

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
В.о. зав. кафедрою СГМ
к.т.н., доцент
_____Сергій ЛЕЩЕНКО
“ ____ ” _____ 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Механізація вирощування ячменю з обґрунтуванням параметрів
поршневого ущільнювача субстрату»

Виконав здобувач вищої освіти __ІІ__ курсу,
групи АІ-21М(1,4)
ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
_____Гвардіонов Андрій Євгенович
« ____ » _____ 2022 р.

Керівник проекту
доцент, канд. техн. наук
_____Дмитро ПЕТРЕНКО
« ____ » _____ 2022 р.
Рецензент _____

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				Документація загальна		
				Заново розроблена		
A4			МВЯ 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	1	
				Документація з		
				технологічної частини		
A1			МВЯ 00.000 ТЧ	Операційно-технологічна	1	
				карта		
				Документація		
				по складальних одиницях		
A0			МВЯ 00.000 СБ	Поршневий ущільнювач-пакувальник	1	
				субстрата		
A2			МВЯ 00.040.030 СБ	Поршень	1	
				Документація по деталях		
A3			МВЯ 00.040.030.420	Диск передній	1	
A3			МВЯ 00.040.410	Корпус	1	
				Документація з наукової		
				частини		
A1			МВЯ 00.001 НЧ	Мета та задачі досліджень	1	
A1			МВЯ 00.002 НЧ	Методика проведення	1	
				експериментальних досліджень		
A1			МВЯ 00.003 НЧ	Результати	1	
				експериментальних досліджень		

Зміст

Номер розділу	Структурна одиниця і розділ	Сторінка
1	Вступ	
2	Технологічна частина	
3	Наукова частина	
4	Охорона праці	
5	Економічна частина	
6	Загальні висновки	
-	Список використаної літератури	
-	Додатки	

1. Вступ

Проведені в Україні аграрні реформи змінили організаційно-економічні, правові та соціальні умови функціонування агропромислового комплексу, що вплинуло на структуру виробництва сільськогосподарської продукції. При цьому можемо спостерігати тенденцію до значного зменшення посівних площ технічних культур і збільшення виробництва зернових.

Побічною продукцією рослинництва є зокрема і солома, що використовується, в основному, для потреб галузі тваринництва (для кормових цілей та у вигляді підстилкового матеріалу), але в якості корму має відносно низьку поживну цінність. Низка чинників, такі як зменшення поголів'я худоби, впровадження нових ресурсощадних технологій їх утримання, що нівелює необхідність використання соломи як підстилкового матеріалу, призвели до ситуації, коли основну масу побічної продукції рослинництва залишають на полі і зачасту спалюють, що є недопустимим.

У зв'язку з цим сьогодні надзвичайно актуальним є науково обґрунтована організація ефективного використання рослинних решток.

Останнім часом набули розвитку технології біологічної конверсії органічної сировини, що спрямовані на переробку соломи та органічних відходів у субстрати, компости та високоякісні органічні добрива. Дана продукція широко використовуються як для підвищення родючості ґрунту, так і в якості поживного елементу, наприклад при вирощуванні гливи.

На сьогодні є потреба в дослідженні параметрів ущільнювачів субстратів для вирощування гливи, які дозволяють забезпечити одночасне ущільнення та пакування субстрату в мішки з заданими фізико-механічними властивостями. У зв'язку з цим, створення ефективного ущільнювача субстрату з ячмінної соломи для вирощування гливи є актуальними науково-прикладними задачами.

					МВЯ 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Гвардіонов				Пояснювальна записка		Літ.	Аркуш
Перев.	Петренко							Аркушів
Н.контр.	Мачок						ЦНТУ, гр. АІ-21М(1,4)	
Затвер.	Лещенко							

2. Технологічна частина

2.1. Технологічні особливості районування ячменю.

При районуванні ячменю отримують як продукцію продовольчого призначення, так і технологічного, а також побічну продукцію у вигляді соломистої маси. Відповідно, площі вирощування озимого ячменю в Україні, за даними фахівців Інституту ВПМ НААН України [1], щороку становлять близько 400-500 тис. га. Культура характеризується добрим кущенням, посіви ефективно використовують осінньо-зимові опади, крім того порівняно з ярим ячменем формує більший урожай [1, 2, 6]. Технологічною особливістю озимого ячменю є його більш раннє дозрівання, яке відбувається за 10-14 днів до дозрівання озимої пшениці та ярого ячменю. Зважаючи на це, вдається більш раціонально організувати жнива, а також сприяє оптимізації навантаження на послідуочі технологічні операції з підготовки полів під посів наступних культури.

Серед найбільш оптимальних попередників виділяють як технічні культури, так і зернові, бобові та коренебульбоплодні (відповідно до досліджень ІВПМ НААН України [1]), оскільки ячмінь озимий характеризується слабкою чутливістю до попередників. Однак, згідно інших досліджень [3], не рекомендовано розміщувати ячмінь озимий після кукурудзи на зерно та цукрових буряків, оскільки його посіви зазнають значного ураження хворобами, а також зростає їх засміченість бур'янами.

Серед технологічних прийомів при вирощуванні ячменю одним з головних є якісна підготовка поля шляхом проведення, в тому числі, і основного обробітку ґрунту [1-6]. Основний обробіток обирають залежно від попередника. Так після коренебульбоплодів рекомендовано виконати дискування або дисковими луцильниками, або дисковими боронами (рис. 2.1, а), після чого проводять глибокий обробіток, для чого можна використати важкі дискові борони, чизелі, культиватори-плоскорізи (рис. 2.1, б) або ж комбіновані ґрунтообробні агрегати. При цьому дотримуються глибини обробітку в межах 16–22 см.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



а)



б)

Рис. 2.1. Дискатор DEFT від Agrokalina (а), культиватор-плоскоріз ПГН-3 (б)

Підготовка поля за традиційною технологією після стерньових попередників передбачає луцення стерні в два сліди, далі глибокий обробіток (20–22 см) чизелями чи плугами (рис. 2.2) [2, 3]. Після кукурудзи проводиться дворазове дискування глибиною 8–10 см з застосуванням важких борін, після чого виконують плужний обробіток (глибина 20-22 см). Навесні, враховуючи стан посівів та їх забур'яненість, виконують одно- чи дворазове боронування.



а)



б)

Рис. 2.2. Чизель Clavus від Agrolead (а), швидкісний навісний плуг ПШН-5 від компанії “DEMETRA” (б)

При вирощуванні озимого ячменю в Центральних регіонах найбільш оптимальними строками сівби є друга декада вересня – перші тижні жовтня. При цьому норма висіву встановлюється з врахуванням наявності поживних елементів у ґрунті, якості його підготовки до посіву та прийнятої системи удобрення [2, 3].

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Оптимальними вважають норми висіву в межах 4,0-5,0 млн насінин на 1 га, що буде забезпечувати формування 600-700 продуктивних стебел на 1 м².

Для посіву ячменю застосовують звичайний рядковий спосіб з міжряддям 15 см. Відповідно до сучасних агротехнологічних прийомів землеробства при посіві формують технологічні колії, що дозволить виконувати в подальшому догляди за посівами. Технологічні колії формують, виконуючи перекриття висівання до відповідних сошників сівалки, враховуючи при цьому необхідні параметри ширини колій відповідно до технологічного захвату агрегатів для догляду за посівами. Найбільш розповсюджені технічні засоби для посіву ячменю - зернові сівалки для суцільної сівби, що забезпечують ширину сівби 12,5 см або 15 см (рис. 2.3). Насіння ячменю укладають на глибину 5 см, що забезпечить як оптимальні умови розвитку, так і наявність доступної вологи.



Рис. 2.3. Зернотукова сівалка СЗД-360 від компанії “DEMETRA” (а); Зернова сівалка СЗФ-6000V (варіаторна) від компанії «Favorit» (б)

При недостатньому зволоженні ґрунту виконують досходове коткування посівів з використанням важких котків котками (рис. 2.4, а), а при достатньому зволоженні ґрунту проводять обробіток кільчасто-шпоровими котками (рис. 2.4, б).

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



а)



б)

Рис. 2.4. Важкий коток КЗК-8200 виробництва TOSCANO (а); Коток кільчасто-шпоровий ККШ-6 виробництва “DEMETRA” (б)

Узимку проводять спостереження за станом посівів і за необхідності виконують операції снігозатримання, руйнування льодової кірки тощо. У весняний період проводять аналіз стану озимини і, за необхідності проводять підсівання, пересівання або ж підкормку.

Серед операцій по догляду за посівами ячменю озимого чільне місце займає боротьба з ураженням злаковими мухами, попелицями, жужелицею. Тому за необхідності проводять крайове або вибіркове обприскування інсектицидами посівів у фазі 2-3 листків. При ураженні посівів борошнистою росою, лептоспоріозом тощо у період весна-літо виконують обробку фунгіцидами шляхом обприскування чи обпилювання мобільними засобами (рис. 2.5), чи за допомогою малої сільськогосподарської авіації, в тому числі агродронів (рис. 2.6).

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



а)



б)

Рис. 2.5. Причіпний обприскувач SPRAY FLAGMAN-3000-28 (а); Навісний обпилювач VEGA (б)



а)



б)

Рис. 2.6. Обприскувачі й обпилювачі на вертольоті Mi-2 (а); Агродрон Agric RDE616 (б)

Збирання врожаю ячменю озимого виконують у фазі воскової стиглості при вологості зерна, що не перевищує 16-18%, оптимальною ж є вологість зерна 15-14% [2, 4, 5]. При цьому використовують або роздільне збирання у дві фази (скошують стеблестій у валки, далі їх підбирають та обмолочують), або ж пряме комбайнування з одночасним обмолотом (рис. 2.7).



а)



б)

Рис.2.7. Етап підбирання валків при двофазному збиранні (а); Процес прямого комбайнування (б).

Субпродукцією при вирощуванні ячменю є незернова частина врожаю, до якої відносяться солома і полова. При цьому солومیсту масу можна збирати як в цілому вигляді, так і проводити подрібнення або ж пресування. Розрізняють наступні технології збирання соломи: копицева, потокова і валкова. Копицева технологія полягає в збиранні соломи в копиці та перевезення на укладання без ущільнення (рис.2.8, III). При потоковій технології солومیста маса збирається одразу в причеп та перевозиться до місця укладання (рис.2.8, VI). При валковій технології використовують укладання соломи у валок, або ж застосовують часткове подрібнення і розтрушування по полю, після чого виконують заорювання солومیстої маси.

Залежно від обраної технології збирання незернової частини комбайни оснащують відповідними пристроями: копнувачами, подрібнювачами соломи або спеціальними валкоутворювачами [8]. Найбільш поширеними технологіями збирання незернової частини є (рис.2.8):

- збирання врожаю зернозбиральними комбайнами, що обладнанні копнувачами, за допомогою яких відбувається формування копиць на полі з послідовним їх підбиранням і транспортуванням волокушами типу ВНК-11 чи ВТУ-10 до місця скиртування. Недоліком даної технології є суттєві втрати

соломистої маси та засмічення її сторонніми включеннями при транспортуванні, а також багаторазові проходи агрегатів по полю;

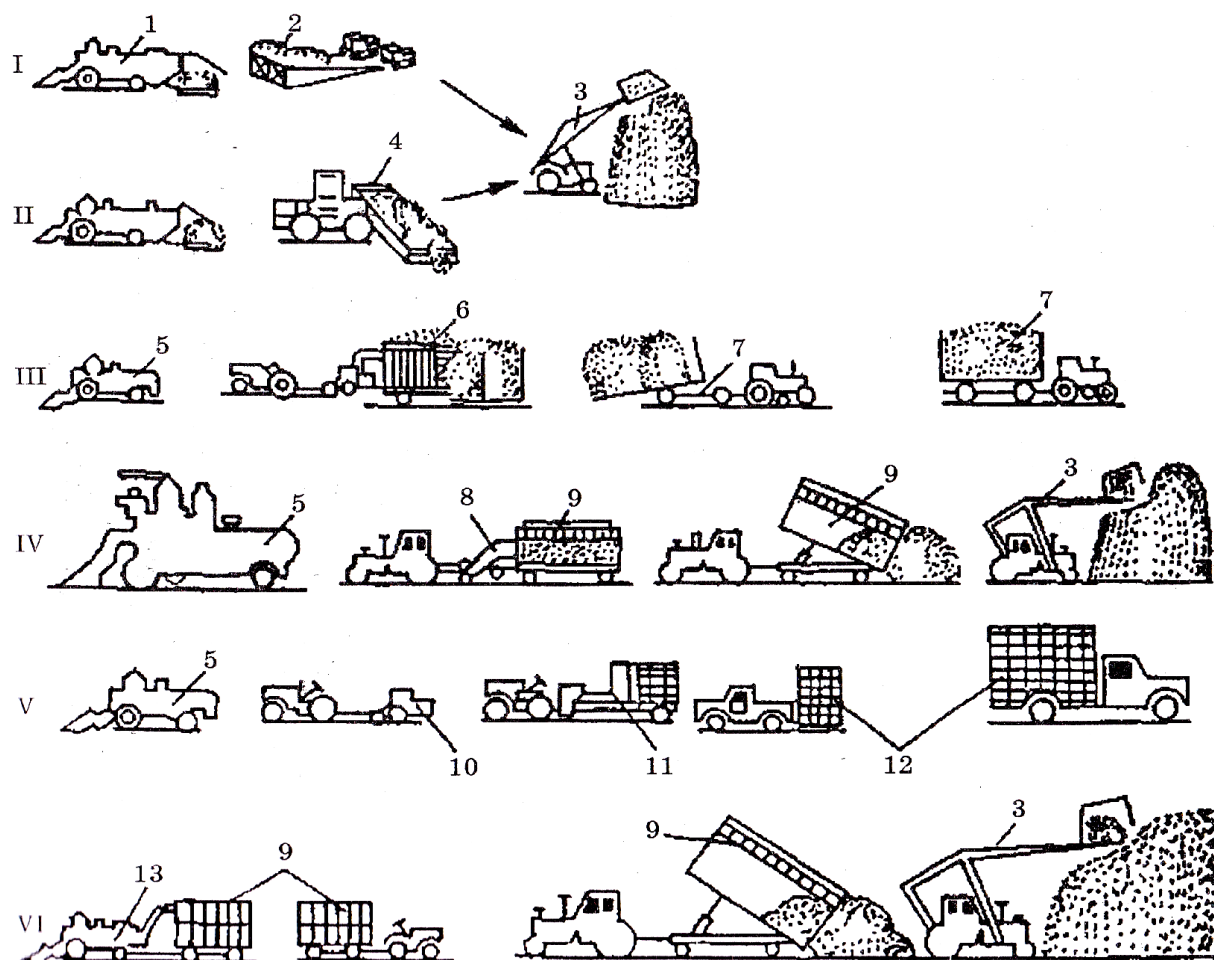


Рис. 2.8. Технології збирання незернової частини врожаю:

I, II, III, IV – збирання соломистої маси без подрібнення; V – збирання соломистої маси з виконанням пресування у паки або в рулони; VI – збирання соломистої маси з подрібненням; 1 – комбайн, обладнаний копнувачем; 2 – волокуша ВТУ-10; 3 – навантажувач вилчастий ПФ-0,5Б; 4 – волокуша ВНК-11; 5 – комбайн, обладнаний пристроєм для укладання соломистої маси у валок; 6 – копицеформував СПТ-60; 7 – копицевіз СП-60; 8 – підбирач-ущільнювач ПТФ-45; 9 – тракторний причіп 2ПТС-4; 10 – прес-підбирач ППЛ-Ф-1,6 (ПРП-1,6); 11 – підбирач паків ГУТ-2,5А; 12 – штабельний транспортувальник ТШН-2,5; 13 – комбайн, обладнаний подрібнювачем соломи [9].

- збирання зернозбиральними комбайнами, що обладнанні пристроєм, за допомогою якого солома укладається у валок, далі маса підбирається копицеформувавцем СПТ-60, після чого копиці транспортуються до місця скиртування. Недоліком даної технології є велика насиченість процесу додатковими енергетичними засобами;

- збирання збіжжя зернозбиральними комбайнами, обладнаними валкоутворювачами. Солома з валків підбирається ущільнювачами типу ПВ-6, після чого транспортується тракторним причіпом до місця скиртування. Недоліком також є велика насиченість процесу додатковими енергетичними засобами;

- валки підбираються преспідбирачами типу ППЛ-Ф1,6 або ПРН-1,6, утворені паки (рулони) збираються підбирачами паків типу ГУТ-2,5А або транспортувальником штабелів типу ТШН-2,5. Дана технологія є однією з найбільш розповсюджених і використовуються для заготівлі кормів для ВРХ.

- збирання зернових культур комбайнами з подрібнювачем. При цьому соломиста маса подрібнюється та або розкидається по поверхні поля, або збирається окремо чи разом з половиною у тракторні причепи типу 2ПТС-4. Дана технологія також є однією з найбільш розповсюджених, оскільки потребує значно менше енергетичних засобів для реалізації [8].

2.2. Операційна технологія виконання прес-підбирання соломистої маси.

Відповідно до загальноприйнятої класифікації [9] залежно від величини робочих опорів машин-знарядь, які виконують відповідні технологічні операції, весь комплекс с.-г. робіт умовно поділяють на декілька груп. Технологічна операція прес-підбирання соломистої маси відноситься до третьої групи, для якої характерним є виконання машинами-знарядями з робочими опорами 12,6

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

до 18 кН. Для агрегатування таких машин найбільш ефективним є застосування тракторів класу 1,4 кН.

Ефективність та затрати механічної енергії на виконання технологічної операції прес-підбирання залежать від раціонального комплектування агрегатів. Враховуючи оптимальне співвідношення тягово-приводного зусилля (потужності) трактора до робочого опору прес-підбирача найбільш доцільним є склад агрегату: трактор МТЗ-80 і поршневий прес-підбирач Fortschritt K-454В.

Технічні і технологічні характеристики агрегату [10]:

- діапазон робочих швидкостей $V_p = 7 \dots 9$ км/год;
- маса трактора $G_{тр} = 36,4$ кН, прес-підбирача $G_{сгм} = 19,0$ кН;
- питома потужність приводу робочих органів K-454В – $N_p = 3,5$ кВт·с/кг.

Характеристика умов роботи - площа 95 га з довжиною гонів 950 м, максимальний кут схилу 3 %, ґрунти важкосуглинисті.

Характерною особливістю прес-підбирачів є те, що їх робоча швидкість обмежується пропускною здатністю, а також виникнення додаткового опору внаслідок приводу робочих органів в дію від ВВП трактора [11].

1. Для забезпечення роботи прес-підбирача необхідно виконати умову балансу потужності

$$N_{сгм} < N_{ввп},$$

де $N_{сгм}$ – потужність, необхідна для приводу робочих органів прес-підбирача, кВт:

$$N_{сгм} = N_{псгм} \cdot q_c,$$

де $N_{псгм}$ – питома потужність приводу робочих органів прес-підбирача кВт·с/кг ($N_{псгм} = 3,5$ кВт·с/кг [11]);

q_c – секундна подача соломистої маси до машини, кг/с.

$$q_c = B_p \cdot V_p \cdot \gamma_v,$$

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де B_p – робоча ширина захвату прес-підбирача, м ($B_p = 1,8$ м);

$V_{p.}$ – робоча швидкість сільськогосподарського агрегату, м/с;

U_b – маса одного погонного метра просушеного валка, кг/м (приймаємо $U_b = 1,5$ кг/м);

Робоча швидкість переміщення агрегату з врахуванням можливого буксування

$$V_{p.} = V_{тр} \left(1 - \frac{\delta}{100} \right),$$

$V_{тр}$ – швидкість трактора на відповідній передачі, для розрахунків обираємо максимально допустиму агротехнічну швидкість для цієї операції на IV передачі $V_{тр} = 8,9$ км/год.

δ – коефіцієнт буксування ($\delta = 6...20$ %, приймаємо $\delta = 10$ %).

$$V_p^{IV} = 8,9 \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 8,0 \text{ км/год} = 2,22 \text{ м/с.}$$

Отже,

$$q = 1,8 \cdot 2,22 \cdot 1,5 = 5,99 \approx 6 \text{ кг/с,}$$

$$N_{сгм} = 3,5 \cdot 6 = 21,0 \text{ кВт.}$$

$N_{ввп}$ – потужність, що прикладена до валу відбору потужності трактора, кВт:

$$N_{ввп} = N_{ед} \eta_{ввп} - \frac{(R_{коч.тр} + R_{коч.сгм}) V_{p.} \eta_{ввп}}{3,6 \eta_{тр} \eta_{б.тр}},$$

де $N_{ед}$ – ефективна потужність двигуна трактора, кВт ($N_{ед} = 55,9$ кВт);

$\eta_{ввп}$ – ККД трансмісії ВВП ($\eta_{ввп} = 0,95$);

$\eta_{тр}$ – ККД трансмісії трактора ($\eta_{тр} = 0,93$);

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	N докум.	Підп.	Дата		

$\eta_{б.тр}$ — коефіцієнт буксування трактора ($\eta_{б.тр} = 1 - \frac{10}{100} = 0,9$);

$R_{коч.тр}$, $R_{коч.сгм}$ — відповідно опори пересуванню трактора і машини, кН.

$$\left. \begin{aligned} R_{коч.тр} &= G_{тр} (f + i) \\ R_{коч.сгм} &= G_{сгм} (f + i) \end{aligned} \right\},$$

де f — коефіцієнт, що характеризує опір коченню ($f = 0,1$);

i — максимальна величина ухилу поля ($i = 0,03$).

Отже,

$$N_{ввп} = 55,9 \cdot 0,95 - \frac{(36,4 + 19,0)(0,1 + 0,03)8,0 \cdot 0,95}{3,6 \cdot 0,93 \cdot 0,9} = 34,9 \text{ кВт.}$$

Запропонований агрегат відповідає умові по потужності на привід робочих органів, оскільки баланс потужності $N_{сгм} < N_{ввп}$ виконується, а саме $21,0 \text{ кВт} < 34,9 \text{ кВт}$.

2. З метою оцінювання вірності комплектування агрегату визначимо коефіцієнт використання тягового зусилля енергетичного засобу:

$$\eta_{тзтр} = \frac{R_{сгм}}{P_{н.гак}},$$

де $R_{сгм}$ — повний опір прес-підбирача, кН;

$P_{н.гак}$ — тягове зусилля трактора при роботі на відповідній передачі, ($P_{н.гак}^{IV} = 14,0 \text{ кН}$).

Повний опір прес-підбирача становить:

$$R_{сгм} = R_{сгм.коч} + R_{сгм.під} + R_{сгм.д},$$

де $R_{сгм.коч}$, $R_{сгм.під}$ — відповідно значення опорів машини перекочуванню і підйому, кН:

$$R_{сгм.коч} = G_M f = 19,0 \cdot 0,1 = 1,9 \text{ кН.}$$

$$R_{сгм.під} = G_M i = 19,0 \cdot 0,03 = 0,57 \text{ кН.}$$

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$R_{\text{сгм.д}}$ – додатковий опір, що припадає на привід робочих органів від ВВП трактора

$$R_{\text{сгм.д}} = \frac{3,6 N_{\text{сгм}} \eta_{\text{тр}}}{V_{\text{р}} \cdot \eta_{\text{б.тр}}} = \frac{3,6 \cdot 21 \cdot 0,93}{8,0 \cdot 0,9} = 9,76 \text{ кН.}$$

Отже,

$$R_{\text{сгм}} = 1,9 + 0,57 + 9,76 = 12,23 \text{ кН.}$$

$$\eta_{\text{тз.тр}} = \frac{12,23}{14} = 0,87.$$

Скомплектований агрегат працюватиме ефективно, оскільки завантаженість енергетичного засобу становитиме 87%.

3. Встановимо продуктивність агрегату за робочу зміну, га/зм:

$$W_{\text{рзм}} = 0,1 B_{\text{р}} \cdot V_{\text{р}} \cdot T_{\text{р}} \cdot L_{\text{В}},$$

де $B_{\text{р}}$ – робоча ширина захвату прес-підбирача, м:

$$B_{\text{р}} = B_{\text{ксгм}} \beta,$$

де $B_{\text{ксгм}}$ – конструктивна ширина захвату прес-підбирача, м ($B_{\text{ксгм}} = 1,8$);

β – коефіцієнт, що враховує ступінь використання ширини робочої машини при заданій швидкості руху ($\beta = 1,0$).

$$\text{Отже, } B_{\text{р}}^{\text{IV}} = 1,8 \cdot 1,0 = 1,8 \text{ м.}$$

$T_{\text{р}}$ – час робочої зміни з врахуванням значення коефіцієнта використання часу зміни τ , год:

$$T_{\text{р}} = T_{\text{зм}} \tau = 7 \cdot 0,62 = 4,34 \text{ год.}$$

де $T_{\text{зм}}$ — час зміни ($T_{\text{зм}} = 7$ год.);

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

L_B – відстань між валками, яка залежить від ширини захвату зернозбиральної машини, яка вкладає валок, м (приймаємо 6 м).

Таким чином

$$W_{рзм}^{IV} = 0,1 \cdot 1,8 \cdot 8,0 \cdot 4,34 \cdot 6 = 37,5 \text{ га/зм.}$$

4. Витрати палива на 1 гектар при виконанні прес-підбирання становитимуть:

$$Q_{га} = \frac{Q_{зм}}{W_{рзм}},$$

де $Q_{зм}$ – повні витрати палива за зміну, кг/зм;

$$Q_{зм} = Q_p T_p + Q_x T_x + Q_z T_z,$$

де Q_p ; Q_x ; Q_z – відповідно значення годинних витрат палива під час виконання робочих та холостих ходів, а також за час зупинок з працюючим двигуном, кг/год;

T_x ; T_z – відповідно час виконання робочих ходів та час зупинок з працюючим двигуном, год. Для наших умов $T_x = T_z$.

$$T_x = T_z = \frac{T_{зм} - T_{р.}}{2} = \frac{7 - 4,34}{2} = 1,33 \text{ год.}$$

При $\eta_{тз.тр} = 0,86$ (IV передача) – $Q_p = 16,7$; $Q_x = 11,4$; $Q_z = 2,6$.

$$Q_{га}^{IV} = \frac{16,7 \cdot 4,34 + 11,4 \cdot 1,33 + 2,6 \cdot 1,33}{37,5} = 2,43 \text{ кг/га.}$$

Аналізуючи виконані розрахунки, приймаємо агрегат, що складається з трактору МТЗ-80 і прес-підбирача К-454В, при цьому найбільшої ефективності роботи буде досягнуто при роботі на IV передачі трактора.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Підготовка поля до роботи

Ефективність роботи агрегату та якість виконання операцій залежать від правильної підготовки поля, що полягає в його попередньому огляді з метою усунення перешкод, що можуть негативно вплинути на виконання операції та продуктивність агрегату, а також правильній організації напрямку та способу руху з врахуванням агротехнічних вимог до операції та особливостей агрегату.

1. Розрахунок поворотних смуг.

Найбільш раціональним для прес-підбирання є гоновий спосіб руху, при виконанні якого на кінцях заїнок залишають смуги для холостих заїздів з метою виконання поворотів. Для даного агрегату найбільш відповідними є безпетльові повороти, для яких ширина поворотної смуги становить:

$$E_{\text{оп}} = 1,5R_{\text{мін}} + L_{\text{агр}},$$

де $R_{\text{мін}}$ – мінімальний радіус повороту, м;

$L_{\text{агр}}$ – кінематична довжина агрегату, м.

Остаточну ширину поворотної смуги обирають кратною ширині захвату агрегату з метою цілого числа разів проходів при наступному підбиранні. Радіус агрегату з колісним трактором з однією машиною становить $R_{\text{мін}} = 1,7 B_p = 1,7 \cdot 1,8 = 3,06$ м;

Кінематична довжина агрегату становить:

$$L_{\text{агр}} = L_{\text{тр}} + L_3 + L_{\text{сгм}},$$

де $L_{\text{тр}}, L_3, L_{\text{сгм}}$ – відповідно кінематичні довжини трактора ($L_{\text{тр}} = 0,94$ м), зчіпки ($L_3 = 0$ м), прес-підбирача ($L_{\text{сгм}} = 1,2$ м).

$$L_{\text{агр}} = 0,94 + 1,2 = 2,14 \text{ м.}$$

$$E_{\text{оп}} = 1,5 \cdot 3,06 + 2,14 = 6,73 \text{ м.}$$

Розрахована ширина поворотної смуги агрегату в складі трактора МТЗ-80 та прес-підбирача К-454В становить 6,73 м. Однак, враховуючи те, що даний агрегат буде працювати після зернозбирального комбайна, який перед початком

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

основних робіт по збиранню врожаю, дотримуючись протипожежних дій проводить обкіс поля в два сліди по всьому периметру поля та для ефективного виконання збиральних робіт поле було розбите на 4 загінки площею по 24,2 га кожна, величину поворотної смуги доцільно збільшити до 12 м.

Контроль якості виконання операції

При виконанні механізованих робіт необхідно чітко дотримуватись показників якості виконання операції, при цьому вона оцінюється відповідною кількістю показників, які регламентують відповідність операції агротехнічним умовам. Нормативи оцінки якості прес-ущільнювачів наведені в (табл. 2.1) згідно рекомендацій [12].

Таблиця 2.1

Показники і оцінка якості збирання соломистих матеріалів за допомогою прес-ущільнювачів

Показники	Нормативи	Методи визначення
Втрати зібраного соломистого матеріалу	за підбирачем, не більше 1,5 %	на облікових майданчиках довжиною 10 м і по ширині захвату машини збирають всі рослинні залишки і зважують
	за агрегатом, не більше 2 %	
Якість в'язання тюків	кількість неякісно зав'язаних тюків не повинна перевищувати 2 % від загальної партії	визначають шляхом опробування вручну, а також шляхом багатократного перекидання 10 тюків і наступного їх огляду
Засміченість соломистого матеріалу ґрунтом	не більше 2 %	розбиранням тюка над полотном з послідовним просіюванням залишків на решетах
Щільність пресування	при обв'язуванні дротом - 150-200 кг/м ³	визначається за співвідношення маси тюка до його об'єму
	при обв'язуванні шпагатом - 100-150 кг/м ³	

Оформлення операційної технологічної карти

Враховуючи проведені розрахунки оформляємо операційну технологічну карту та проводимо додаткові розрахунки показників організації виконання операції прес-підбирання.

1. Тривалість одного робочого циклу, хв:

$$T_{\text{рц}} = \frac{12L_p}{10^2 V_p} + 2T,$$

де L_p – робоча довжина загінки, м;

$T_{\text{п}}$ – час, що витрачається на поворот в кінці загінки, хв ($T_{\text{п}} = 1,5 \dots 2$ хв).

$$L_p = L - 2E_{\text{бп}} = 950 - 2 \cdot 6,73 = 936,5 \text{ м},$$

де L – довжина загінки, м ($L = 950$ м) ;

Отже

$$T_{\text{рц}} = \frac{12 \cdot 936,5}{100 \cdot 8,0} + 2 \cdot 1,5 = 17,04 \text{ хв.} = 0,28 \text{ год.}$$

2. Технічна циклова продуктивність:

$$W_{\text{ц}} = 0,6B_p V_p T_{\text{рц}} \tau = 0,6 \cdot 1,8 \cdot 8,0 \cdot 0,28 \cdot 0,62 = 1,5 \text{ га/ц.}$$

3. Кількість циклів за зміну:

$$n_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{рзм}}}{W_{\text{ц}}} = \frac{37,5}{1,5} = 24,9 \text{ ц/зм.}$$

На основі проведених розрахунків заповнюємо операційну технологічну карту, що представлена в графічній частині.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Висновки по розділу

Розробляючи та проектуючи механізований технологічний процес виробництва заданої продукції було проаналізовано, підбрано та розраховано склад агрегату, що складається з трактору МТЗ-80 та поршневого прес-підбирача К-454В. Розраховано швидкість агрегату при якій буде досягнуто найбільшої ефективності, що становить 8 км/год при роботі на IV передачі трактора, при цьому змінна продуктивність агрегату становить 37,5 га/зм., а витрати палива 2,43 кг/га.

Наведені також основні напрямки підготовки агрегату до роботи та підготовки поля до роботи даним агрегатом, де визначено спосіб руху (гоновий човником) та розраховано поворотну смугу агрегату, що становить 12 м в зв'язку з протипожежними обкосами по периметру поля зернозбиральним комбайном з жаткою, ширина захвату якої становить 6 м. Також наведені основні показники контролю за якістю. Проведені розрахунки показали, що скомплектований агрегат працюватиме ефективно.

На основі проведених розрахунків виконання операції оформлена операційна карта де також наведені додаткові розрахунки: по тривалості одного циклу ($T_{\text{ци}} = 0,28$ год), технічної продуктивності за цикл ($W_{\text{ци}} = 1,5$ га/ц), кількість циклів за зміну ($n_{\text{ци}} = 24,9$ ц/зм.) та витрату палива за зміну ($Q_{\text{зм}} = 102,1$ кг/зм.).

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3. Наукова частина

3.1. Мета досліджень

Останнім часом можемо спостерігати розвиток технологій, що пов'язані з біологічною конверсією органічної сировини, які спрямовані на переробку незернової частини врожаю, зокрема соломистої маси у субстрати для вирощування грибних культур. На даний час потребують дослідження технічні засоби (ущільнювачі субстратів) для вирощування гливи, що будуть забезпечувати необхідні фізико-механічні властивостей субстрату при одночасному ущільненні з пакуванням його до мішків.

Таким чином, актуальною науково-прикладною задачею є удосконалення процесу ущільнення субстрату шляхом обґрунтування параметрів поршневого ущільнювача-пакувальника субстрату для вирощування гливи, який забезпечить регульовані параметри процесу.

Метою роботи є зниження енергомосткості процесу виробництва та підвищення якості субстрату, призначеного для вирощування гливи шляхом обґрунтування параметрів поршневого ущільнювача субстрату.

Для досягнення мети необхідно виконати наступні задачі досліджень:

- встановити залежності питомої енергомосткості ущільнення та пакування субстрату від параметрів поршневого ущільнювача-пакувальника;
- розробити методику інженерного розрахунку поршневого ущільнювача-пакувальника субстрату;
- визначити техніко-економічні показники роботи поршневого ущільнювача-пакувальника субстрату.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва субстрату для вирощування гливи запропонованим ущільнювачем-пакувальником.

Предметом дослідження є вплив параметрів ущільнювача-пакувальника субстрату на показники якості й енергомосткості.

Методи дослідження, що використовувались. При проведенні

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

експериментальних досліджень використовувались методи планування і проведення повнофакторного експерименту, обробку результатів здійснювали методами статистичної обробки даних, кореляційного та регресійного аналізів. Параметри обладнання та виробничу перевірку проводили відповідно до стандартних методик випробування сільськогосподарської техніки. Конструкційно-технологічні параметри поршневого ущільнювача-пакувальника субстрату визначали, використовуючи отримані експериментальні залежності. Техніко-економічну оцінку проводили згідно діючих нормативів шляхом визначення собівартості та доцільності впровадження у виробництво поршневого ущільнювача-пакувальника субстрату.

3.2. Опис експериментального поршневого ущільнювача-пакувальника субстрату

При пастеризації субстрату в пастеризаційних камерах, його щільність в нижніх шарах може досягати 400 кг/м^3 і більше. Вказана щільність значно перевищує нормативні значення та призводить до ускладнення рівномірного внесення посівного міцелію відповідно до технологічних вимог. Таким чином, з метою забезпечення рівномірного внесення посівного міцелію до маси субстрату останній необхідно розпушити, а для подальшого використання ущільнити до технологічно заданих значень щільності та запакувати у мішки. Обмежені розміри пастеризаційних камер, а також необхідність забезпечити пакування субстрату в мішки, призводять до виникнення проблем при розміщенні робочих місць для виконання відповідних технологічних операцій. Вказані проблеми унеможливають виконання вивантаження субстрату на протязі однієї робочої зміни для пастеризаційних камер місткістю більше 15 – 20 т. Крім того, наявні машини для ущільнення субстрату не забезпечують однорідну щільність маси відносно об'єму мішка, внаслідок чого мають зниженні показники якості ущільнених мішків з субстратом. За таких умов сповільнюється розростання

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

міцелію у субстраті, що збільшує термін циклу вирощування гливи [14], а також призводить до збільшення об'єму ураженого субстрату патогенною мікрофлорою та ін.

Враховуючи проведений аналіз літературних джерел, попередніх наукових досліджень та існуючих конструкцій ущільнювачів соломистих матеріалів [14-18] можемо прийти до ствердження, що досягти оптимальних якісних і технологічних показників процесу ущільнення субстрату можливо при дотриманні наступних умов:

- процес ущільнення субстрату необхідно виконувати в два етапи: попереднє та основне ущільнення;
- забезпечити мінімальну кратність взаємодії робочих органів ущільнювача з субстратом;
- забезпечити можливість регулювання ступеня ущільнення субстрату з метою дотримання технологічно заданого діапазону щільності;
- дотримуватись однорідної щільності субстрату відносно об'єму тари (мішка);
- об'єднати процеси ущільнення субстрату з його одночасним пакуванням у тару (мішок).

Найбільшу відповідність зазначеним вимогам мають конструкції ущільнювачів [16, 18], що призначені для ущільнення кормових сумішей, але вони мають недоліки, які полягають у відсутності можливості підтримувати необхідний ступінь ущільнення матеріалу, зокрема і при змінних масових характеристиках завантаженої порції. Крім цього, дані ущільнювачі мають доволі складну конструкцію, а також підвищену енергоємність.

Практика використання ущільнювачів соломистих матеріалів показала, що відсутні конструкції, які дозволяли б отримати ущільнений субстрат з заданими технологічними характеристиками за один робочий цикл. Тому запропоновано поєднати в експериментальній машині двоетапний процес ущільнення: на першому етапі ущільнення проводиться у вертикальній площині в закритій

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

вертикальній камері, на другому – ущільнення в горизонтальному напрямку у відкритій горизонтальній камері з регульованим підпором. Таким чином отримуємо процеси ущільнення соломистого матеріалу: опорне, безопорне та регульовано-опорне.

Принципова схема запропонованого технічного рішення представлена на рис. 3.1. Поршневий ущільнювач-пакувальник складається з завантажувального бункера 1, під яким розташована вертикальна ущільнювальна камера 3 з вертикальним прес-поршнем 4, що здійснює вертикальний поступальний рух. Підпор для ущільнення у вертикальній камері здійснює клапан 2. Перпендикулярно вертикальній ущільнювальній камері 3 у її бічній стінці встановлено горизонтальну ущільнювальну камеру 5 з горизонтальним прес-поршнем 7, який здійснює горизонтальні переміщення до вивантажувальної горловини 6. На виході вивантажувальної горловини 6 розміщується пакувальний мішок 8. При цьому передбачена можливість створення регульованого підпору на субстрат у горизонтальній площині завдяки підпружиненому підпорному пристрою 9.

Запропоноване конструктивне рішення ущільнювача-пакувальника дозволить зменшити питомі показники металоємності та енергоємності процесу ущільнення субстрату внаслідок спрощення конструкції, відсутності механізмів, що забезпечують попереднє формування та подачу порції субстрату до ущільнювальних камер. Також підвищиться ефективність процесу ущільнення за рахунок дотримання однорідної щільності по об'єму субстрату та можливості регулювання ступеня його ущільнення, в тому числі при змінній масі завантажених порцій. При цьому забезпечується пакування у мішки згідно технологічних вимог (щільність в межах $380 \pm 20 \text{ кг/м}^3$).

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

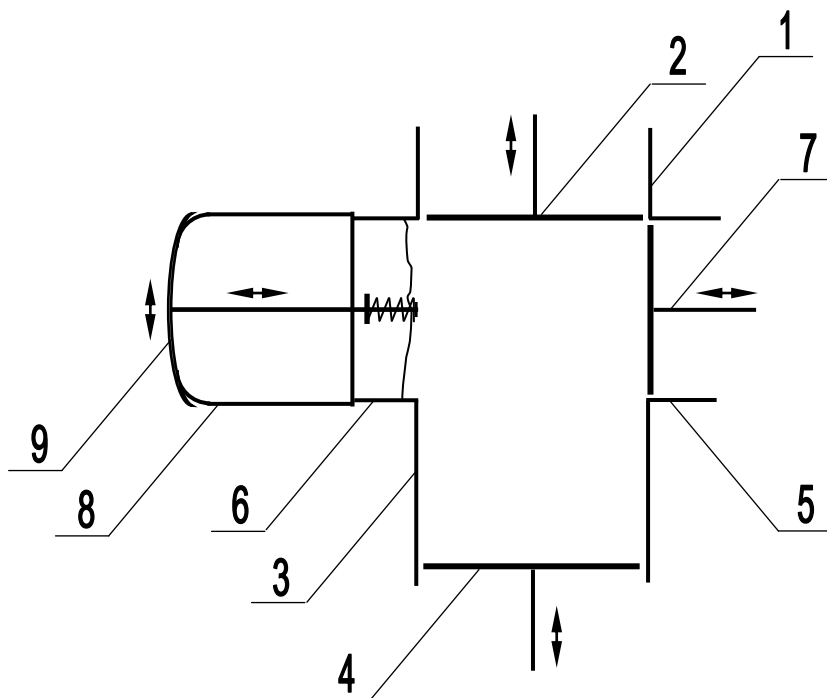


Рис. 3.1. Принципова схема запропонованого поршневого ущільнювача-пакувальника:

1 – завантажувальний бункер; 2 – клапан вертикальної камери; 3 – вертикальна камера; 4 – вертикальний прес-поршень; 5 – горизонтальна камера; 6 – вивантажувальна горловина; 7 – горизонтальний прес-поршень; 8 – пакувальний мішок; 9 – підпорний пристрій.

Ущільнювач субстрату (рис. 3.2) працює наступним чином. Зволожений та засіяний зерновим міцелієм субстрат дозується та завантажується через горловину завантажувального бункера 1 до вертикальної камери ущільнювача 3. За рахунок гідроциліндра 9 клапан вертикальної камери 2 зачиняється, створюючи підпір у верхній частині вертикальної камери. Під дією вертикального прес-поршня 4, який приводиться в поступальний рух гідроциліндром 7, відбувається зменшення об'єму вертикальної ущільнювальної камери 3, що створює умови попереднього ущільнення субстрату між боковими стінками камери, прес-поршнем та клапаном. Таким чином попередньо ущільнений субстрат надходить до горизонтальної ущільнювальної камери 5.

3.3. Методика проведення експериментальних досліджень

При встановленні залежності якісних і енергетичних показників роботи поршневого ущільнювача-пакувальника субстрату від технологічних та конструкційних параметрів використовували методику статистичної теорії планування експериментів, оскільки це дозволило мінімізувати кількість дослідів, а також скоротити час на їх проведення і матеріально-технічні витрати без втрати якості інформації [19-21]. Результатом планування експериментів в даному випадку є одержання статистичної математичної моделі (рівняння регресії), яка характеризує залежність якісних і технологічних показників роботи об'єкту дослідження від режимів роботи поршневого ущільнювача-пакувальника, а також його конструктивних параметрів.

З метою виявлення основних факторів і їх границі впливу на об'єкт дослідження було проведено його попереднє вивчення. Попередні аналітичні дослідження продемонстрували, що на якість і енергоємність роботи поршневого ущільнювача-пакувальника субстрату впливають наступні чинники: діаметри прес-поршнів та конструкційні параметри ущільнювальних камер, тривалість процесу ущільнення, ступінь деформації (хід прес-поршня) ущільнюваного матеріалу, попередні фізико-механічні властивості матеріалу, зокрема вологість, початкова щільність, механічний склад тощо.

Зважаючи на те, що під час досліджень з різних причин не можливо проконтролювати всі перераховані фактори, були проведенні попередні експериментальні дослідження, які дозволили визначити фактори, які мають суттєвий вплив на процес ущільнення запропонованим технічним засобом та встановити рівні їх варіювання.

За результатами пошукових експериментів та аналітичних досліджень встановлено, що основними впливовими факторами на показники роботи поршневого ущільнювача є: максимальне зусилля протидії руху субстрату у горизонтальному напрямку (зусилля підпору), тривалість утримання субстрату

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

під тиском та масові характеристики порції субстрату при завантаженні. Встановлені інтервали варіювання досліджуваних факторів наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Рівні варіювання досліджуваних факторів при випробуванні ущільнювача-пакувальника

№ з/п	Найменування фактора, одиниця виміру	позначення фактора	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
			-1	0	+1	
1	Максимальне зусилля протидії руху субстрату у горизонтальному напрямку, Н	$F_{пп}$	0	50	100	50
2	Час утримання матеріалу, с	t	0	10	20	10
3	Маса порції завантаженого матеріалу, кг	$M_{п}$	10	15	20	5

Експериментальні дослідження з визначення залежності на критерій оптимізації – питому енергомісткість процесу ущільнення та пакування субстрату A (кВт·год./т) параметрів ущільнювача проводились відповідно до методики планування багатфакторних експериментів [19-21].

Відповідно, впливові фактори кодували (x_1 - x_3), проводили експерименти згідно оптимального плану Бокса-Бенкіна (B_3) для трьох досліджуваних факторів [19], матриця якого наведена в табл. 3.2, експерименти в кожному досліді плану виконували з трьохкратною повторністю.

Матриця планування 2^3 експерименту за планом Бокса-Бенкіна

№ п/п дослі ду	Досліджувані фактори та їх кодовані позначення					
	Зусилля підпору, Н		Час утримання матеріалу, с		Маса порції завантаженого матеріалу, кг	
	x_1	Натуральне значення	x_2	Натуральне значення	x_3	Натуральне значення
1	+1	100	+1	20	0	15
2	-1	0	-1	0	0	15
3	+1	100	-1	0	0	15
4	-1	0	+1	20	0	15
5	+1	100	0	10	+1	20
6	-1	0	0	10	-1	10
7	+1	100	0	10	-1	10
8	-1	0	0	10	+1	20
9	0	50	+1	20	+1	20
10	0	50	-1	0	-1	10
11	0	50	+1	20	-1	10
12	0	50	-1	0	+1	20
13	0	50	0	10	0	15
14	0	50	0	10	0	15
15	0	50	0	10	0	15

Методика проведення експериментальних досліджень процесу виготовлення ущільнених та запакованих мішків субстрату на експериментальній установці ущільнювача-пакувальника (рис. 3.3) полягала в наступному.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Щільність отриманих мішків з субстратом розраховували відповідно загальновідомої методики за формулою:

$$\gamma_c = \frac{4M_c}{pd^2h},$$

де M_c – маса мішка з субстратом після ущільнення та запаковування, кг; d , h – відповідно середні значення діаметра та висоти ущільненого та запакованого мішка з субстратом, м.

3.4. Результати експериментальних досліджень

Відповідно до центрального композиційного плану Бокса-Бенкіна було проведено лабораторні дослідження, за результатами яких вивчався вплив зусилля підпору руху мішка з субстратом $F_{\text{ПР}}$ (Н), тривалості знаходження матеріалу під тиском t (с) та маси завантаженої порції субстрату $M_{\text{П}}$ (кг) на питому енергомісткість процесу ущільнення та пакування субстрату A (кВт·год./т) при заданій щільності та рівномірності мішка з субстратом.

При цьому, відповідно до результатів попередніх досліджень, деякі значення конструкційно-технологічних параметрів ущільнювача фіксували на постійному рівні: продуктивність масляного насоса гідростанції становила $W=0,00037 \text{ м}^3/\text{с}$, внутрішній діаметр камери горизонтального ущільнення $D_{\text{СК}}=0,257 \text{ м}$, об'єм порції субстрату, що подається прес-поршнем вертикальної камери ущільнення $V_{\text{вк}} = 0,006 \text{ м}^3$ [22].

Відповідно до отриманих результатів було отримано математичні моделі, які виявляють залежність критерію оптимізації від впливових факторів у вигляді поліномів другого порядку.

Аналіз поверхонь відгуку, що характеризують попарну взаємодію факторів x_1 та x_2 (рис. 3.4) дозволяє констатувати, що зі збільшенням сили підпору руху мішка з субстратом $F_{\text{ПР}}$ зміна питомої енергомісткості процесу ущільнення A має параболічний характер, при цьому мінімальні значення критерію оптимізації спостерігаємо в діапазоні зміни сили підпору від 50 до 75 Н та становлять 0,801;

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

0,97 та 1,008 кВт год./т при відповідних значеннях тривалості утримання під тиском 0; 10 та 20 с (рис. 3.5, а).

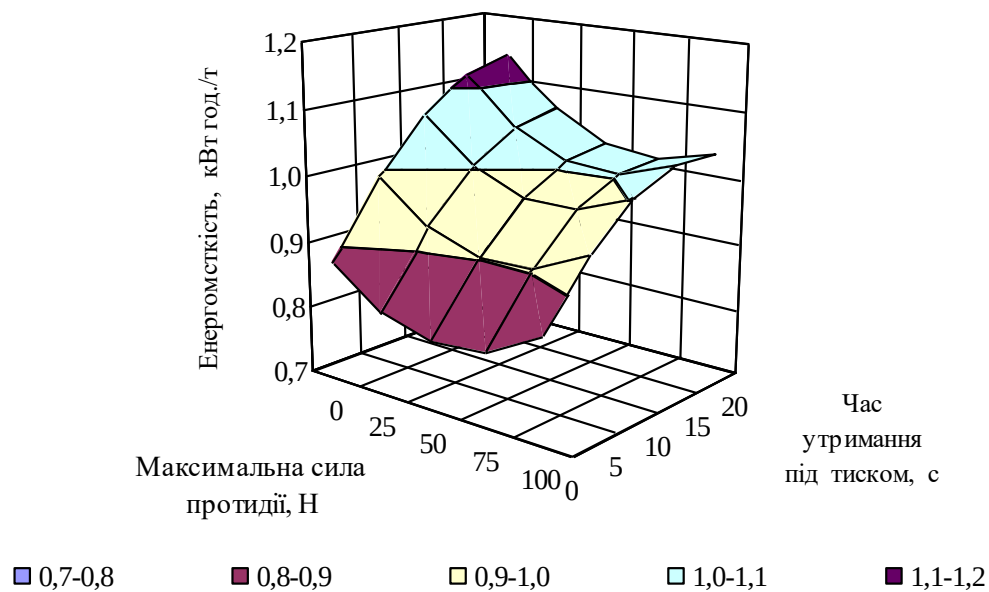
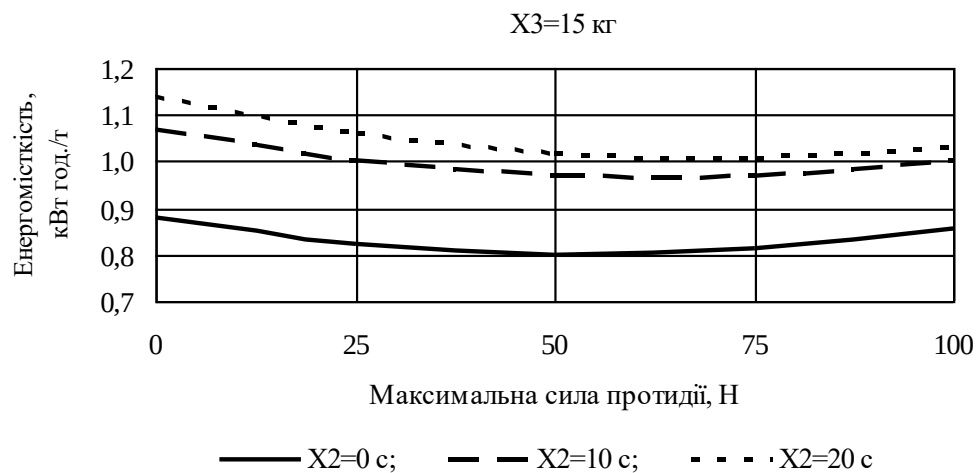


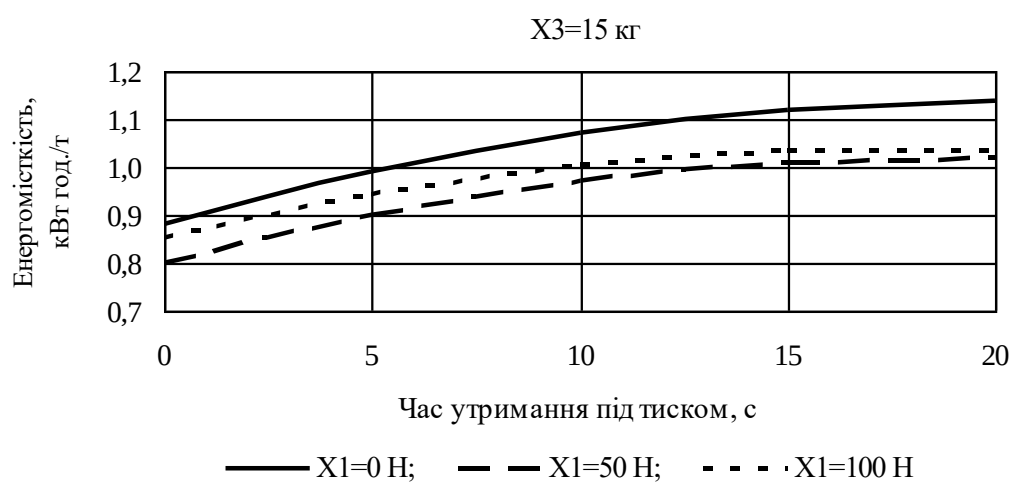
Рис. 3.4. Залежність питомої енергомсткості ущільнення від сили підпору та тривалості утримання матеріалу під тиском

Вказану залежність можна пояснити зменшенням продуктивності та збільшенням споживаної потужності ущільнювача при збільшенні сили підпору (протидії руху мішка).

Збільшення тривалості утримання субстрату під тиском підвищує питому енергомсткість процесу ущільнення, що пов'язано зі зменшенням продуктивності ущільнення (рис. 3.5, б). Зокрема, утримання матеріалу під тиском протягом 20 с призводить до збільшення питомої енергомсткості процесу ущільнення на 25,6 %, порівняно з ущільненням без витримки під тиском. Мінімальних значень питомої енергомсткості ущільнення на рівні 0,881; 0,801 та 0,854 кВт год./т досягаємо при роботі ущільнювача без утримання під тиском, при цьому сила протидії руху мішка з субстратом становить відповідно 0; 50 та 100 Н.



а)



б)

Рис. 3.5. Залежність питомої енергомосткості ущільнення від сили підпору (а) та тривалості утримання матеріалу під тиском (б) при масі порції матеріалу 15 кг.

Аналіз поверхонь відгуку, що характеризують попарну взаємодію факторів x_1 та x_3 (рис. 3.6, 3.7) показує, що збільшення маси порції завантаженого субстрату призводить до зміни питомої енергомосткості процесу ущільнення за параболічною функцією, при цьому мінімальні значення критерію оптимізації знаходяться в діапазоні зміни маси порції від 15 до 17,5 кг та відповідно становлять 1,07; 0,93 та 0,923 кВт год./т при відповідних значеннях сили підпору 0; 50 та 100 Н.

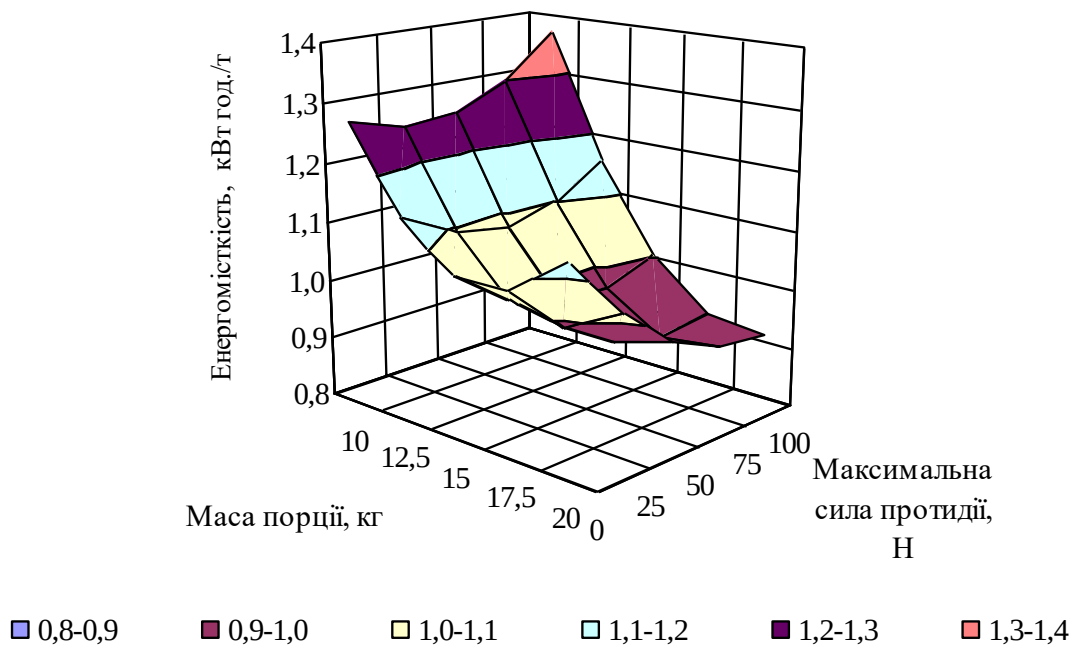


Рис. 3.6. Залежнiсть питомої енергомiсткостi уцiльнення вiд сили пiдпору та маси завантаженої порцiї субстрату

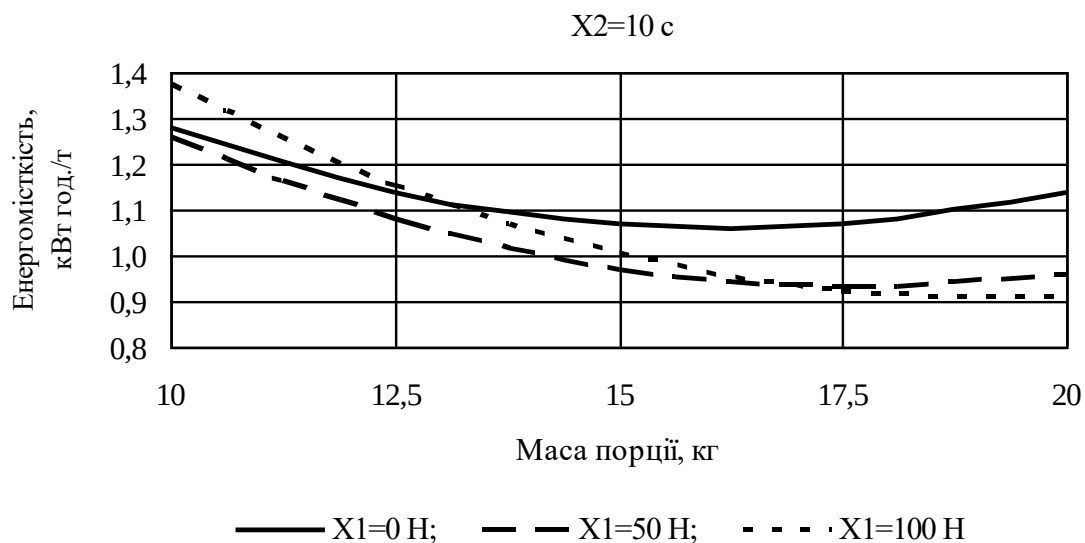


Рис. 3.7. Залежнiсть питомої енергомiсткостi уцiльнення вiд маси порцiї завантаженого субстрату

Це можна пояснити збiльшенням продуктивностi процесу при збiльшеннi маси порцiй. При цьому спостерiгаємо, що динамiка змiни питомої енергомiсткостi при змiнi маси порцiї вiдносно бiльша за змiни, якi вiдбуваються при збiльшеннi опорy руху мiшка, тобто затратами на уцiльнення (рис.3.7).

Аналізуючи залежності (рис. 3.8), які характеризують попарну взаємодію факторів x_2 та x_3 приходимо до висновку, що збільшення тривалості утримання матеріалу під тиском спричиняє збільшення питомої енергомісткості, зокрема утримання матеріалу під тиском протягом 20 с призводить до збільшення питомої енергомісткості процесу ущільнення на 24,2 %, відносно варіанту роботи без утримання матеріалу під тиском. Це пояснюється тим, що внаслідок збільшення тривалості циклу ущільнення та пакування субстрату відбувається відповідне зменшення продуктивності.

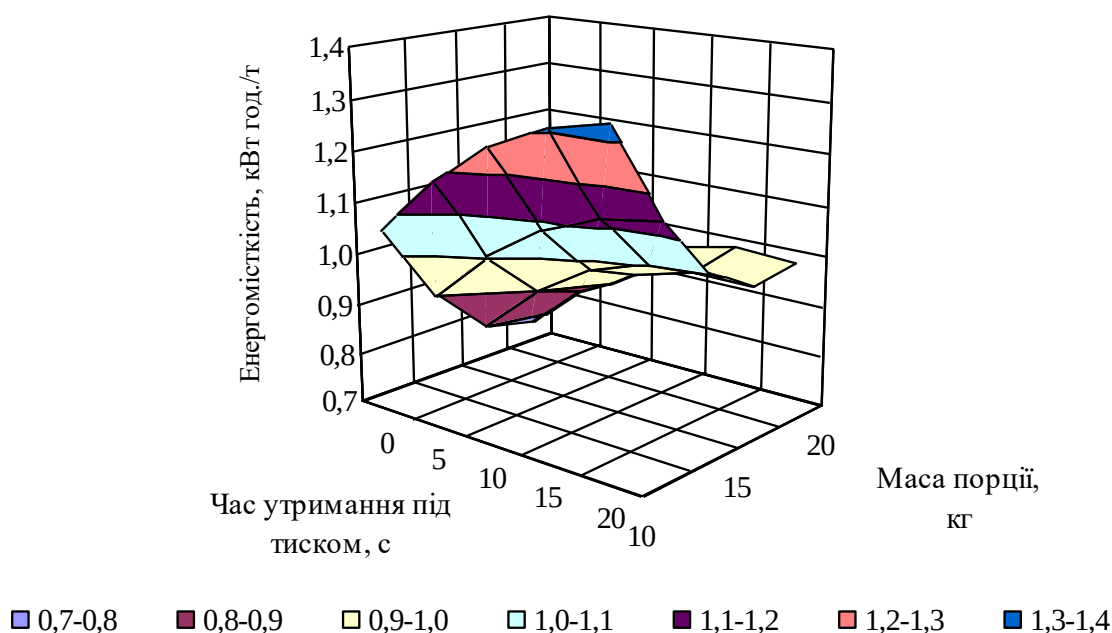
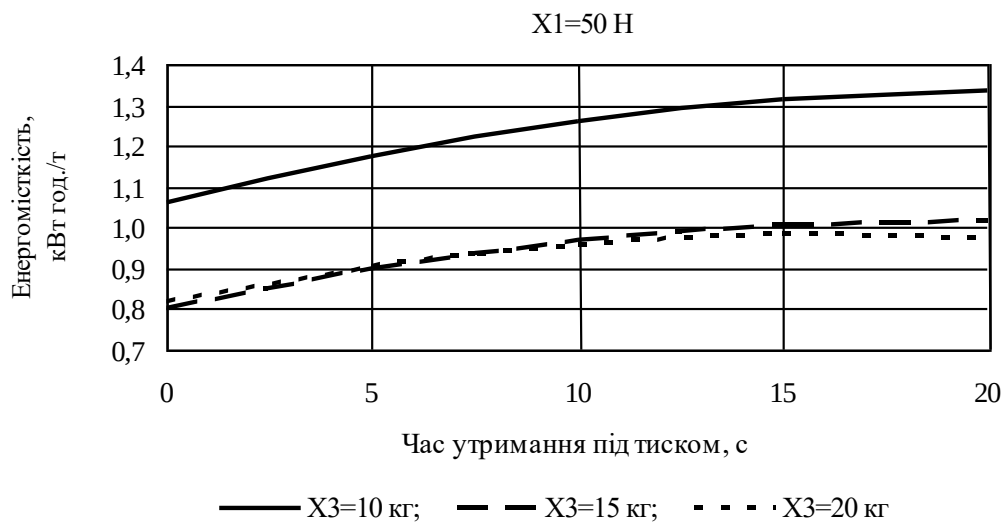
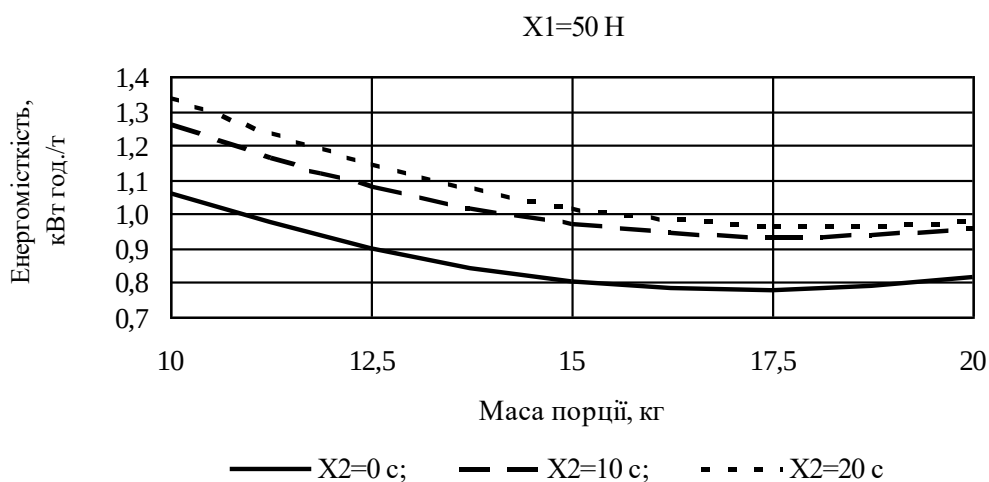


Рис. 3.8. Залежність питомої енергомісткості процесу ущільнення від часу утримання матеріалу під тиском та маси порції завантаженого субстрату

Мінімальні значення критерію оптимізації спостерігаються за відсутності витримки матеріалу під тиском та становлять 1,061; 0,801 та 0,819 кВт·год./т відповідно до значень маси завантаженої порції субстрату 10; 15 та 20 кг (рис. 3.9, а).



а)



б)

Рис. 3.9. Залежності питомої енергомосткості ущільнення та пакування від тривалості витримки матеріалу під тиском (а) та маси завантаженої порції субстрату (б)

Встановлено (рис. 3.9, б), що при збільшенні маси порції завантаженого субстрату будемо спостерігати спочатку зменшення питомої енергомосткості процесу ущільнення, а потім відбувається деяке збільшення. Ці процеси пояснюються початковим збільшенням продуктивності, а в подальшому – збільшенням витрат енергії на ущільнення та пакування субстрату, порівняно з ростом продуктивності. Мінімальні значення питомої енергомосткості 0,775; 0,93

та 0,963 кВт год./т спостерігаємо за маси завантаженої порції 17,5 кг та для відповідних значень тривалості витримки матеріалу під тиском 0; 10 та 20 с.

Рівняння регресії, що характеризує залежність питомої енергомісткості процесу ущільнення A від факторів (зміни сили підпору мішка з субстратом $F_{\text{ПР}}$ (x_1), тривалості утримання матеріалу під тиском t (x_2) та маси порції завантаженого субстрату $M_{\text{П}}$ (x_3)), отримане за результатами проведеного ПФЕ 3³, в закодованих величинах має вигляд:

$$A = 0,970 - 0,033x_1 + 0,108x_2 - 0,15x_3 + 0,066x_1^2 - 0,061x_2^2 + 0,139x_3^2 - 0,019x_1x_2 - 0,081x_1x_3 - 0,029x_2x_3.$$

У розкодованому вигляді математична модель має вигляд:

$$A = 2,251 + 0,002F_{\text{ПР}} + 0,034t - 0,175M_{\text{П}} - 0,0006t^2 + 0,0056M_{\text{П}}^2 - 0,0003F_{\text{ПР}}M_{\text{П}} - 0,0006tM_{\text{П}}.$$

Таким чином, за результатами експериментальних досліджень можемо констатувати, що питома енергомісткість процесу ущільнення знаходиться в діапазоні 0,775...1,335 кВт год./т. Збільшення тривалості утримання матеріалу під тиском від 0 до 20 с призводить до збільшення питомої енергомісткості процесу на 25,6 %, в той же час збільшення маси завантаженої порції сприяє зменшенню питомої енергомісткості процесу ущільнення та пакування на 24,6 %.

Виконавши оптимізаційні розрахунки на основі рівняння регресії в розкодованому вигляді, встановили, що питома енергомісткість процесу ущільнення та пакування субстрату прийматиме мінімальних значень при $F_{\text{ПР}} = 92,2$ Н; $t = 15,5$ с та $M_{\text{П}} = 19,2$ кг.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Висновки по розділу

За результатами проведеної роботи можемо зробити наступні висновки:

- для виробництва субстратів на основі соломистих матеріалів доцільно використовувати робочі органи поршневого типу, які в найбільшій мірі будуть задовольняти вимоги технології виробництва субстратів для вирощування гливи;
- запропоновано та обґрунтовано технологічну схему поршневого ущільнювача-пакувальника субстрату, який забезпечує однорідність щільності субстрату по об'єму мішка та дозволяє регулювати ступінь його ущільнення відповідно до технологічних вимог, що особливо важливо при зміні маси завантаженої порції;
- результати проведених експериментальних досліджень дозволили визначити діапазон мінімальних значень питомої енергомісткості процесу ущільнення залежно від параметрів та режимів роботи ущільнювача-пакувальника, який лежить в межах 0,775...1,335 кВт год./т. При цьому істотний вплив на питому енергомісткість ущільнення чинить час утримання матеріалу під тиском, збільшення якого від 0 до 20 с призводить до збільшення питомої енергомісткості на 25,6 %. Збільшення ж маси завантаженої порції субстрату сприяє зменшенню питомої енергомісткості ущільнення та пакування соломистого субстрату на 24,6 %. Проведена оптимізація рівняння регресії дозволила встановити, що досягти мінімального значення питомої енергомісткості ущільнення та пакування субстрату можливо при наступних значеннях чинників: сила підпору при горизонтальному ущільненні $F_{пп} = 92,2$ Н; тривалість утримання під тиском $t = 15,5$ с та маса завантаженої порції субстрату $M_{п} = 19,2$ кг;
- за результатами досліджень розроблено методику інженерного розрахунку конструкційно-технологічних параметрів поршневого ущільнювача-пакувальника субстрату з двома камерами ущільнення. Під час контрольних випробувань було встановлено, що рівномірність щільності запакованих мішків з субстратом у технологічно заданому діапазоні щільності від 360 до 400 кг/м³ становить 85,5 %.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

4. Охорона праці

Особливості охорони праці при виробництві субстрату

У процесі виробництва субстрату необхідно суворо дотримуватися вимог, які регламентовані законодавством з техніки безпеки, гігієни праці та виробничої санітарії, що дозволить повністю виключити нещасні випадки та виробничі травми серед обслуговуючого персоналу та досягти високої продуктивності праці [23]:

- до роботи з машинами та устаткуванням допускаються лише повнолітні особи, які володіють необхідними знаннями з експлуатації машини, знають правила техніки безпеки при виробництві субстрату;

- персонал, який залучений для виробництва субстрату, повинен бути забезпечений і користуватися спецодягом та індивідуальними захисними засобами;

- при виконанні технічного огляду, регулювань та обслуговування машини необхідно виконати її повну зупинку, відключення від електромережі та вжити заходів проти її випадкового включення;

- забороняється палити цигарки та приймати їжу під час роботи;

- забороняється працювати за виявлення пошкодження шланг гідросистеми, негерметичності з'єднань, при несправностях гідросистеми;

- забороняється завантажувати машини та обладнання субстратом понад установлені норми;

- необхідно слідкувати, щоб у субстраті не було твердих предметів (каміння, металу, дерева та ін.), які можуть призвести до пошкодження машин та обладнання;

- після закінчення роботи, відкриті частини тіла необхідно ретельно вимити мильними засобами;

- під час тривалих зупинок у використанні, машини і обладнання повинні бути очищені від залишків субстрату та при необхідності помиті;

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- після установки гідростанції в робоче положення її необхідно заземлити відповідно до вимог правил технічної експлуатації електроустановок (вузол заземлення знаходиться на ніжці гідравлічного бака);

- підключити обладнання до електричної мережі можна тільки після заземлення;

- перед пуском гідростанції в роботу необхідно перевірити рівень мастила в гідравлічному баці, з'єднання гідросистеми, кріплення шпильок, болтів, гвинтів, затягування накидних гайок трубопроводів, попередити обслуговуючий персонал про пуск гідростанції;

- не дозволяється запускати обладнання в роботу при наявності несправностей та негайно зупиняти роботу обладнання при виявленні яких-небудь відхилень від норми;

- експлуатація обладнання повинна відбуватись при суворому дотриманні правил протипожежної безпеки;

- не допускається розбирати гідростанцію, а також гідравлічні панелі і блоки та підтягувати кріпильні деталі і з'єднання гідросистеми, що знаходяться під тиском;

- не допускається виконувати зварювальні роботи на приєднаних трубопроводах, що знаходяться під тиском та напругою;

- розбирання й збирання обладнання необхідно проводити за допомогою призначених для цього інструментів і пристосувань та спеціально відведених для цього місць.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

5. Економічна частина

В попередніх розділах визначено тривалість робочих циклів вдосконаленої конструкції поршневого ущільнювача-пакувальника субстрату для вирощування гливи (рис. 5.1) – середнє значення тривалості робочих циклів заключного ущільнення знаходиться в діапазоні від 8,4 до 37 с, що в загальному циклі процесу ущільнення та пакування становить від 11 до 49 %. Найбільш тривалим робочим циклом є завантаження субстрату до вертикальної камери та попереднє ущільнення, що становить 37 с (49 % загального часу циклу роботи). Загальна розрахована тривалість всього циклу ущільнення та пакування становить 75,9 с.

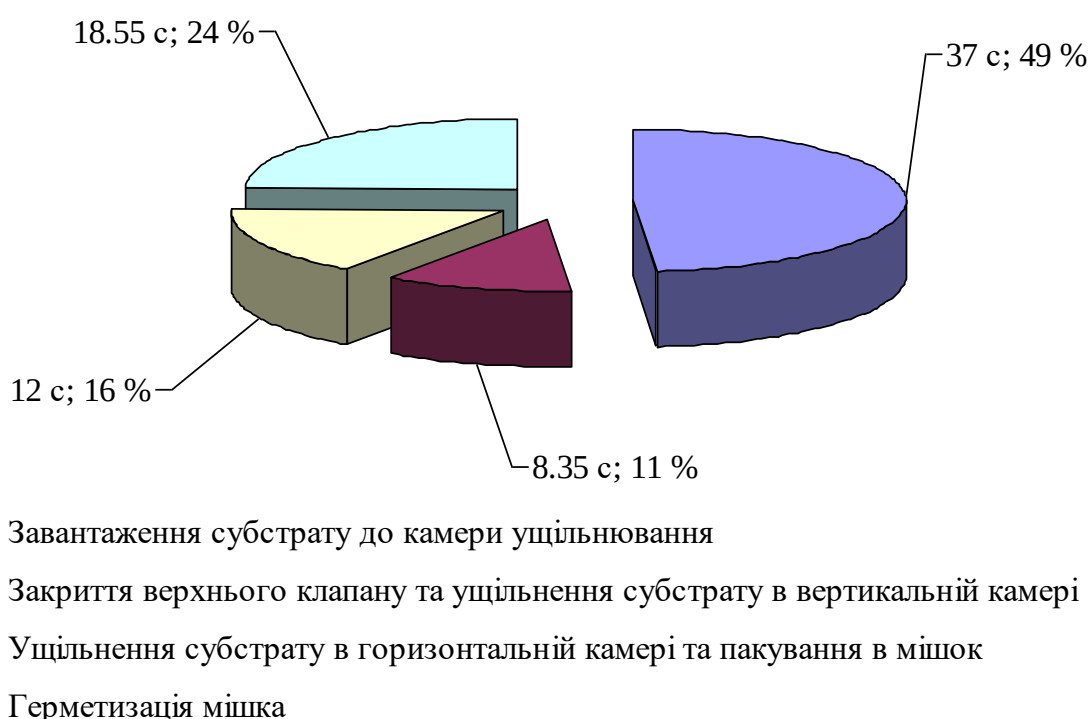


Рис. 5.1. Складові тривалості робочих циклів процесу ущільнення субстрату вдосконалим поршневим ущільнювачем-пакувальником

В якості базової машини для порівняння прийнято ущільнення та пакування субстрату поршневим ущільнювачем без вдосконалення його конструкції [23]. Удосконалений поршневий ущільнювач-пакувальник субстрату має продуктивність 896 кг/год. при фактичній тривалості одного циклу ущільнення та пакування субстрату в мішок – 67 с, що швидше на 20 % порівняно з базовим варіантом процесу ущільнення соломистого субстрату.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Техніко-економічні показники ефективності використання удосконаленої машини при виробництві субстрату для вирощування гливи (відповідно додатку А) приведені в таблиці 5.1.

Табл. 5.1. Техніко-економічна ефективність використання поршневого ущільнювача субстрату

Показник	Одиниця виміру	Значення	
		Базовий	Новий
1	2	3	4
Продуктивність	кг/год.	714	896
Тривалість пакування мішків	с/міш.	84	67
Діаметр/висота мішка	см	30/60	
Маса мішка	кг	16/17	
Щільність субстрату в мішку	кг/м ³	370–400	
Маса партії субстрату	т	10	
Кількість упакованих мішків	шт.	602	
Чистий час пакування мішків	год.	17	9
Технологічні перерви	год.	3	5
Загальний час пакування	год.	20	14
Кількість працюючих	чол.	5	5
Затрати праці	люд-год.	100	70
Споживана потужність електродвигуна	кВт	1,5	
Економічні показники			
Оплата праці разом з нарахуваннями	грн.	5433,7	3803,59
Затрати електроенергії	кВт год.	25,5	13,5
Всього витрат за цикл	грн./цикл	5669,6	4014,9
Економія експлуатаційних витрат	грн.	–	1654,7
Вартість додаткової продукції	грн.	–	24000
Вартість ущільнювача	грн.	35000	36000
Термін окупності ущільнювача	рік	–	1,4

Використання удосконаленої конструкції поршневого ущільнювача-пакувальника субстрату дозволить отримати економію експлуатаційних витрат в розмірі 1654,7 грн. за рік, а його термін окупності становить 1,4 роки.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	N докум.	Підп.	Дата		

6. Загальні висновки

Розробляючи та проектуючи механізовані технологічні потоки при виробництві озимого ячменю було проаналізовано технологічні особливості збирання і використання незернової частини врожаю. Зокрема було підібрано та обґрунтовано технологічний агрегат для збирання соломистої маси, що складається з трактора МТЗ-80 та поршневого прес-підбирача К-454В. Для даного агрегату виконано відповідні технологічні розрахунки та надано рекомендації з організації роботи в полі.

В роботі було проаналізовано вітчизняний досвід використання незернової частини врожаю, зокрема при виробництві субстратів на основі соломистих матеріалів для вирощування гливи, що дозволило констатувати перспективність пряму підвищення ефективності виробництва субстратів із застосуванням механізованих ущільнювачів поршневого типу, оскільки саме такі конструктивні рішення в найбільшій мірі можуть задовольнити технологічні вимоги до ущільнення субстратів.

Враховуючи аналіз літературних джерел та досвіду використання ущільнювачів субстратів обґрунтовано запропоновано та обґрунтовано технологічну схему поршневого ущільнювача-пакувальника субстрату, який дозволить забезпечити однорідність щільності субстрату по об'єму мішка, регулювання ступеня його ущільнення відповідно до технологічних вимог, враховуючи зміну маси завантаженої порції, а також одночасне пакування у мішки.

З метою обґрунтування параметрів і режимів роботи запропонованого ущільнювача було заплановано та проведено експериментальні дослідження, за результатами яких встановлено, що досягти мінімального значення питомої енергомісткості ущільнення та пакування субстрату на рівні 0,775...1,335 кВт год./т можливо при наступних значеннях чинників: сила підпору при

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

горизонтальному ущільненні $F_{\text{ПР}} = 92,2$ Н; тривалість утримання під тиском $t = 15,5$ с та маса завантаженої порції субстрату $M_{\text{П}} = 19,2$ кг;

Відповідно до проведених досліджень розроблено методику інженерного розрахунку конструкційно-технологічних параметрів поршневого ущільнювача-пакувальника субстрату, що забезпечує отримання субстрату із рівномірно розподіленою на 85,5 % щільністю, яка знаходиться у технологічно заданому діапазоні 360...400 кг/м³.

В розділі з охорони праці наведено особливості охорони праці при виробництві субстрату для вирощування гливи.

Завдяки використанню удосконаленого поршневого ущільнювача-пакувальника вдалося підвищити якість субстрату, що дозволяє отримати приріст урожайності гливи. При цьому забезпечується економія експлуатаційних витрат в розмірі 1654,7 грн. за рік, а термін окупності запропонованого поршневого ущільнювача-пакувальника становить 1,4 роки.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Список використаної літератури

1. Енциклопедія сільського господарства. Технологія вирощування озимого ячменю. Інститут водних проблем і меліорації НААН України. [Електронний ресурс]. URL: <http://ias.pp.ua/%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%97-%D0%B2%D0%B8%D1%80%D0%BE%D1%89%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%81%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%81%D0%BF/%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F-%D0%B2%D0%B8%D1%80%D0%BE%D1%89%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D1%8F%D1%87%D0%BC%D0%B5/>
2. Підготовка ґрунту і сівба озимих культур в агроформуваннях Запорізької області в умовах 2016 року. Рекомендації виробництву. Інститут олійних культур НААН, Запоріжжя 2016 р. 24 с. URL: https://www.zoda.gov.ua/files/WP_Article_File/original/000063/63786.pdf
3. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур: монографія / Л.М. Тіщенко, С.І. Корнієнко, В.А. Дубровін та ін.: за ред. Л.М. Тіщенка / Харк. нац. техн. ун-т с.-г. ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2015. – 273 с.
4. Петров П.В. Агротехнологія і технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. / Петров П.В., Посполітак Т.Є., Юркевич Є.О. – К. : Аграрна освіта, 2009. – 268 с. URL: <http://ndarpal.lg.ua/wp-content/uploads/2020/04/%D0%90%D0%93%D0%A0%D0%9E%D0%A2%D0%9>

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

[5%D0%A5%D0%9D%D0%9E%D0%9B%D0%9E%D0%93%D0%86%D0%AF.p
df](https://isgkr.com.ua/images/sampled_data/recomendacy/recomdacy2018.pdf)

5. Особливості технологій вирощування озимих зернових культур під урожай 2019 року (осінній комплекс робіт): рекомендації. – Оброшино: [Б. в.], 2018. – 48 с. URL: https://isgkr.com.ua/images/sampled_data/recomendacy/recomdacy2018.pdf
6. Сільськогосподарські і меліоративні машини: Навчальний посібник / Кошук О. Б., Лузан П. Г., Мося І. А., Герлянд Т. М., Романов Л. А. – К. : ІПТО НАПН України, 2015. – 291 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/32309941.pdf>.
7. Методичні рекомендації до оформлення випускної кваліфікаційної роботи здобувачів другого (магістерського) освітнього рівня спеціальності 208 «Агроінженерія» за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / [уклад. : О. М. Васильковський, Д. І. Петренко, К. В. Васильковська, С. М. Лещенко, С. М. Мороз] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. – Кропивницький : ЦНТУ, 2020. – 40 с. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/10501>.
8. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, Довжик М.Я. // Суми. Університетська книга – 2008. – 450 С.
9. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини. – К. : Урожай, 1994. – 448 с.
10. Сільськогосподарські машини / В. Ю. Комаристов, М. М. Петренко, М. М. Косінов. – К. : Урожай, 1996. – 240 с.
11. Практикум з технологічної наладки та усунення несправностей сільськогосподарських машин / Г.Р. Гаврилюк, Г.І. Живолуп, П.С. Короткевич та ін.; За ред. Г.Р. Гаврилюка. – К. : Урожай, 1995. – 280 с.
12. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» : для студ. спец. 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

машинобудування» / М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. ; [уклад. В. М. Сало, С. М. Лещенко, Д. І. Петренко та ін.]. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – 170 с. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/8095>.

13. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.
14. Голуб Г. А. Механіко-технологічне обґрунтування технічних засобів для агропромислового виробництва їстівних грибів : дис. ...д-ра т. н. : 05.05.11 / Голуб Г. А. – Глеваха, 2005. – 422 с.
15. Голуб Г. А. Механізація виробництва компостів, субстратів та їстівних грибів – суттєвий фактор зміцнення аграрного сектору економіки / Г. А. Голуб // Хімія, агрономія, сервіс. – 2006. – № 9–10. – С. 26–27.
16. Гайденко О. М. Обґрунтування параметрів ущільнювача субстрату для вирощування грибів гливи звичайної / О. М. Гайденко // Матеріали IV Всеукр. наук.-прак. конф. молодих вчених і спеціалістів “Агропромислове виробництво України – стан та перспективи розвитку”. – Вісник Степу : наук. зб. – Кіровоград : Кіровоградський інститут агропромислового виробництва УААН, 2008. – Вип. 5. – С. 183–188.
17. Голуб Г. А., Гайденко О. М. Машина для ущільнення та пакування субстрату, що використовується для вирощування грибів / Г. А. Голуб, О. М. Гайденко // Аграрна наука – виробництво : наук.-інформ. бюлетень завершених наук. розробок. – К. : УААН. – 2008. – № 3 (45). – С. 28.
18. Патент на винахід 83562 Україна, МПК А 01 F 15/00. Ущільнювач субстрату / Гайденко О. М., Голуб Г. А. ; заявник та власник патенту Кіровоградський інститут агропромислового виробництва УААН. – № а 2006 11216 ; заявл. 24.10.06; опубл. 25.07.08, Бюл. № 14. – 7 с.
19. Основи наукових досліджень. Перші наукові кроки : навч. посіб. для студ. агротехн. спец. / О. М. Васильковський, С. М. Лещенко, К. В. Васильковська, Д.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- I. Петренко. – Харків. 2019. – 164 с. : іл. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/10486>.
- 20.Петренко М. М. Основи наукових досліджень в сільськогосподарському машинобудуванні / М. М. Петренко. – Кіровоград: Кіровоградське державне видавництво, 1997. – 148 с.
- 21.Підручник дослідника : навч. посіб. для студ. агротехн. спец. / О. М. Васильковський, С. М. Лещенко, К. В. Васильковська, Д. І. Петренко. - Кіровоград : Мачулін, 2016. - 204 с. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/2898>.
- 22.Гайденко О. М. Параметри поршневого ущільнювача соломистого субстрату / О. М. Гайденко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодержавний міжвідомчий наук.-тех. зб. – Кіровоград: КНТУ, 2008. – Вип. 38. – С. 73–76.
- 23.Gaydenko O. Efficient use of substratum compressor of piston type / O. Gaydenko // VII International research and technical conference on motorization and energetics in agriculture MOTROL' 2007, Lublin, Poland. – Lublin, 2007. – Т. 9А. – Р. 187–193.
- 24.Охорона праці у сільському господарстві. – ТОВ «ТЕХ МЕДІА ГРУП», 2019 р. URL: https://techmedia.com.ua/sites/default/files/online_version/ECO_SX/files/assets/basic-html/toc.html.
- 25.Єрмаков О.Ю., Організація сільськогосподарського виробництва. Навч. метод. посібник– 2 –ге вид., доп. і перер. - К.: НАУ, 2007. – 266 с.
- 26.Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник - К.: Вища освіта, 2013. – 535с.
- 27.Нелеп В. М. Планування на аграрному підприємстві: Підручник. – 2-ге вид., перероб. та доп. — К.: КНЕУ, 2004. — 495 с.

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ДОДАТКИ

					МВЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Техніко-технологічні та економічні показники роботи вдосконаленого
поршневого ущільнювача субстрату

Показник	Одиниця виміру	Значення	
		Базовий	Новий
Продуктивність	кг/год.	714	896
Швидкість розвантаження мішків	міш./год.	43	54
Швидкість упаковки мішків	с/міш.	84	67
Діаметр мішка	м	0,3	
Висота мішка	м	0,6	
Маса мішка	кг	16-17	
Щільність субстрату в мішку	кг/м ³	370-400	
Маса партії виготовленого субстрату	т	10	
Кількість упакованих мішків	шт.	602	
Чистий час розвантаження	год.	17	9
Технологічні перерви	год.	3	5
Загальний час розвантаження	год.	20	14
Кількість працюючих	чол.	5	5
Затрати праці	люд-год.	100	70
Споживана потужність електродвигуна	кВт	1,5	

Економічна ефективність використання у виробництві поршневого
ущільнювача субстрату

Для визначення економічної ефективності виробництва субстрату для вирощування гливи за основу для розрахунку приймали об'єм субстрату, який виготовляється за один технологічний цикл роботи пастеризаційної камери, що становить 10 т. При цьому проводили порівняння отриманих значень собівартості виготовленого субстрату при ущільненні і запакуванні його в поліетиленові мішки із застосуванням базового поршневого ущільнювача та поршневого ущільнювача вдосконаленої конструкції. Для оцінки економічної ефективності використовували загальновідомі формули та методичні рекомендації [25-27]:

$$\Delta E = E_B - E_H = 5669,6 - 4014,9 = 1654,7 \text{ грн.},$$

де ΔE – економія експлуатаційних витрат при роботі ущільнювача порівняно з базовим варіантом, грн.;

E_H – витрати на ущільнення та пакування субстрату з застосуванням вдосконаленої конструкції поршневого ущільнювача, грн.;

E_B – витрати на ущільнення та пакування субстрату із застосуванням базової конструкції поршневого ущільнювача, грн.

Калькуляцію витрат на ущільнення та пакування 10 т субстрату з застосуванням вдосконаленої конструкції поршневого ущільнювача проводили за формулою:

$$E_H = B_E + B_{APT} + Z_{OP},$$

де E_H – сукупні витрати на ущільнення та пакування субстрату, грн.;

B_E – вартість електроенергії, використаної для забезпечення роботи електроспоживачів, грн.;

B_{APT} – амортизаційні відрахування та ремонт і технічне обслуговування поршневого ущільнювача, грн.;

Z_{OP} – затрати на оплату праці з нарахуваннями працівників при пакуванні субстрату, грн.

Проводимо відповідні розрахунки:

- для базового поршневого ущільнювача:

$$E_{HB} = B_E + B_{APT} + Z_{OP} = 72,68 + 163,2 + 5433,7 = 5669,6 \text{ грн.}$$

- для вдосконаленого поршневого ущільнювача:

$$E_{HH} = B_E + B_{APT} + Z_{OP} = 38,48 + 172,8 + 3803,59 = 4014,9 \text{ грн.}$$

Вартість електроенергії, яка витрачається на роботу машин та механізмів, задіяних при виробництві субстрату (електродвигуни ущільнювача соломи, гідравлічної станції ущільнювача та ін.) розраховували за формулою:

$$B_E = T_E \sum_{i=1}^n P_{Ei},$$

де T_E – середньорічна вартість електроенергії, грн./кВт год.;

$$T_E = 2,85 \text{ грн./кВт год.}$$

P_{Ei} – витрата електроенергії на виконання i -ї технологічної операції, яка має місце при виробництві субстрату, кВт год.

$$P_{EB} = 25,5 \text{ кВт год.}; P_{EH} = 13,5 \text{ кВт год.}$$

Проводимо відповідні розрахунки:

- для базового поршневого ущільнювача:

$$B_{EB} = T_E \sum_{i=1}^n P_{EB} = 2,85 \times 25,5 = 72,68 \text{ грн.}$$

- для вдосконаленого поршневого ущільнювача:

$$B_{EH} = T_E \sum_{i=1}^n P_{EH} = 2,85 \times 13,5 = 38,48 \text{ грн.}$$

Вартість сукупних витрат на амортизаційні відрахування, ремонт приміщень та технічне обслуговування машин, механізмів, які використовуються при виробництві субстрату розраховували за формулою:

$$B_{APT} = a \sum_{i=1}^n n_i K_i ,$$

де a – норматив відрахувань на введення будівельних конструкцій, машин та механізмів в експлуатацію, відн. од.; $a = 0,04$ відн. од.;

n_i – норматив відрахувань по i -му компоненту капіталовкладень на будівельні конструкції та машини й механізми, відн. од.; $n_i = 0,12$ відн. од.

K_i – вартість i -го компоненту капіталовкладень, грн.

$$K_B = 34000 \text{ грн.}; K_H = 36000 \text{ грн.}$$

Проводимо відповідні розрахунки:

- для базового поршневого ущільнювача:

$$B_{APTB} = a \sum_{i=1}^n n_i K_i = 0,04 \times 0,12 \times 34000 = 163,2 \text{ грн.}$$

- для вдосконаленого поршневого ущільнювача:

$$B_{APTH} = a \sum_{i=1}^n n_i K_i = 0,04 \times 0,12 \times 36000 = 172,8 \text{ грн.}$$

Затрати на оплату праці з нарахуваннями при виробництві субстрату розраховували за формулою:

$$З_{оп} = (1 + k_3) З_{п} \sum_{i=1}^n TP_i ,$$

де k_3 – нарахування на заробітну плату, %; $k_3 = 29,76$ %;

$З_{п}$ – тарифна ставка, грн./люд-год.;

TP_i – трудомісткість виконання i -ї технологічної операції по виробництву субстрату, люд-год.

Проводимо відповідні розрахунки:

- для базового поршневого ущільнювача:

$$З_{опб} = (1 + k_3) З_{п} \sum_{i=1}^n TP_i = (1 + 0,2976) \times 41,875 \times 100 = 5433,7 \text{ грн.}$$

- для вдосконаленого поршневого ущільнювача:

$$З_{опн} = (1 + k_3) З_{п} \sum_{i=1}^n TP_i = (1 + 0,2976) \times 41,875 \times 70 = 3803,59 \text{ грн.}$$

Звідки тарифну ставку визначали за формулою:

$$З_{п} = \frac{З_{п(ср)}}{\Phi_M} ,$$

де $З_{п(ср)}$ – мінімальна середньомісячна заробітна плата по Україні з 1.10.2022 р. , грн.; $З_{п(ср)} = 6700$ грн.;

Φ_M – місячний фонд робочого часу, год.; $\Phi_M = 160$ год.

$$З_{п} = \frac{З_{п(ср)}}{\Phi_M} = \frac{6700}{160} = 41,875 \text{ грн./люд-год.}$$

Окупність витрат на придбання ущільнювача, для виробництва субстрату визначали за формулою, модифікованою для нашого дослідю:

$$T_0 = \frac{K}{\Delta E + \Pi_{\Gamma}},$$

де T_0 – термін окупності вдосконаленої конструкції поршневого ущільнювача, місяців;

K – капітальні вкладення на придбання вдосконаленої конструкції поршневого ущільнювача, грн.; $K = 36000$ грн.;

Π_{Γ} – приріст виготовленої продукції (збільшення урожайності грибів), грн.; $\Pi_{\Gamma} = 24000$ грн.

Проводимо відповідні розрахунки:

$$T_0 = \frac{K}{\Delta E + \Pi_{\Gamma}} = \frac{36000}{1654,7 + 24000} = 1,4 \text{ роки.}$$

Розрахунковий термін окупності вдосконаленого поршневого ущільнювача становить 1,4 роки.

Техніко-технологічні та економічні показники ефективності використання вдосконалених засобів механізації при виробництві субстрату для вирощування гливи приведені в таблиці.

Таблиця – Техніко-економічна ефективність використання поршневого ущільнювача субстрату

Показник	Одиниця виміру	Значення	
		Базовий	Новий
1	2	3	4
Продуктивність	кг/год.	714	896
Тривалість пакування мішків	с/міш.	84	67
Діаметр/висота мішка	см	30/60	
Маса мішка	кг	16/17	
Щільність субстрату в мішку	кг/м ³	370–400	
Маса партії субстрату	т	10	
Кількість упакованих мішків	шт.	602	
Чистий час пакування мішків	год.	17	9
Технологічні перерви	год.	3	5

Показник	Одиниця виміру	Значення	
		Базовий	Новий
1	2	3	4
Загальний час пакування	год.	20	14
Кількість працюючих	чол.	5	5
Затрати праці	люд-год.	100	70
Споживана потужність електродвигуна	кВт	1,5	
Економічні показники			
Оплата праці разом з нарахуваннями	грн.	5433,7	3803,59
Затрати електроенергії	кВт год.	25,5	13,5
Всього витрат за цикл	грн./цикл	5669,6	4014,9
Економія експлуатаційних витрат	грн.	—	1654,7
Вартість додаткової продукції	грн.	—	24000
Вартість ущільнювача	грн.	35000	36000
Термін окупності ущільнювача	рік	—	1,4

Використання вдосконаленої конструкції поршневого ущільнювача субстрату забезпечує економію експлуатаційних витрат, в першу чергу за рахунок економії витрат оплати праці, збільшення продуктивності роботи, покращення умов праці та ін. в розмірі 1654,7 грн. за рік, а його термін окупності становить 1,4 роки.

Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Инв. № докл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.			
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание									
				Документація											
A1			МВЯ 00.000 СБ	Складальне креслення	1										
				Складальні одиниці											
		1	МВЯ 00.010	Рама	1										
		2	МВЯ 00.020	Вертикальний прес-поршень	1										
		3	МВЯ 00.030	Завантажувальна горловина	1										
		4	МВЯ 00.040	Прес-камера	1										
		5	МВЯ 00.050	Лоток ущільнених блоків	1										
				Деталі											
		6	МВЯ 00.000.406	Вісь	4										
		7	МВЯ 00.000.407	Вісь	2										
		8	МВЯ 00.000.408	Вісь	2										
				Стандартні вироби											
		9		Болт М10Ч30.48.015 ГОСТ7798-70	16										
		10		Гайка М10.5.016 ГОСТ 5915-70	16										
		11		Шайба 10.65Г.019 ГОСТ 6402-70	16										
		12		Шайба 10.02.016 ГОСТ 9649-78	4										
		13		Шайба 20.02.016 ГОСТ 9649-78	4										
		14		Шайба 22.02.016 ГОСТ 9649-78	2										
		16		Шплінт 3,2x20 ГОСТ 397-79	4										
		17		Шплінт 4x32 ГОСТ 397-79	4										
				МВЯ 00.000											
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата									
		Разрад.	Гвардіонов												
		Пров.	Петренко												
		Н.контр.	Мачок												
		Утв.	Лещенко												
							Поршневий ущільнювач-пакувальник субстрата			Лит.		Лист		Листов	
										ЦНТУ, гр. АІ-21М(1,4)					
										Формат А4					

Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					Документація		
A1				МВЯ 00.040.030 СБ	Складальне креслення	1	
					Складальні одиниці		
		1		МВЯ 00.040.030.010	Диск задній	1	
		2		МВЯ 00.040.030.020	Диск передній	1	
					Деталі		
		3		МВЯ 00.040.030.403	Втулка	4	
		4		МВЯ 00.040.030.604	Ролик	8	
		5		МВЯ 00.040.030.605	Вісь	8	
					Стандартні вироби		
		6			Болт М12х30.48.015 ГОСТ7798-70	4	
		7			Гайка М12.5.016 ГОСТ 5915-70	4	
		8			Шайба 12.65Г.019 ГОСТ 6402-70	4	
		9			Шплінт 3,2х20 ГОСТ 397-79	8	
		</					

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Механізація вирощування ячменю з
обґрунтуванням параметрів поршневого
ущільнювача субстрату»

Виконав здобувач вищої освіти
групи AI-21M(1,4)
Гвардіонов Андрій Євгенович

Керівник проекту
доц. Дмитро ПЕТРЕНКО

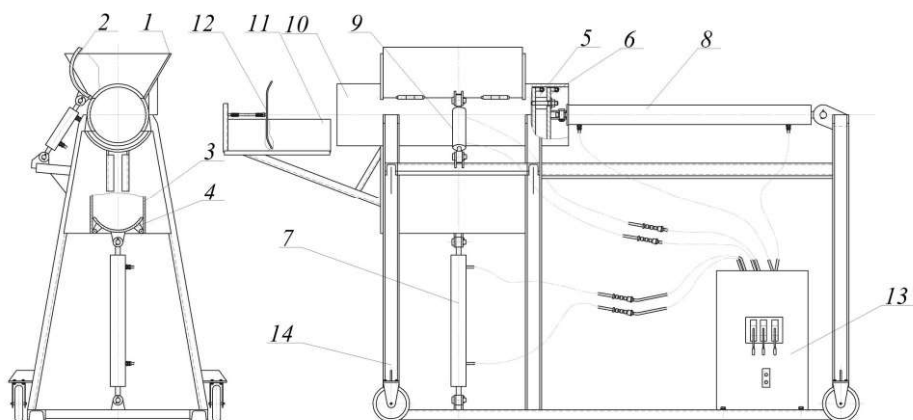
MBA 000000 TU

[illegible][illegible]

Методика проведення експериментальних досліджень

Рівні варіювання досліджуваних факторів при випробуванні ущільнювача-пакувальника. Критерій оптимізації - питома енергомисткість процесу ущільнення та пакування субстрату A (кВт·год/т)

№ з/п	Найменування фактора, одиниця виміру	Позначення фактора	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
			-1	0	+1	
1	Максимальне зусилля протидії руху субстрату у горизонтальному напрямку, Н	$F_{пр}$	0	50	100	50
2	Час утримання матеріалу, с	t	0	10	20	10
3	Маса порції завантаженого матеріалу, кг	$M_{п}$	10	15	20	5



Поршневий ущільнювач-пакувальник субстрату:

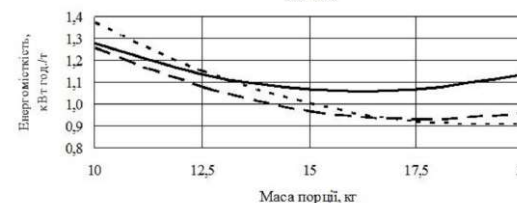
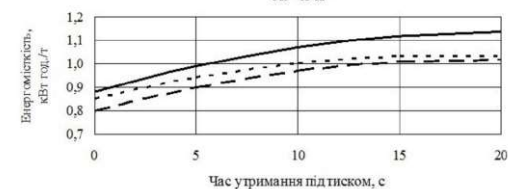
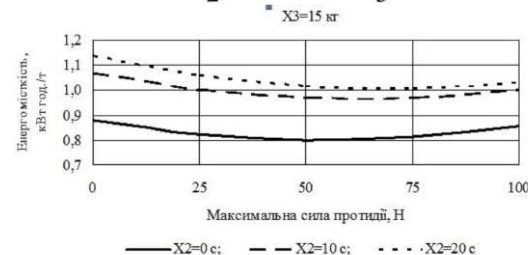
- 1 - завантажувальний бункер; 2 - клапан вертикальної камери; 3 - вертикальна (приймальна) камера; 4 - вертикальний прес-поршень; 5 - горизонтальна камера; 6 - горизонтальний прес-поршень; 7 - гідроциліндр вертикального прес-поршня; 8 - гідроциліндр горизонтального прес-поршня; 9 - гідроциліндр клапана вертикальної камери; 10 - вивантажувальне вікно; 11 - лоток ущільнених блоків; 12 - підпорний пристрій; 13 - гідравлічна станція; 14 - рама.



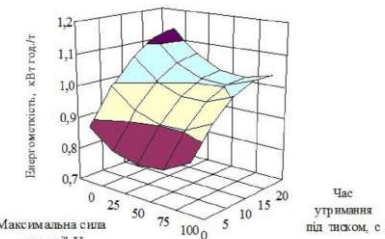
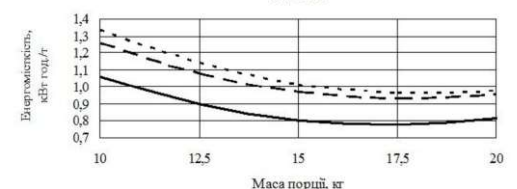
МВЯ 00.002 НЧ			
Методика проведення експериментальних досліджень			
№ з/п	Фактор	Варіювання	Результат
1	Максимальне зусилля протидії руху субстрату у горизонтальному напрямку, Н	0, 50, 100	
2	Час утримання матеріалу, с	0, 10, 20	
3	Маса порції завантаженого матеріалу, кг	10, 15, 20	

Результати експериментальних досліджень

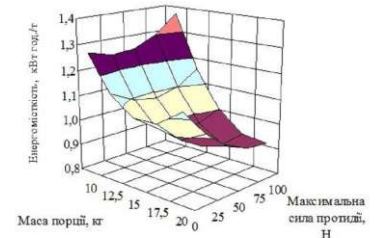
$$A = 0,970 - 0,033x_1 + 0,108x_2 - 0,15x_3 + 0,066x_1^2 - 0,061x_2^2 + 0,139x_3^2 - 0,019x_1x_2 - 0,081x_1x_3 - 0,029x_2x_3$$



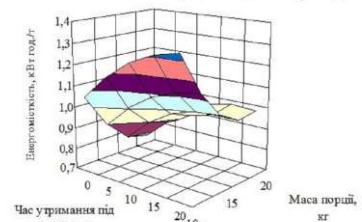
■ $X_1=50$ Н



Залежність питомої енергомисткості ущільнення від сили підпору та тривалості утримання матеріалу під тиском

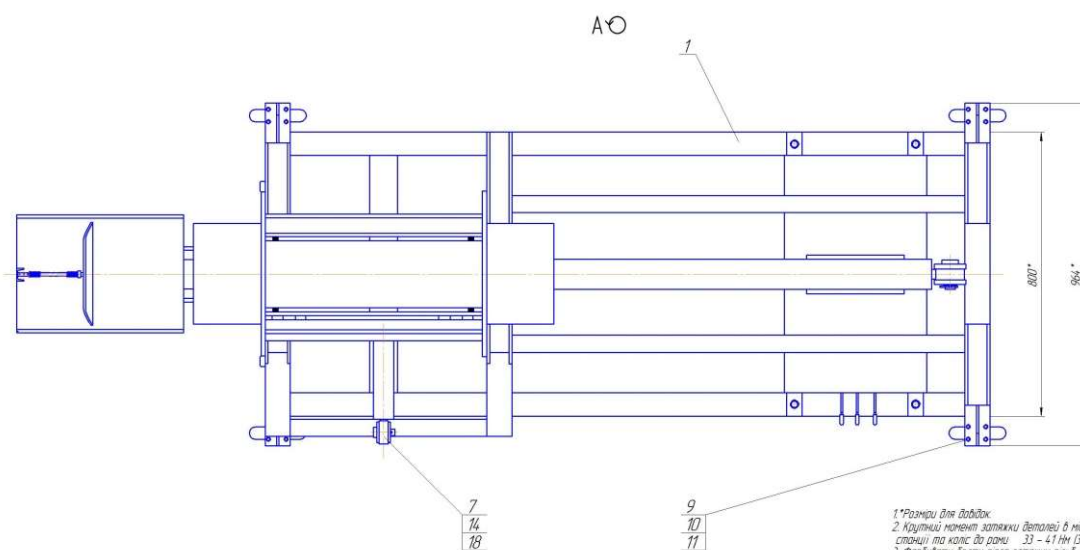
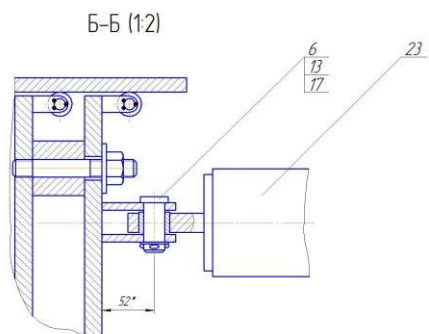
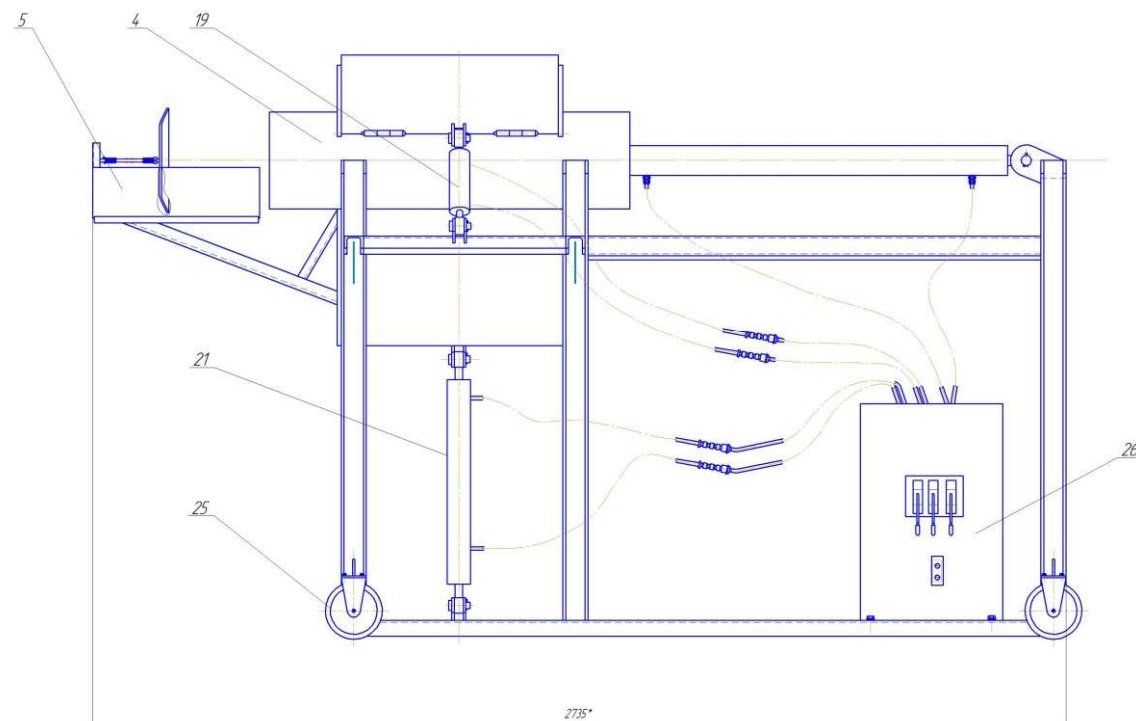


Залежність питомої енергомисткості ущільнення від сили підпору та маси завантаженої порції субстрату



Залежність питомої енергомисткості процесу ущільнення від часу утримання матеріалу під тиском та маси порції завантаженого субстрату

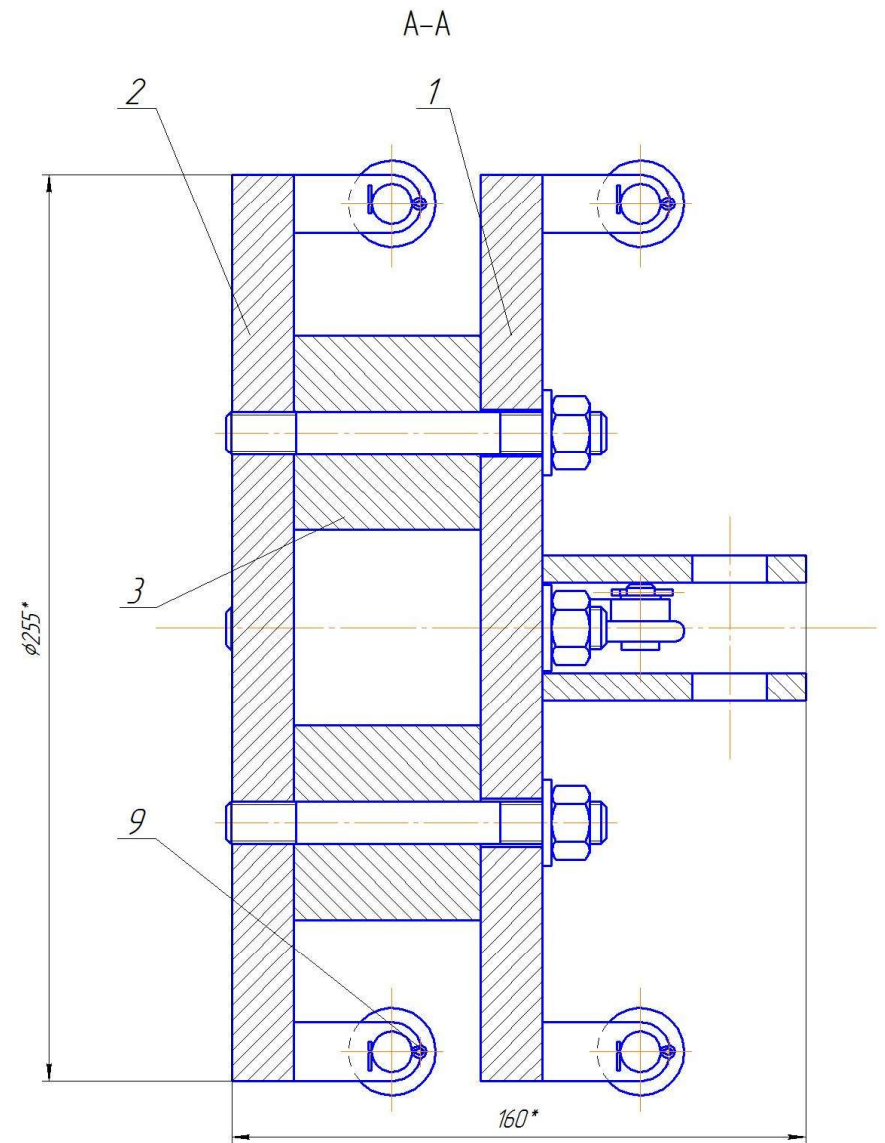
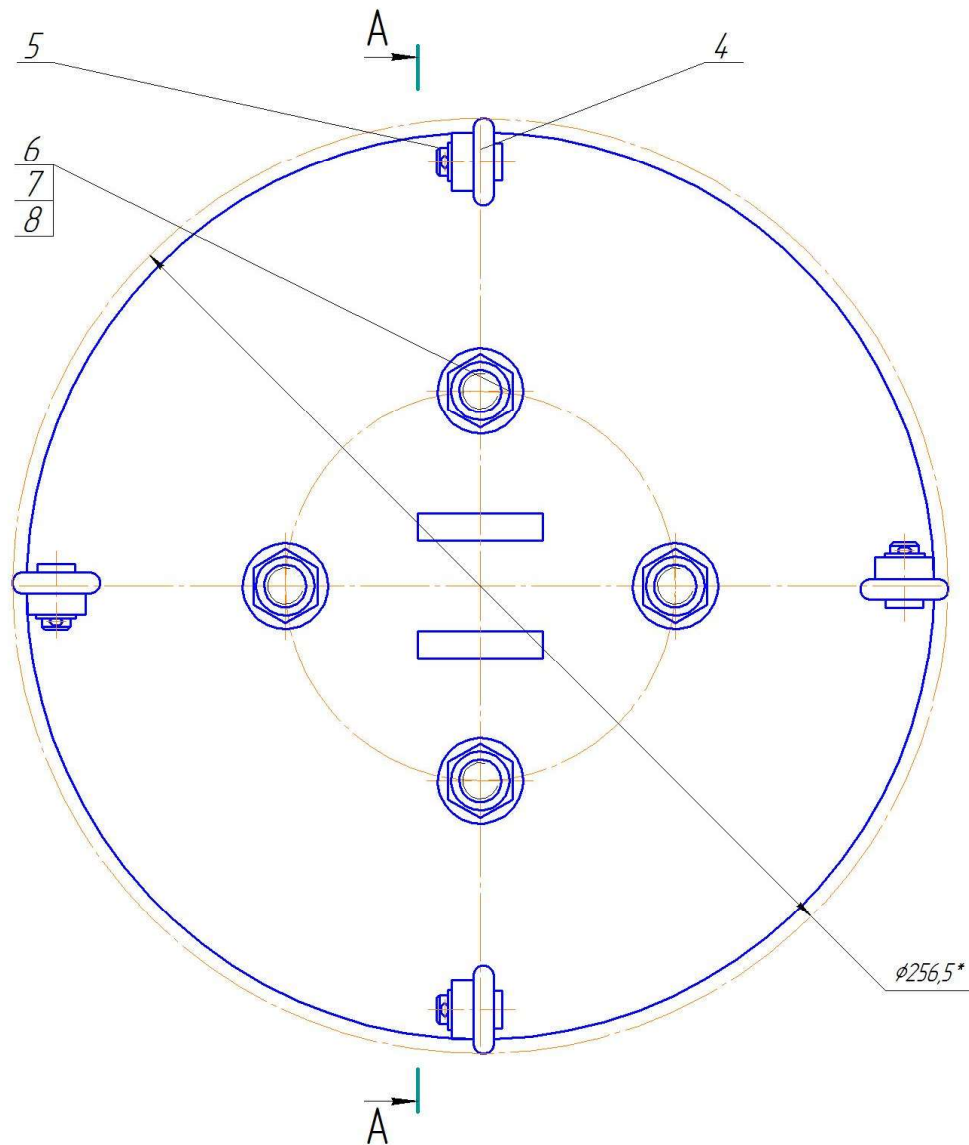
МВЯ 00.003 НЧ			
Результати експериментальних досліджень			
№ з/п	Фактор	Варіювання	Результат
1	Максимальне зусилля протидії руху субстрату у горизонтальному напрямку, Н	0, 50, 100	
2	Час утримання матеріалу, с	0, 10, 20	
3	Маса порції завантаженого матеріалу, кг	10, 15, 20	



1. *Розміри для двійдок;
2. Крутний момент затяжки деталей в місцях кріплення гідравлічної станції та коліс до рами 33 – 41 Нм (3 – 4 кгс);
3. Фабрикувати болти після затяжки різьб.
4. Звернувати тиск в шинях 2,0 МПа.

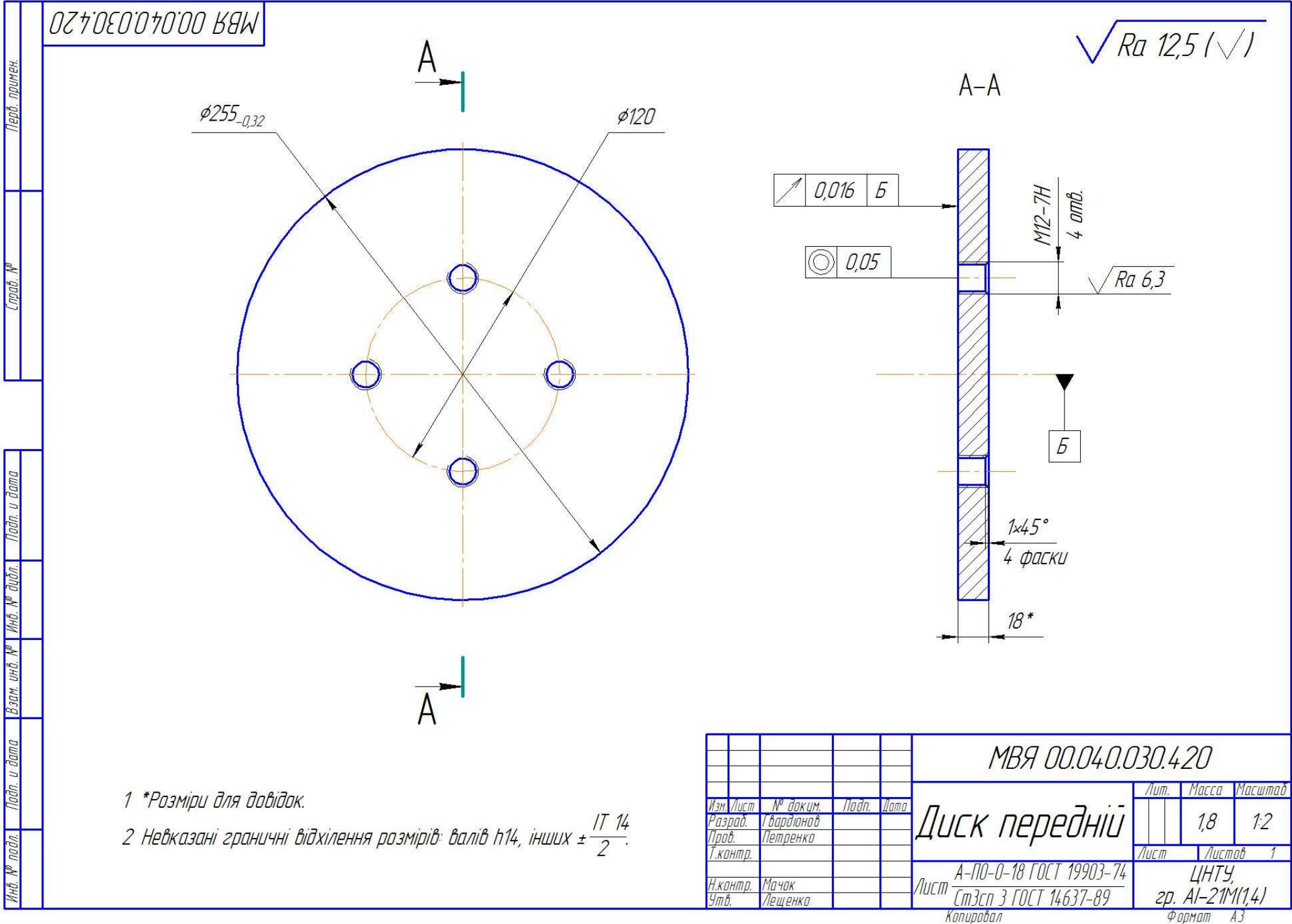
					МВЯ 00.000.05			
Дл. Апп.	У. Аппар.	Аппар.	МВЯ	Параметры				
Разреш.	Горизонт.			уш/мем/покуп/ушник				
Формат.	Полнота.			суд/страта				
Длина.	Аппар.							
Скорость.	Длина.			-				
				ИЗУС по А-21М(У)				

МВЯ 00.040.030 СБ



- 1.*Разміри для довідок.
2. Деталь поз. 5 після збирання повинна обертатись вільно від руки.

МВЯ 00.040.030 СБ					
Зм.	Арх.	№ док.	Підпис	Дата	
Розроб.	Головний				
Перевір.	Натягнуто				
Т.контр.					
Н.контр.	Мачок				
Затверд.	Грищенко				
Поршень					Літера
					Маса
-					Масшт.
					9,7
					1:1
					Архив
					ЦНТУ
					ар. АІ-21М(14)
					Формат А2



Формат А3