2}} \quad (3.10)$$

$$V_{AY} = \frac{V_A \sin \alpha_0}{\cos \frac{\alpha_{СП}}{2}} \quad (3.11)$$

Відстань від точки А до полюса D дорівнює відрізку AD:

$$AD = r_B \sqrt{2(1 + \cos \alpha_{СП})} \quad (3.12)$$

Тоді

$$V_{ОБК} = \frac{V_{AX} r_B}{AD} \quad (3.13)$$

або

$$V_{ОБК} = \frac{V_A \cos(\alpha_0 - \frac{\alpha_{СП}}{2})}{1 + \cos \alpha_{СП}} \quad (3.14)$$

$$V_{ОБС} = V_{AY} \sin \alpha_{СП} \quad (3.15)$$

або

$$V_{ОБС} = \frac{V_A \sin \alpha_0 \sin \alpha_{СП}}{\cos \frac{\alpha_{СП}}{2}} \quad (3.16)$$

Тоді вираз набуде вигляду:

$$V_{ОБ} = \frac{V_A \cos(\alpha_0 - \frac{\alpha_{СП}}{2})}{1 + \cos \alpha_{СП}} + \frac{V_A \sin \alpha_0 \sin \alpha_{СП}}{\cos \frac{\alpha_{СП}}{2}} \quad (3.17)$$

Тоді

$$\omega_{ОБ} = \frac{V_{ОБ}}{R_B} \quad (3.18)$$

або

$$\omega_{ОБ} = \frac{V_A [\cos(\alpha_0 - \frac{\alpha_{СП}}{2}) + 2 \cos \frac{\alpha_{СП}}{2} \sin \alpha_0 \sin \alpha_{СП}]}{R_{max} + z_{min} - r_B} \quad (3.19)$$

Визначили величину та швидкість деформації стиснення боба між кромкою ротор-пластини та бічною поверхнею молотильної камери пристрою для обмолоту з урахуванням прослизання та кочення боба по бічній поверхні молотильної камери (рисунок 3.3).

Передумова: величина деформації стиснення боба визначається глибиною проникнення кромки ротора-пластини в боб у напрямі прямої, що з'єднує центр кола утворює боба з кромкою ротор-пластини. Прийняли, що швидкість боба в точці його контакту з кромкою пластини ротор дорівнює швидкості точки контакту кромки ротор-пластини (рисунок 3.4).

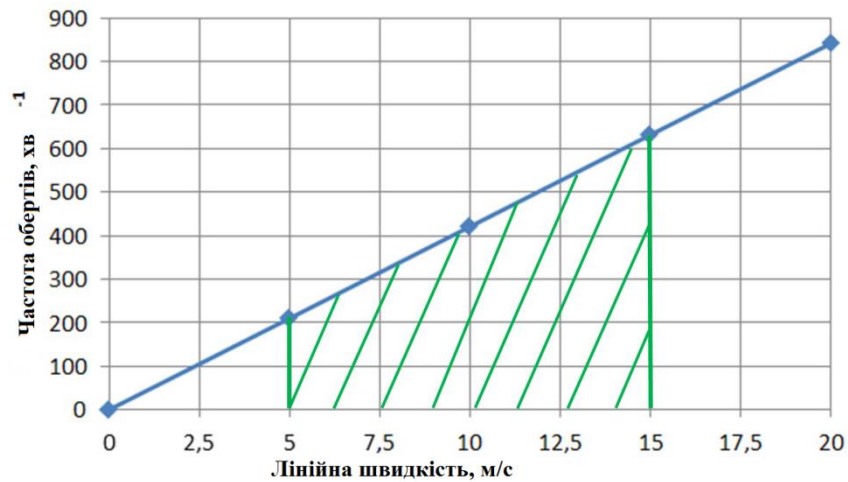


Рис. 3.3. Графік залежності частоти обертання пластини від лінійної швидкості боба люцерни

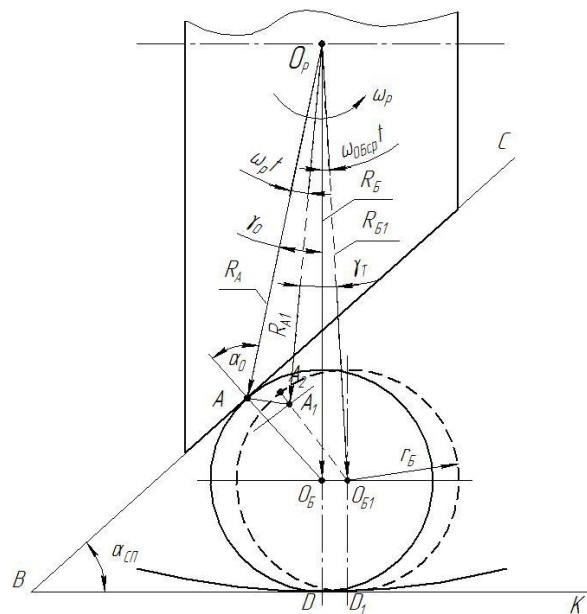


Рис. 3.4. Схема визначення величини і швидкості деформації стиснення боба

При швидкості V_A , що дорівнює 10 м/с, R_{\max} дорівнює 37 мм; Z_{\min} дорівнює 3 мм; r_b дорівнює 2,5 мм; α_0 дорівнює $23^\circ 21'$; $\alpha_{СП}$ дорівнює $23^\circ 33'$ кутова швидкість боба $\omega_{ОБ}$ дорівнюватиме $421,47 \text{ с}^{-1}$.

При визначенні оптимальних значень задаємо діапазон від 5 до 15 м/с. Даний діапазон зміни кутової швидкості був обраний виходячи з умов: при швидкості до 5 м/с немає переходу псевдозрідженого стану. А понад 15 м/с не задовольняється умова. Деформація боба можлива у разі руху кромки ротор-пластини щодо боба. Такий рух можливий, якщо дотримується нерівність:

$$V_{ОБ} < \omega_{ОБ} R_B \quad (3.20)$$

З виразу випливає, що кутова швидкість центру утворює кола боба $\omega_{ОБ}$, що забезпечується параметрами ротор-пластини, залежить від кутів α_0 і $\alpha_{СП}$, а також швидкостей V_A і ω_p . Кутова швидкість ротор-пластини ω_p задається параметром, тобто. незалежним аргументом, а швидкість точки V_A дорівнює добутку кутової швидкості ротор-пластини на радіус, який є функцією від початкового кута контакту α_0 :

$$V_A = \omega_p R_i \quad (3.21)$$

де R_i - поточне значення R_A , м.

$$R_i = f(\alpha_0) \quad (3.22)$$

Тоді можна стверджувати, що кутова швидкість центру боба також є функцією від початкового кута контакту α_0 :

$$\omega_{ОБ} = f(\alpha_0) \quad (3.23)$$

З достатньою для практичних цілей точністю можна прийняти пропорційну зміну поточного значення радіусу R_A . Тоді середнє значення $\omega_{Бср}$ можна визначити з виразу:

$$\omega_C = \frac{\omega_{ОБ\max} + \omega_{ОБ\alpha}}{2} \quad (3.24)$$

де $\omega_{ОБ\max}$ - кутова швидкість при максимальному поточному значенні радіуса R_A ; $\omega_{ОБ\alpha}$ - кутова швидкість при значенні радіуса R_A ; у початковому куті контакту α_0 .

Після контакту кромки ротора з бобом останній за час t переміститься на кут $\omega_c t$, а край ротора переміститься на кут $\omega_p t$. Тоді поточне значення кута деформації може бути визначене виразом:

$$\gamma_i = (\gamma_0 + \omega_c t) - \omega_p t, \quad (3.25)$$

або

$$\gamma_i = [\gamma_0 - (\omega_p - \omega_c)t] \quad (3.26)$$

Тоді поточний кут контакту дорівнює:

$$\alpha_i = \arcsin \frac{R_{B1} \sin[\gamma_0 - (\omega_p - \omega_c)t]}{z_{B1}} \quad (3.27)$$

Величина деформації боба набуває вигляду:

$$\Delta d = r_B - A_1 O_{B1} \quad (3.28)$$

Повний час деформації визначили з виразу:

$$T = \frac{\gamma_0}{\omega_p - \omega_c}. \quad (3.29)$$

Для визначення швидкості деформації продиференціювали вираз за часом:

$$V_d = \frac{\Delta d}{dt}, \quad (3.30)$$

Отримали

$$V_d = \frac{(\omega_B - \omega_C) R_A R_B \sin[\gamma_0 - (\omega_P - \omega_C)t]}{\sqrt{R_A^2 + R_B^2 - 2R_A R_B \cos[\gamma_0 - (\omega_P - \omega_2)t]}}. \quad (3.31)$$

3.2 Умова затягування боба люцерни

Для інтенсивного руйнування бобів має дотримуватися умова затягування їх у зазор між торцевими поверхнями.

Запишемо систему рівнянь рівноваги боба люцерни

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum F_x = P \sin \alpha + F_1 \cos \alpha - F_2 = 0 \\ \sum F_y = N + F_1 \sin \alpha - P \cos \alpha - F_2 = 0 \\ \sum M_D = F_1 r(1 + \cos \alpha) + P(r \sin \alpha - f_k) - N f_k = 0 \end{array} \right. \quad (3.32)$$

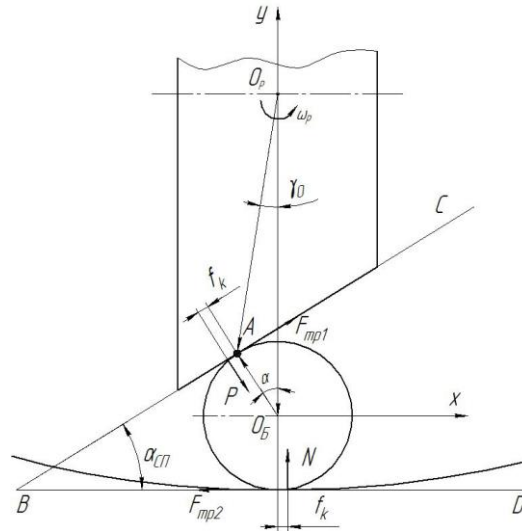


Рис. 3.5. Схема визначення кута розчину стискаючих поверхонь

Затягування в зазор між стінкою молотильної камери і кромкою ротора відбувається при перекочуванні боба по дну корпусу і припиняється, коли перекочування неможливо.

Умова припинення затягування при справедливості нерівності:

$$F_1 r(1 + \cos \alpha) + P(r \sin \alpha - f_k) < N f_k \quad (3.33)$$

Качення боба повністю замінюється його ковзанням по дну корпусу і можна записати

$$F_2 = N f_c \quad (3.34)$$

Підставивши в перше рівняння системи вираз і вирішивши спільно перше і третє рівняння системи отримаємо

$$\alpha = \arcsin \frac{2(r f_c - f_k)(r + f_k f_c)}{(r f_c - f_k)^2 + (r + f_k f_c)^2} \quad (3.35)$$

Таким чином, отримано рівняння для визначення кута розчину стискаються поверхонь (α) при якому відбувається зтягування боба люцерни з урахуванням перекочування його дном корпусу молотильної камери.

3.3 Обґрунтування кута нахилу поверхонь обмолотного пристрою

У I фазі та IV фазі насінневий матеріал переміщається по поверхнях завантажувальної лійки та скатного жолоба відповідно. Обмолочиваемый насінневий матеріал розглядаємо як сипкий матеріал, який переміщається як матеріальні частинки по шорсткій похилій поверхні за рахунок ковзання (рисунок 3.5).

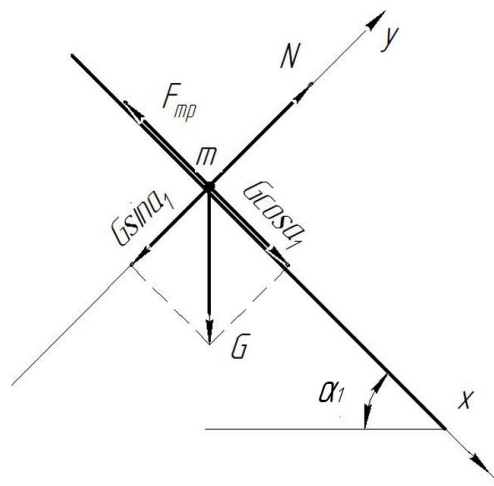


Рис. 3.5. До обґрунтування кута нахилу робочих поверхонь

Склали рівняння руху обмолочуваного насінневого матеріалу. Відповідно до другого закону Ньютона записали рівняння руху частинки обмолочуваного вороху люцерни - боба або насіння у векторному вигляді:

$$m\bar{a} = \bar{G} + \bar{N} + \bar{F}_{тр}, \quad (3.36)$$

де m – маса частинки сипучого матеріалу, кг; \bar{a} – прискорення частки сипучого матеріалу, м/с²; \bar{G} – сила тяжкості частинки сипучого матеріалу, Н; \bar{N} – нормальна реакція, Н; $\bar{F}_{тр}$ – сила тертя, Н.

Рівняння справедливе й у IV фазі, де скатним жолобом переміщаються не боби, а насіння і стулки бобів.

Проекції сил на вісь X:

$$m \frac{dv}{dt} = G \sin \alpha_1 - F_{mp}, \quad (3.37)$$

проекції сил на вісь Y:

$$0 = N - mg \cos \alpha_1, \quad (3.38)$$

З виразу визначили нормальну реакцію, підставивши вираз, отримали:

$$m \frac{dv}{dt} = mg \sin \alpha_1 - fmg \cos \alpha_1, \quad (3.39)$$

або

$$\frac{dv}{dt} = g \sin \alpha_1 - fg \cos \alpha_1 \quad (3.40)$$

Коли рух по поверхні обмолочуваного матеріалу припиниться, права частина рівняння дорівнюватиме нулю. Тоді це рівняння набуде вигляду:

$$g \sin \alpha_1 - fg \cos \alpha_1 = 0 \quad (3.41)$$

З виразу отримали:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = f \quad (3.42)$$

Рух сипучого матеріалу по поверхні припиниться, якщо справедлива нерівність:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 < f \quad (3.43)$$

Отже, нахил поверхні в будь-якій точці повинен бути таким, щоб задовольнялася умова:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 > f \quad (3.44)$$

Для бобів і стулок бобів при коефіцієнті тертя ковзання сталі рівному 0,80, а насіння при коефіцієнті тертя ковзання сталі рівному 0,23 з умови нахил поверхонь завантажувальної воронки і скатного жолоба повинен бути більше тангенса кута рівного 0,80. Тоді мінімальний гранично допустимий кут нахилу робочих сталевих поверхонь конструкції дорівнює 35° .

ВИСНОВКИ

Встановлена залежність мінімального часу проходження бобом люцерни від середини динамічного склепіння до випускного квазіотвору від коефіцієнта внутрішнього тертя бобів люцерни та від діаметра отвору робочої камери.

Визначено залежності величин висоти та швидкості частинки (боба) обмолочуваного вороху в камері пристрою для обмолоту.

Визначено діапазон допустимої лінійної швидкості ротора, що становить 5...15 м/с.

Визначено вираз для кута розчину поверхонь, що стискаються, при якому відбувається затягування боба люцерни з урахуванням перекочування його по дну корпусу молотильної камери.

Встановлено допустимий кут нахилу робочих поверхонь молотильного пристрою, що дорівнює 35° .

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ресурсоощадні технології вирощування люцерни на насіння в Південному Степу України / Р. А. Вожегова, Г. В. Сахно, С. П. Голобородько та ін. Херсон : Атлант, 2012. 130 с.
2. Люцерна і конюшина / Б. С. Зінченко, В. С. Ключ, Й. І. Мацьків та ін. Київ : Урожай, 1989. 162 с.
3. Дитер Шпаар. Люцерна – королева кормових культур. Agroexpert. 2011. № 4. С. 52–56.
4. Телекало Н. В., Мельник М. В. Шляхи підвищення продуктивності люцерни посівної на насіння. Сільське господарство та лісівництво. 2019. №15. С. 56–63. DOI: 10.37128/2476626-2019-4-5
5. Жаринов В. И., Ключ В. С. Люцерна. Киев : Урожай, 1983. 240 с.
6. Колесников С. В., Мазур О. Ф., Мойсеєнко В. С. Високобілкові кормові культури. Ужгород : Карпати, 1985. 56 с.
7. Ткачук О. П. Кормовий потенціал бобових багаторічних трав у рік безпокритої сівби за оптимальних екологічних умов. Корми і кормовиробництво. 2017. Вип. 84. С. 91–96.
8. Шляхи підвищення продуктивності люцерни посівної в умовах Лісостепу Правобережного / Н. Я. Гетман, В. І. Циганський, Г. І. Демидась, М. Г. Квітко. Корми і кормовиробництво. 2017. Вип. 83. С. 46–51.
9. Пидюра О. І. Продуктивність люцерни посівної у різних природних зонах. Вісник аграрної науки. 2001. № 5. С. 31–33.
10. Бабабич А. О., Макаренко П. С., Михайлов К. С. Створення кормових угідь на схилі землях. Київ : Урожай, 1991. 196 с.
11. Рождественский М. Люцерна в борьбе с засолением почв. Сов. Хлопок. 1938. № 7. С. 42–47.
12. Максимчук Г. А. Люцерна та її потенціал. Хімія. Агрономія. Сервіс, 2010. № 11. С. 54–57.

13. Кірілеско О. Л. Вплив насичення ланок кормових сівозмін багаторічними травами і проміжними культурами на баланс гумусу в ґрунті. Корми і кормовиробництво. Вінниця, 2013. Вип. 76. С. 151–157.

14. Молдован Ж. А., Собчук С. І. Продуктивність травостоїв люцерни посівної сорту Синюха залежно від норми висіву та фази скошування в умовах Лісостепу Західного. Корми і кормовиробництво. 2018. Вип. 85. С. 49–54.

15. Квітко Г. П., Ткачук О. П., Гетман Н. Я. Багаторічні бобові трави – основа природної інтенсифікації кормовиробництва та поліпшення родючості ґрунту в Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. Вінниця, 2012. Вип. 73. С. 113–117.

16. Цуркан Н. В. Стан і тенденції розвитку виробництва багаторічних трав у південному Степу України. Корми і кормовиробництво. Вінниця, 2012. Вип. 74. С. 48–52.

17. Зінченко Б. С., Ключ В. С., Мацьків Й. І. Люцерна і конюшина. Київ : Урожай, 1989. 232 с.

18. Сукманюк О.М., **Мулярчук В.О.** Способи та технічні засоби обмолоту бобів люцерни. *Збірник тез ІХ-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь».* м. Житомир, 5 квітня 2023 року. Житомир : ЖАТФК. С. 204-208.

19. Сукманюк О.М., **Мулярчук В.О.** Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми пристрою для обмолоту бобів люцерни. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науковопедагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики.* 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. С. 79-82.