

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
Зав. кафедрою СГМ
д.т.н., професор
_____ Микола СВІРЕНЬ
“ ____ ” _____ 2020 р.

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

Механізація вирощування цукрових буряків з обґрунтуванням
конструкції пневмомеханічного висівного апарата

Виконав здобувач вищої освіти __П__ курсу,
групи АІ-19М-1,4
ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
_____ Ніконоров Сергій Олександрович
« ____ » _____ 2020 р.

Керівник проекту
доцент, канд. техн. наук
_____ Дмитро ПЕТРЕНКО
« ____ » _____ 2020 р.
Рецензент _____

Кропивницький

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки		
				<u>Документація загальна</u>				
				<u>Заново розроблена</u>				
A4			МВБ 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка				
				<u>Документація по</u>				
				<u>технологічній частині</u>				
				<u>Заново розроблена</u>				
A1			МВБ 00.000 ТЧ	Операційна карта	1			
				<u>Документація</u>				
				<u>по складальних одиницях</u>				
				<u>Заново розроблена</u>				
A1			МВБ 00.020 СБ	Висівний апарат	1			
A3			МВБ 00.020.003 СБ	Диск в зборі	1			
					МВБ 00.000 ВП			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Ніконоров				Відомість роботи	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Петренко							
Н. контр.	Осипов					ЦНТУ, гр. АІ-19М-1,4		
Затвердив	Свірень							

[illegible]

Зміст

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

1. Вступ

На сьогоднішній день розвиток світового сільськогосподарського виробництва вийшов на новий виток розвитку – застосування логістичних підходів до виробництва з застосуванням інтелектуальних систем прогнозування врожайності і забезпечення гарантованого отримання запланованого врожаю. Період комплексної механізації виробничих процесів в землеробстві змінився автоматизацією, а в деяких випадках і роботизацією.

Ці комплексні підходи вимагають пошук і впровадження нових технологічних рішень при вирощуванні сільськогосподарських культур, запровадження технічних систем, що забезпечать надійне, якісне та екологічно безпечне виконання всіх агротехнологічних операцій в обумовлені строки.

Серед всіх агротехнологічних операцій найбільш вагоме місце з позицій забезпечення прогнозованої врожайності займає операція посіву, оскільки від неї залежать рівномірність і якість сходів, терміни і можливість виконання післясходових операцій по догляду та збирання врожаю. Тому наукова проблема забезпечення якості роботи посівних систем й на сьогодні залишається актуальною і важливою. Серед задач, які ставляться до посівних систем – точність дозування, відсутність травмування насіння, універсальні можливості відносно різноманіття культур і пов'язаний з цим великий діапазон норм висіву, забезпечення заробки насіння на необхідну глибину з відповідним міжряддям.

Під час виконання магістерської роботи буде проведено обґрунтування агротехнологічних прийомів вирощування цукрових буряків з більш детальною розробкою операції їх посіву та дослідженням роботи посівної системи пневмомеханічного типу.

					МВБ 00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Ніконоров				Пояснювальна записка ЦНТУ, гр. АІ-19М-1,4		
Перевір.	Петренко						
Н.контр.	Осипов						
Затв.	Свірень						

2. Технологічна частина

2.1. Обґрунтування агротехніки вирощування цукрових буряків

Сучасні системи землеробства вимагають при вирощуванні цукрових буряків дотримуватись розроблених і затверджених технологічних карт на вирощування, що регламентують строки виконання операцій, обсяги робіт, системи удобрення, технічне та кадрове забезпечення, нормативні витрати матеріалів та ін.

Для вирощування цукрових буряків згідно завдання приймемо восьмипільну сівозміну, посівна площа становить 80 га, прогнозована врожайність – 37 т/га, попередником є озима пшениця, що є одним з найкращих варіантів при прийнятій системі землеробства [1-4]. Після збирання пшениці стерню (солому) рекомендовано використати як мульчу при заробці в ґрунт одночасно із стартовою дозою мінеральних азотних добрив складу N_{40} , що компенсують недостатню кількість органічних добрив [1-4].

Як і для всіх сільськогосподарських культур, передумовами для отримання запланованого врожаю цукрових буряків є підготовка ґрунту до посіву, що включає обробку після попередника, основний обробіток та підготовка поля до посіву (суцільний культиваторний обробіток та боронування).

Традиційним способом обробки поля після попередника – озимої пшениці, є лущення стерні дисковими агрегатами. В якості робочих органів рекомендовано використати важкі дискові борони або ж лущильники [4-6].

Подальшим елементом сучасних агротехнологій є внесення «стартових» доз добрив, які повинні забезпечити отримання запланованого врожаю [4, 5, 8]. Даний технологічний прийом застосовують під основний обробіток ґрунту, при цьому обов'язковим є проведення агрохімічного обстеження ґрунтів. З врахуванням сучасних інтелектуалізованих технологій вирощування стан ґрунтів обов'язково повинен мати локалізований характер, тобто за чітко визначеними географічно-топологічними прив'язками місцевості.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, на зазначеній площі під майбутній врожай цукрових буряків рекомендовано внести органічні добрива в кількості 30 т/га. Тоді, щоб збалансувати вміст основних поживних елементів, необхідно вводити локалізовано мінеральні добрива по елементах живлення в співвідношенні N-1, P-0,8, K-0,8 [2, 5, 8]. В період вегетації посіви цукрових буряків потребують позакореневого підживлення азотними добривами з нормою 20 кг/га, а також елементи живлення на хелатній основі, що містять мікроелементи B, Na, Mg, Mn, Cu, Zn з розрахунку 3 кг/га [4, 5, 8].

В деяких випадках проводиться агрохімічне обстеження ґрунтів на предмет необхідності проведення їх розкислення, для чого рекомендовано ввести дефека́т в необхідній кількості, що є продуктом виробництва на цукрових заводах [5].

З метою перенесення добрив в орний горизонт глибиною 25-30 см, зароблення поживних решток з їх подальшою мінералізацією, а також утворення відповідного агрегатного складу ґрунту агротехніка вирощування цукрових буряків передбачає проведення глибокої оранки плугами. Дана технологічна операція сприяє накопиченню поживних елементів на глибині 40-45 см, які коренева система буряків може споживати у вигляді резерву за необхідності.

Наступними технологічними операціями передбачено створення сприятливих польових умов для посіву. Так поверхня поля вирівнюється шляхом боронування, наприклад дисковими знаряддями, з подальшою обробкою комбінованими робочими органами на глибину залягання насіння буряків. Задача підготовки ґрунту до посіву – створення відповідних волого-повітряних умов верхніх шарів ґрунту глибиною 15 см та забезпечення відповідних умов для зменшення «запливання» ґрунтів і покращення росту коренеплодів [1, 2, 4].

За необхідності, підготовка до сівби також включає внесення ґрунтових гербіцидів, що має на меті знищення бур'янів. При цьому заробку гербіцидів виконують одночасно з вирівнюванням поверхні поля, підтягуванням капілярної вологи до верхніх шарів (до глибини зароблення насіння) та закриттям вологи комбінованими робочими органами ґрунтообробних агрегатів [2].

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операцію посіву цукрових буряків виконують в період фізіологічного дозрівання ґрунту, що забезпечує максимальне використання вологи насінням [2, 3, 10]. Строки посівів регламентовані агротехнічними вимогами і не повинні перевищувати на одному полі двох днів, що сприятиме одночасному проростанню рослин та, відповідно, вирівняності сходів, а також забезпечить якісне проведення операцій по догляду за посівами.

Для посіву цукрових буряків використовують як спеціальні бурякові сівалки типу ССТ-12, так і універсальні просапні сівалки з пневмомеханічними висівними апаратами. Технологічні умови висіву наступні: норма висіву становить 1,35-1,45 посівних одиниць, оптимальна глибина заробки насіння 2-3 см. Обов'язковим технологічним прийомом є прикочування посівів, що забезпечує більш продуктивне використання вологи насінням. За умов посухи, що характеризується недостатньою кількістю вологи, рекомендовано глибину заробки насіння збільшити до 3-4 см [7].

В умовах недотримання оптимальних сівозмін, або неправильно вибраного попередника можливе ушкодження насіння шкідниками. В цих випадках необхідно внести одночасно з посівом інсектицидів, або ж використати обробку насіння перед посівом – дражування необхідними мікроелементами та засобами захисту від ґрунтових і наземних шкідників. Оскільки посів визначає якість проведення подальших технологічних операцій, то, зокрема є створення насінневої борозни, яка б забезпечувала максимальне забезпечення насіння вологою, що буде гарантувати найбільш оптимальний вологістний режим та гарантуватиме появу дружніх сходів.

Наступними технологічними прийомами є захист посівів від бур'янів, шкідників і хвороб, а також забезпечення необхідного повітряно-вологісного режиму. Серед методів боротьби з бур'янами останніми десятиліттями мають перевагу хімічні методи, а саме застосування гербіцидів. За результатами досліджень при появі дводольних бур'янів рекомендовано провести внесення гербіцидів типу Бетанал з повторним, протягом 7-8 днів, проведенням другого обробітку посівів гербіцидами тієї ж групи бетаналів або аналогічними, що

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

містять і протизлакові гербіциди. Наступні обробки потребують комбінації протидводольних гербіцидів з інсектицидами проти попелиці, а також обробку фунгіцидами. Також бажано використати комплексні добрива, що містять мікроелементи для позакореневого підживлення посівів цукрових буряків [1, 2, 4, 10]. Залежно від стану посівів догляд за ними також потребує застосування і механічних засобів боротьби з бур'янами та забезпечення необхідного агрегатного стану ґрунту, що забезпечує доступ до капілярної вологи, або ж зменшення випаровування вологи з ґрунту і доступ повітря.

Особливістю культивування цукрових буряків для наших умов є загроза втрати листової поверхні цукрових буряків внаслідок хвороб, а також пошкодження шкідниками, тому є актуальною проблема збереження листової поверхні коренеплодів. Науковими дослідженнями [2, 10], як вітчизняних, так і закордонних вчених встановлено, що необхідними елементами, що можуть попередити старіння листя цукрових буряків, а також підтримати його асиміляційну діяльність є мінерали К, В, Р, Мп. Натомість, використання рослин на утворення нового листя може призвести до зниження вмісту цукрів в коренеплодах, відповідно погіршується їх вихід при переробці.

Збирання цукрових буряків проводиться за чіткими графіками з метою забезпечення заводу сировиною і ненакопичення великої кількості цукрових буряків на кагатному полі, зокрема, у вересні. Графік збирання і вивезення цукрових буряків, виходячи з виробничої потужності заводу, розроблений з такою умовою, щоб на бурякопункті був 3-х добовий запас сировини і ще на дві доби роботи заводу була викопана необхідна кількість коренів і закагатована на полях. Для збирання використовуються комбайни КС-6Б-10 «Тернопіль» та KRBS фірми Holmer.

Проаналізувавши технологічні аспекти вирощування цукрових буряків, досвід передових господарств, нормативні складові організації виробництва сільськогосподарських культур, нами була запропонована технологічна карта, яка враховує рекомендації галузевих науково-дослідних інститутів (рис. 2.1).

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- відхилення заданої глибини заробки насіння і добрив $\pm 15 \%$,
- відхилення від запланованої норми висіву насіння $\pm 3 \%$, добрив $\pm 10 \%$;
- нерівномірність висівання окремими висівними системами допускається в межах: для насіння $\pm 3 \%$, для добрив $\pm 10 \%$;
- відхилення на стику у міжряддях суміжних сівалок ± 2 см, відносно суміжних проходів ± 5 см.
- огріхів і незасіяних поворотних смуг не повинно бути.

На засіяному полі, за необхідності, проводять накочування кільчасто-шпоровими котками.

У відповідності до завдання з метою оптимізації витрат та якісного проведення операції посіву цукрових буряків згідно з рекомендаціями [11, 12] проведемо технологічний розрахунок роботи агрегату, який характеризується наступними умовами.

Показник	Значення показника
Сільськогосподарська операція	Посів насіння цукрового буряку
Марка енергетичного засобу	Трактор МТЗ-82
Марка машини	Універсальна пневматична сівалка УПС-8
Довжина гонів, L м	900
Фон поля	Під посів
Кут підйому, %	5

Перед початком роботи необхідно підготувати агрегат до посіву, що включає проведення обслуговування трактора і сівалки, складання агрегату, налаштування з опробуванням спочатку на майданчику, а потім в роботі.

Найбільш відповідальним є встановлення числа машин при комплектуванні агрегату з метою найбільш повного і раціонального завантаження енергетичного засобу. При цьому, при складанні агрегату необхідно врахувати, що його продуктивність повинна відповідати вимогам одnodенної роботи посівного комплексу на конкретному полі.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перед роботою в полі сівалки встановлюють на рівній поверхні або спеціальному регульовальному майданчику, де проводять перевірку комплектності, точності установки робочих органів, технічного стану висівних систем, сошників, насіннєпроводів, приводу, механізмів приєднання до енергетичного засобу, захисних пристроїв.

На майданчику проводять регулювання посівних секцій на відповідну норму висіву насіння і добрив, а також глибину загортання сошників.

1. Відповідно до марки енергетичного засобу швидкісні характеристики (V_m) передач та відповідні їм значення номінального тягового зусилля на гаку становлять:

$$V_m^{IV} = 6.92 \text{ км/год} \quad V_m^V = 8.19 \text{ км/год}$$

$$P_{\text{н.гак}}^{IV} = 14.0 \text{ кН} \quad P_{\text{н.гак}}^V = 11.5 \text{ кН}$$

2. Наступним етапом є встановлення максимальної ширини захвату посівного комплексу на відповідних передачах за формулою [11, 12]:

$$B_{\text{max}} = \frac{P_{\text{гак}}}{K_o^v + R_i}$$

Величина питомого опору K_o^v (кН/м) на відповідній передачі буде становити

$$K_o^v = K_o[1 + \Pi(V_p - V_o)],$$

де K_o – номінальний питомий опір ґрунту посівного комплексу для швидкості $V_o = 5$ км/год, ($K_o = 1,1 \dots 1,6$ кН/м) [табл. 15, 11];

Π – коефіцієнт зростання питомого опору на 1 км/год, ($\Pi = 1,0 \dots 1,5\%$);

V_p – швидкість посівного комплексу на відповідній передачі, км/год.

$$V_p = V_m(1 - \frac{\delta}{100})$$

де V_m – номінальна паспортна швидкість енергетичного засобу на відповідній передачі, км/год

δ – коефіцієнт буксування ($\delta = 6 \dots 20\%$) [табл. 5, 11].

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже,

$$V_p^{IV} = 6,92 \left(1 - \frac{20}{100} \right) = 5,5 \text{ км/год}$$

$$V_p^V = 8,19 \left(1 - \frac{20}{100} \right) = 6,5 \text{ км/год}$$

Тоді:

$$K_o^{IV} = 1,5 \left(1 + 0,015(5,5 - 5) \right) = 1,5 \text{ кН/м}$$

$$K_o^V = 1,5 \left(1 + 0,015(6,5 - 5) \right) = 1,53 \text{ кН/м}$$

При русі посівного комплексу на підйом виникає додатковий опір (кН/м), який становить:

$$R_i = \frac{G_m}{B_k} i$$

де G_m – вага заповненої насінням і добривами посівної машини ($G_m = 31,5$ кН);

B_k – конструктивна ширина захвату посівної машини, ($B_k = 5,6$ м).

Отже:

$$R_i = \frac{31,5}{5,6} \cdot 0,05 = 0,28 \text{ кН/м}$$

Таким чином, максимально можлива ширина захвату посівного комплексу на відповідній передачі енергетичного засобу становить:

$$B_{\max}^{IV} = \frac{14}{1,5 + 0,28} = 7,9 \text{ м}$$

$$B_{\max}^V = \frac{11,5}{1,53 + 0,28} = 6,5 \text{ м}$$

3. Зважаючи на максимально можливу ширину захвату визначимо кількість сівалок в агрегаті:

$$n_c = \frac{B_{\max}}{B_k}$$

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_c^{IV} = \frac{7.9}{5.6} = 1.4 - \text{приймаємо 1 сівалку};$$

$$n_c^V = \frac{6.5}{5.6} = 1.2 - \text{приймаємо 1 сівалку}.$$

4. Тяговий опір посівної секції становить [11, 12]:

$$R_{\text{агр}} = (K_o^v) B_k n_c + R_{\text{зч}}$$

$$R_{\text{агр}}^{IV} = (1.5) 5.6 \cdot 1 + 1.3 = 9,7 \text{ кН}$$

$$R_{\text{агр}}^V = (1.53) 5.6 \cdot 1 + 1.3 = 9,9 \text{ кН}$$

5. Ступінь завантаження корисної потужності енергетичного засобу визначається коефіцієнтом використання тягового зусилля [11, 12]:

$$\eta = \frac{R_{\text{агр}}}{P_{\text{гак}}}$$

$$\eta_{\text{тз}}^{IV} = \frac{9,7}{14} = 0,7$$

$$\eta_{\text{тз}}^V = \frac{9,9}{11.5} = 0,9$$

Тобто можемо констатувати, що на п'ятій передачі спостерігається більш повне використання тягового зусилля, а значить більш раціональне завантаження енергетичного засобу.

6. Наступним важливим показником технологічного процесу посіву є змінна продуктивність сівалочного комплексу, яка становить, га/зм [11, 12]:

$$W_{\text{зм}} = 0.1 B_p V_p T_p$$

де B_p – значення робочої ширини захвату, м:

$$B_p = B_k \beta$$

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де β – коефіцієнт, що характеризує ступінь використання конструктивної ширини сівалки ($\beta = 1,0$) [табл. 13, 11]

$$B_p = 5,6 \cdot 1,0 = 5,6 \text{ м.}$$

V_p – робоча швидкість на відповідній передачі, км/год;

T_p – робочий час зміни, год:

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, год ($T_{зм} = 7$ год);

τ – коефіцієнт, що характеризує ступінь використання часу зміни ($\tau = 0,82$) [12]:

$$T_p = 7 \cdot 0,82 = 5,74 \text{ год.}$$

Змінна продуктивність:

$$W_{зм}^{IV} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 5,5 \cdot 5,74 = 17,7 \text{ га/зм}$$

$$W_{зм}^V = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 6,5 \cdot 5,74 = 20,9 \text{ га/зм}$$

Як бачимо, за рахунок більшої швидкості при роботі посівного комплексу продуктивність його теж більша на п'ятій передачі.

7. Наступним етапом є розрахунок питомих витрат палива при роботі на різних передачах, кг/га [11, 12]:

$$Q_{га} = \frac{Q_{зм}}{W_{зм}}$$

де $Q_{зм}$ – приведені витрати палива на посіві за зміну, кг;

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де Q_p , Q_x , Q_z – відповідно годинні витрати палива, що використовуються під час виконання корисної роботи, холостих ходах і при зупинках агрегату з працюючим двигуном, кг/год [11, 12];

$$T_x = T_z = \frac{7 - 5,74}{2} = 0,63 \text{ год}$$

При $\eta_{тз}^{IV} = 0,98$; $Q_p = 16,7$ кг/год; $Q_x = 11,4$ кг/год; $Q_z = 2$ кг/год; [табл. 25, 11].

а при $\eta_{тз}^V = 0,56$; $Q_p = 15,0$ кг/год; $Q_x = 9,0$ кг/год; $Q_z = 2$ кг/год; [табл. 25, 11].

Тоді витрати палива на 1 га:

$$Q_{га}^{IV} = \frac{16,7 \cdot 5,74 + 11,4 \cdot 0,63 + 2 \cdot 0,63}{17,7} = 5,9 \text{ кг/га}$$

$$Q_{га}^V = \frac{15,5 \cdot 5,74 + 9,0 \cdot 0,63 + 2 \cdot 0,63}{20,9} = 4,6 \text{ кг/га}$$

Таким чином спостерігаємо, що питомі витрати палива при проведенні посіву сівалкою УПС-8 менші на 5 передачі трактора МТЗ-80.

8. Далі необхідно виконати налаштування посівного комплексу, зокрема встановити величини вильотів маркерів.

Традиційно посівні комплекси обладнанні двома маркерами – лівим і правим, які, залежно від типу водіння агрегату можуть мати як однакову величину вильоту (водіння по центру трактора), так і різну (водіння по правому колесу).

Загалом для визначення вильоту маркера використовують залежність:

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_m = \frac{B_p \pm \text{III} \pm A}{2}$$

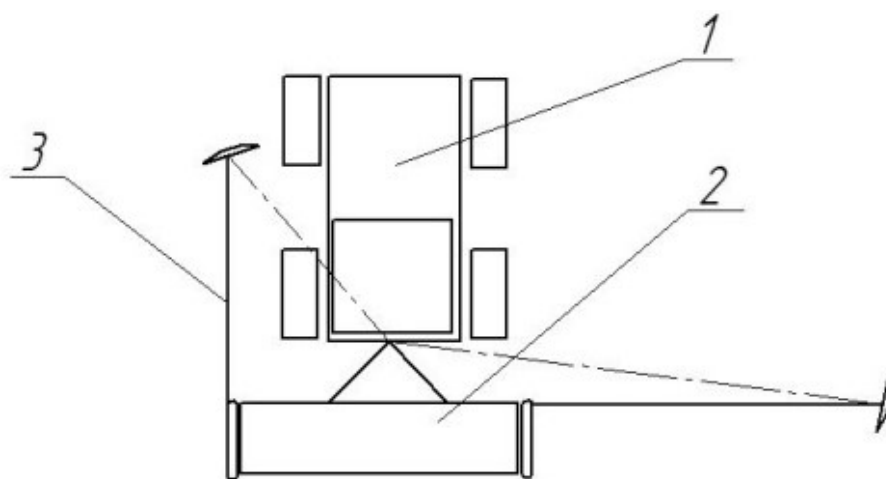
де III – ширина міжрядь посівів, м [табл. 24, 11];

A – величина колії енергетичного засобу, м [табл. 24, 11];

«+» – використовують для лівого маркера, «-» – для правого маркера.

$$L_{\text{л}} = \frac{5,6 + 1,8 + 1,5}{2} = 4,4 \text{ м.}$$

$$L_{\text{пр}} = \frac{5,6 - 1,8 - 1,5}{2} = 1,15 \text{ м.}$$



1 – трактор; 2 – сівалка; 3 – маркер.

Рисунок 1 – Схема посівного комплексу в складі трактора МТЗ-82 і сівалки УПС-8

Підготовка поля до роботи.

1. Провести візуальний огляд поля, за необхідності усунути перешкоди і сторонні предмети. Якщо перешкоду неможливо усунути промаркувати її.
2. Вибрати спосіб і напрямок руху агрегату. Для довжини гону 900м рекомендовано обрати рух вздовж нього, спосіб руху – човниковий.
3. Далі виконують розбивку поля на загінки, відбивають смуги повороту, встановивши вішки або задавши відповідні параметри до бортового комп'ютера енергетичного засобу.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо параметри загінок. Розрахуємо ширину смуги повороту посівного комплексу:

для петльового способу [11, 12]

$$E_p = 3R_{min} + e$$

де R_{min} – мінімальний радіус повороту, м:

$$R_{min} = 1,2 \cdot B_p = 1,2 \cdot 5,6 = 6,72 \text{ м}$$

e – довжина виїзду агрегату, м.

$$e = (0,5 \dots 0,7) \cdot L_k$$

L_k – кінематична довжина посівного комплексу [11, 12]:

$$L_k = l_{\text{тракт}} + l_{\text{зч}} + l_{\text{сів}}$$

де $l_{\text{тракт}}$, $l_{\text{зч}}$, $l_{\text{сів}}$ – відповідно кінематичні довжини енергетичного засобу, зчіпки та сівалки, м [табл. 22, 11]

$$l_{\text{тракт}} = 1,3 \text{ м}; l_{\text{зч}} = 0 \text{ м}; l_{\text{сів}} = 3,5 \text{ м.}$$

Тоді:

$$L_k = 1,3 + 3,5 = 4,8 \text{ м.}$$

Відповідно довжина виїзду

$$e = 0,6 \cdot 4,8 = 2,88 \text{ м.}$$

Тоді $E_p = 3 \cdot 6,72 + 2,88 = 23 \text{ м.}$

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ширина смуги повороту повинна бути кратною ширині захвату, тобто

$$E_p = K \cdot B_p$$

де K – показник кратності для смуги повороту, який повинен мати цілочисельне значення і приймається в більшу сторону

$$K = \frac{E_p}{B_p} = \frac{23}{5,6} = 4,11,$$

Приймаємо $K = 5$, таким чином

$$E_p = 5 \cdot 5,6 = 28 \text{ м}$$

Враховуючи необхідність забезпечення строків роботи в загінці, її максимальна ширина становитиме [11, 12]:

$$C = \frac{10^4 (2 \dots 3) W_{зм}}{L}$$

Або відносно обраних передач трактора:

$$C^{IV} = \frac{10^4 \cdot 3 \cdot 17,7}{900} = 590 \text{ м.}$$

$$C^V = \frac{10^4 \cdot 3 \cdot 20,9}{900} = 696,6 \text{ м.}$$

Кількість загінок становитиме:

$$n_3 = \frac{10^4 F}{LC}$$

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де F – площа посіву, га;

$$n_3^{IV} = \frac{10^4 \cdot 80}{900 \cdot 590} = 1,5$$

$$n_3^V = \frac{10^4 \cdot 80}{900 \cdot 696,6} = 1,27$$

Зважаючи на отримані результати необхідно зробити розбивку поля: для 4 передачі 2 заїнки шириною, відповідно 900 м і 450 м; для 5 передачі 2 заїнки шириною, відповідно 900 м і 250 м.

Оформлення операційно-технологічної карти.

Враховуючи вже проведені розрахунки щодо організації роботи посівного комплексу в полі проводиться оформлення операційно-технологічної карти посіву з виконанням додаткових розрахунків показників організації процесу.

1. Тривалість одного циклу (проходу) посівного комплексу становитиме, хв [11, 12]

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot L_p}{10^4 V_p} + 2t_n$$

де L_p – робоча довжина заїнки, м;

t_n – час, що витрачається на один поворот агрегату, ($t_n = 1,5 \dots 2$ хв.)

$$L_p = L - 2 \cdot E = 900 - 2 \cdot 28 = 844 \text{ м.}$$

Отже:

$$T_{\text{ц}}^{IV} = \frac{12 \cdot 844}{10^2 \cdot 5,5} + 2 \cdot 1,5 = 21,4 \text{ хв} = 0,35 \text{ год}$$

$$T_{\text{ц}}^V = \frac{12 \cdot 844}{10^2 \cdot 6,5} + 2 \cdot 1,5 = 18,6 \text{ хв} = 0,31 \text{ год}$$

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Технічна продуктивність за цикл становить, га/ц:

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{\text{ц}} \cdot \tau$$

$$W_{\text{ц}}^{IV} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 5,5 \cdot 0,35 = 1,07 \text{ га/цикл}$$

$$W_{\text{ц}}^V = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 6,5 \cdot 0,31 = 1,12 \text{ га/цикл}$$

Кількість циклів за зміну:

$$n_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{зм}}}{W_{\text{ц}}}$$

$$n_{\text{ц}}(IV) = \frac{17,7}{1,07} = 16,5 \text{ ц/зм.}$$

$$n_{\text{ц}}(V) = \frac{20,9}{1,12} = 18,6 \text{ ц/зм.}$$

3. Витрати палива за зміну:

$$Q_{\text{зм}} = Q_{\text{га}} W_{\text{зм}}$$

$$Q_{\text{зм}}(IV) = 5,9 \cdot 17,7 = 104,4 \text{ кг/зм.}$$

$$Q_{\text{зм}}(V) = 4,6 \cdot 20,9 = 96,14 \text{ кг/зм.}$$

На основі умов роботи, агротехнічних вимог на посів та проведення розрахунків операційно-технологічну карту представимо в графічній частині.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Аналіз існуючих технологій вирощування цукрових буряків свідчить про те, що значного зниження собівартості її вирощування можна досягти, покращивши якість процесу посіву, що впливає на рівномірність і дружність сходів.

Але для покращення якості сівби необхідно модернізувати висівну дозуючу систему і встановити відповідні раціональні параметри.

В даному розділі була розроблена технологічна карта на вирощування цукрових буряків за індустріальною технологією, проведений технологічний розрахунок операції посіву агрегатом у складі трактора МТЗ-82 і сівалки УПС-8. Проведені розрахунки дозволять виконати посів у відповідності до агровимог, з мінімальними затратами і в найкоротші терміни.

Провівши технологічні розрахунки нами були отримані такі результати: найкраще виконувати посів на 5 передачі трактора МТЗ-82, кількість сівалок в складі агрегату становить 1 шт.; змінна продуктивність при цьому становитиме – 20,9 га/зм.; питомі витрати палива складуть 4.6 кг/га. Вказані параметри технологічної операції посіву дозволять виконати посів в агротехнічні строки з мінімальними витратами.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Наукова частина

В процесі виконання роботи був проведений пошуковий аналіз результатів досліджень дозуючих систем сівалок [13-19] та патентний огляд [20-23] висівних апаратів пневматичного типу. Проведений аналіз конструктивно-технологічних особливостей вказаних посівних систем пневмомеханічного типу, а також окремих їх елементів, підтвердив висновки, що якість висіву насіння залежить від точності дозування, на яку головним чином здійснює вплив повнота заповнення отворів дозуючого елемента. Останніми роками було запропоновано ряд конструктивних рішень, що покращують якість виносу насіння з забірної камери, їх надійне транспортування до зони скидання, усунення надлишкових насінин та ін. [14, 17, 19-24]. Однак, проблема якісного дозування насіння апаратами пневмомеханічного типу повністю не вирішена, а лише має часткові рішення, тому потребує проведення подальших досліджень.

3.1. Теоретичне обґрунтування роботи дозуючих елементів

Тенденції в сучасному сільськогосподарському машинобудуванні вимагають використання в системах різного рівня конструктивних систем, які мають властивості адаптування до відповідних технологічних умов, тобто проектуючи вказаний тезис на посівні системи – застосування дозуючих елементів висівного апарата, які будуть забезпечувати надійне виконання технологічної операції за будь-яких умов. Зважаючи на те, що основним виконавчим елементом систем пневмомеханічного типу є отвори диска, логічним є виконання їх змінної форми та площі присмоктування. Розглянемо процес відбору та подальшого транспортування насіння.

Винос насіння з насінної камери відбувається завдяки силі тертя $\overline{F}$ (рис. 3.1) поверхні висівного диска по насінню, що присмоктувалось і силі підпору насіння ворушилкою $\overline{P}_{пв}$ [16, 19, 24]. При виносу з забірної камери насіння, яке присмоктувалось до отвору, здійснюють опір сили тертя прилеглих шарів насіння

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\overline{P_{TP}}$, сила вертикального тиску вищележачих шарів насіння $\overline{P_B}$, сила тяжіння $\overline{mg}$ і сила інерції $m \frac{dV}{dt}$.

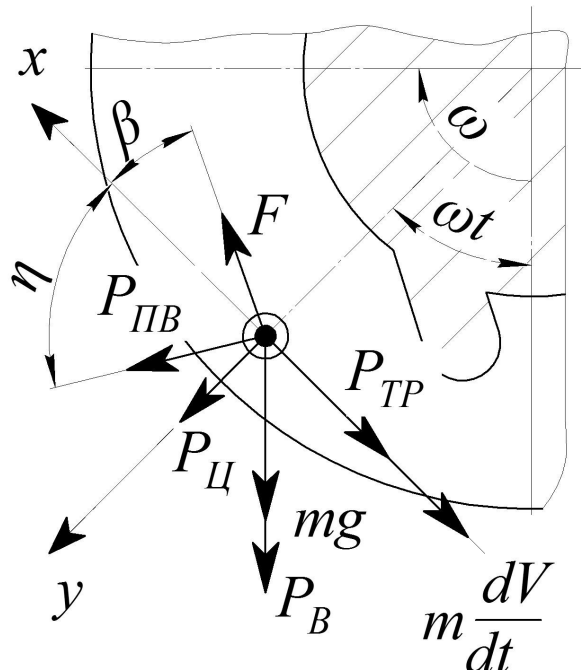


Рисунок 3.1. – Схема сил, що діють на насіння, що присмоктується в шарі насіння

Умовою гарантованого виносу насіння є забезпечення балансу сил виносу та опору [16, 19, 24]

$$\frac{F}{\sum R} \geq 1, \quad (3.1)$$

де F – сила тертя поверхні висівного диска по насінню, що присмокталось, Н;

$\sum R$ – рівнодіюча сил опору виносу, Н;

Аналітичні розрахунки, виконанні згідно рекомендацій [18], показали, що серійний висівний апарат при дозуванні насіння цукрових буряків має співвідношення сил (3.1) в широкому діапазоні (від 0,65 до 1,35), що демонструє відсутність стійкого режиму процесу виносу насіння з насінної камери.

Однією з причин зазначеного явища є відсутність насіння на траєкторії переміщення отвору висівного диска в зоні активного захоплення при виносі з порожнини насіннєвої камери. Іншим чинником є неправильна форма насінин

цукрових буряків, тому вони не завжди повністю перекривають присмоктуючий отвір (рис.3.2). При цьому, силу присмоктування кожної насінини можна визначити з залежності [18, 24]

$$P_{np} = \xi \cdot S_c \cdot H, \text{ Н}, \quad (3.2)$$

де ξ – коефіцієнт просочування повітря дозуючого отвору, $\xi = 0,9 \dots 1,5$

S_c – фактична площа перекриття дозуючого елемента насінням, м^2 ;

H – розрідження вакуумної камери, Па.

На нашу думку, з метою гарантованого виносу насіння з забірної камери необхідно виготовити отвори дозуючого диску таким чином, щоб вони забезпечували максимальне потрапляння насінин на траєкторії переміщення отвору. Цього можливо досягти шляхом виконання отвору прямокутної форми з шириною t_9 , що відповідає $0,5 \dots 0,7$ товщини насінини c для запобігання застрягання насіння в отворах дозуючого диску, при цьому його довжина обґрунтовується конструктивно відносно ширини забірної камери і повинна бути максимальною – від кромки висівного диска до стінки насінневої камери (рис. 3.3).

Проведені розрахунки балансу сил показали, що для запропонованої конструкції дозуючого диску спостерігається стабільне значення відношення $F/\Sigma R \approx 1,34$, тобто можемо гарантувати присмоктування насіння до дозуючих елементів та його винос з забірної камери. Однак при цьому простежується наявність «зайвих» насінин, що призведе до погіршення якості роботи скидача зайвого насіння та створить умови для пересівів, що також недопустимо.

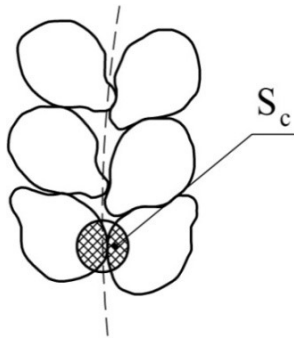


Рисунок 3.2. – Можливе розташування насіння відносно дозуючого елемента

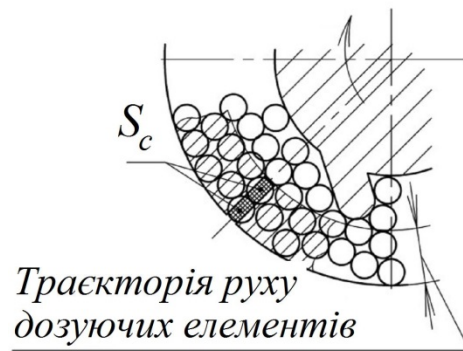


Рисунок 3.3. – Схема розташування насіння біля дозуючого елемента запропонованого висівного диску

Зважаючи на це, необхідно забезпечити умови поступового усунення «зайвих» насінин шляхом модернізації прокладки вакуумної камери, яка формує зону контакту з вакуумом. Логічним є поступове зменшення площі контакту з вакуумом за напрямком обертання дозуючого диску в напрямку скидача «зайвого» насіння (рис.3.4). При цьому ширина отвору прокладки вакуумної камери матиме найбільшу ширину l в нижній частині насінневої камери (рис. 3.6).

В зоні дії скидача «зайвого» насіння ширина отвору прокладки буде мати найменшу товщину h , яка визначається з умови

$$h = \frac{\sqrt{m^2 \cdot g^2 + P_{ц}^2 + 2 \cdot m \cdot g \cdot P_{ц} \cdot \cos \omega t}}{\xi \cdot t_{\phi} \cdot H \cdot f}, \text{ м.} \quad (3.3)$$

Це дозволить «полегшити роботу скидача, оскільки за рахунок звуження зони присмоктування насіння з l до h частина «зайвих» насінин буде відділятися від дозуючих елементів під дією сили тяжіння. Крім того, за рахунок зменшення їх площі можна буде добитися зниження витрати повітря через них.



Рисунок 3.4 – Запропонована прокладка вакуумної камери

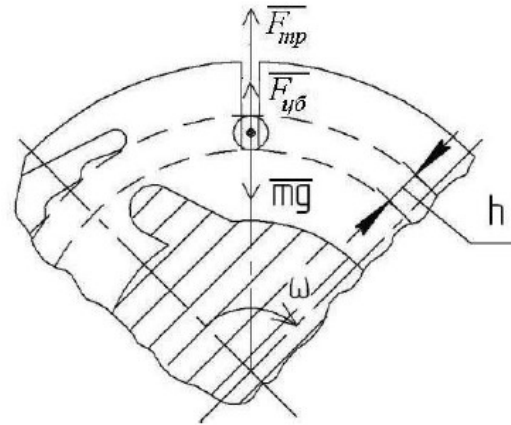


Рисунок 3.5 – Сили, що діють на насіння після скидача зайвого насіння

З урахуванням коефіцієнта запасу в роботі приймаємо ширину отвору прокладки вакуумної камери $h = 3$ мм.

Розглянемо сили, що діють на насінину після зони дії скидача «зайвого» насіння (рис. 3.5). Враховуючи закони класичної механіки, можемо бачити, що на насіння чинять дію сила тертя від поверхні дозуючого диска F , відцентрова сила інерції $P_{\text{ц}}$, викликана обертанням диску та сила ваги насіння mg . В цьому випадку також маємо баланси сил, що характеризується силою ваги насіння mg , яка діє вертикально вниз, тобто сприяє відриву насінини від отвору. З іншої сторони присутня дія сили тертя і відцентрової сили, які діють в протилежному напрямку, забезпечуючи утримання насінини в отворі диска.

Класичне визначення відцентрової сили $P_{\text{ц}}$ наступне

$$P_{\text{ц}} = m \cdot \omega^2 \cdot R, \quad (3.4)$$

де m – маса насіння, кг;

ω – кутова швидкість насіння (с^{-1}) на радіусі кола R (м), по якому переміщається насіння, м.

Аналітичні дослідження наведеного балансу сил показали, що відцентрова сила має величину, яка на порядок менша за величину сили ваги насіння, тому для подальших досліджень можемо знехтувати відцентровою силою.

З урахуванням умови (3.2)

$$F = \xi \cdot S_c \cdot H \cdot f, \quad (3.5)$$

де f – коефіцієнт тертя насіння об поверхню висівного диска, згідно емпіричних даних $f = 0,3 \dots 0,5$.

Тоді, з урахуванням вищевикладеного, запишемо баланс сил, тобто

$$m \cdot g = \xi \cdot S_c \cdot H \cdot f$$

звідки

$$S_c = \frac{m \cdot g}{\xi \cdot H \cdot f}. \quad (3.6)$$

Аналітично встановлено [18, 19, 24], що для дозуючого диска серійного пневмовакуумного висівного апарату характерним є косинусоїдальна зміна площі дозуючої системи, утвореної отвором диска та прокладкою вакуумної камери, залежно від ступеня перекриття незакритої частини скидачем. Запропонована дозуюча система, утворена прямокутними отворами та отвором оригінальної прокладки вакуумної камери, забезпечує зміну площі перекриття лінійно (рис. 3.6).

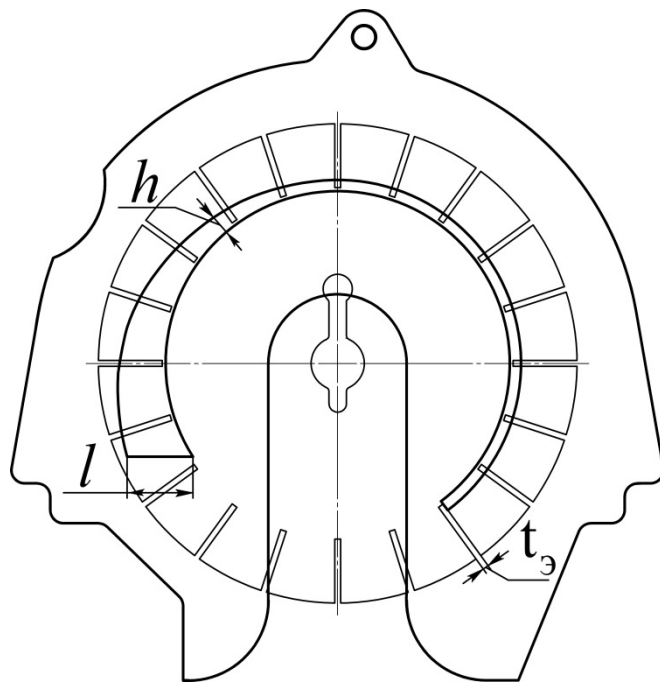


Рисунок 3.6 – Запропоновані висівний диск і прокладка вакуумної камери

					МВБ 00.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Для визначення енергетичних показників запропонованого висівного апарата визначимо витрати повітря через дозуючі елементи серійного і розробленого дисків

$$Q = \frac{V_g \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot \zeta}{4} \cdot n, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3.7)$$

де V_g – швидкість повітряного потоку, який проходить через отвір дозуючого диска, м/с;

d – діаметр отвору дозуючого диска, м;

n – кількість отворів висівного диска, крізь які проходить повітряний потік, шт.;

ζ – коефіцієнт присмоктування, визначений емпірично $\zeta = 0,55 \dots 0,72$;

n – кількість висіваючих апаратів на сівалці.

Швидкість повітря V_g визначається за стандартною методикою і становить [18, 19]

$$V_g = \lambda \sqrt{\frac{2 \cdot H}{\rho}}, \text{ м/с}, \quad (3.8)$$

де λ – коефіцієнт аеродинамічного опору отвору, $\lambda = 0,7 \dots 0,72$;

ρ – щільність повітря при нормальних умовах, $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$.

Оскільки отвір запропонованої конструкції дозуючого диску має прямокутну форму, то для розрахунків необхідно використати еквівалентний діаметр, який визначається з умови [19, 24]

$$d_e = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{2 \cdot a_i \cdot b_i}{a_i + b_i}}{n}, \text{ м}, \quad (3.9)$$

де a_i і b_i – відповідно довжина і ширина прямокутного дозуючого отвору, м.

Значення розрідження у вакуумній камері отримані експериментальним шляхом [17] і після підстановки в рівняння (3.7) отримаємо:

для серійного диска з діаметром отворів 3 мм – $Q = 0,0041 \text{ м}^3/\text{с}$;

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для запропонованого диска з шириною щілини 2,5 мм – $Q = 0,0087 \text{ м}^3/\text{с}$.

Потужність, необхідна для проходження повітря

$$N = Q \cdot H \cdot \eta \cdot n, \text{ Вт}, \quad (3.10)$$

де η – коефіцієнт, що характеризує необхідний запас для компенсації неврахованих втрат потужності, $\eta = 2,0$ [17].

Таким чином, потужність необхідна для забезпечення роботи повітряної системи 8-секційної сівалки становить:

для серійного диска з діаметром отворів 3 мм – $N = 31,68 \text{ Вт}$;

для запропонованого диска з шириною щілини 2,5 мм – $N = 24 \text{ Вт}$.

Отже, як показав розрахунок, маємо додаткові витрати потужності, пов'язані з необхідністю повноцінної роботи запропонованого дозуючого диску з прямокутними отворами. Величина втрат потужності становить близько 8Вт, що на порядок менше потужності, що необхідна для роботи всієї пневмосистеми.

3.2. Експериментальні дослідження

Об'єктом експериментальних досліджень визначено процес дозування насіння цукрових буряків запропонованою висівною системою.

Предметом досліджень є параметри запропонованої дозуючої системи з прямокутними отворами диску.

Задачі досліджень – визначити раціональні параметри та режими роботи (ширина отвору, швидкість обертання валу дозуючого апарату, який приводить в дію висівний диск, розрідження в пневмосистемі) запропонованої дозуючої системи при забезпеченні агротехнічних вимог.

Програма і методика дослідження

З метою виконання поставлених задач досліджень було виготовлено та змонтовано експериментальну установку на базі лабораторного комплексу

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«Липка стрічка» кафедри сільськогосподарського машинобудування ЦНТУ (рис. 3.7). При проведенні досліджень використовували висівний апарат сівалки УПС-8 з модернізованими параметрами дозуючих органів, силові агрегати, що містять електромотор та регулятор-випрямляч струму «ВСА-111к» (рис.3.8), привод, манометр типу «ИО-30», в якості джерела вакууму виступав стаціонарний пиломок «VCC4140V38».



1 – пиломок «VCC4140V38», 2 - електромотор, 3 – модернізований висівний апарат, 4 – манометр, 5 – регулятор-випрямляч струму ВСА-111К.

Рисунок 3.7 – Загальний вигляд лабораторної установки

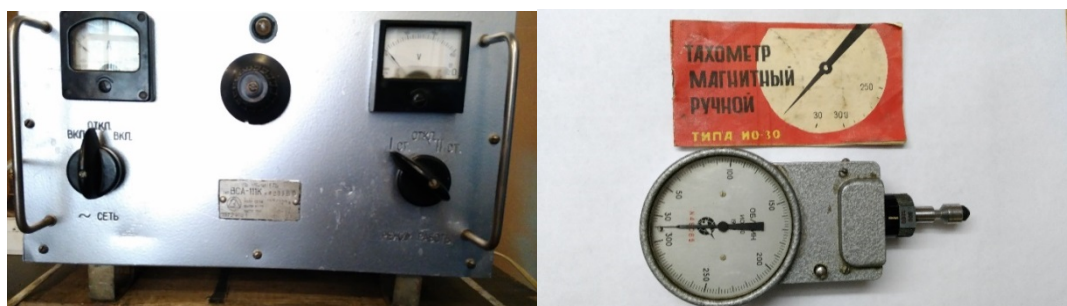


Рисунок 3.8 – Регулятор-випрямляч струму «ВСА-111к» та тахометр типу «ИО-30».

Для зменшення ймовірності утворення подвійних і потрійних подач радіальними дозуючими елементами, в роботі було застосовано змінну ширину отвору прокладки вакуумної камери (рис. 3.10), що має найбільшу ширину в нижній частині забірної камери, потім вона зменшується по ходу обертання висівного диска до закінчення зони початку впливу на посівний матеріал відбивача зайвого насіння.



Рисунок 3.9 – Загальний вигляд дозуючого диску



Рисунок 3.10 – Варіанти модернізованої прокладки вакуумної камери

Для проведення дослідів було вибрано три параметри, які будуть змінюватись: лінійна швидкість обертання насінини, розрідження у вакуумній камері та ширина отворів диску.

Після кожного з дослідів підраховували кількість висівного насіння, контролюючи при цьому наявність двійників чи пропусків, після чого результати заносились до таблиці 3.3.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення параметрів змінювали наступним чином:

1. Частоту обертання дозуючого диску встановлювали у відповідності до умов рівномірного присмоктування насіння до отворів з повним заповненням всіх комірок. Налаштування швидкості проводили шляхом зміни частоти обертання силового агрегату. Діапазон швидкостей становив 0,25....0,35 м/с.

2. Відповідно до програми проведення досліджень вакуумна установка повинна була забезпечити мінімально необхідний повний напір повітря, що гарантує стабільне присмоктування насіння й повне заповнення отворів дозуючого диску. Діапазон повного напору повітря становив 0,5....2,5 мПа. Розрідження у пневмокамері регулювали за допомогою подачі повітря пиłosмоком з контролем по манометру.

3. Для визначення діапазону зміни ширини отворів дозуючого диску були проведенні пошукові дослідження, задачею яких було визначення критичних меж, в рамках яких буде забезпечуватись повноцінне присмоктування насіння до отвору. Таким чином діапазон раціональних значень ширини отвору диска для насіння цукрових буряків становить 2....2,2 мм.

Методикою дослідження передбачалося проведення повного факторного експерименту з подальшою статистичною обробкою отриманих результатів.

Для встановлення зв'язку між кодованими і натуральними значеннями факторів використовували залежність [25, 26]:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i},$$

де x_i ; X_i – відповідно закодоване та дійсне значення i -го чинника; X_{i0} – дійсне значення i -го фактору на нульовому рівні; ΔX_i – діапазон значень i -го фактору [25, 26].

Результати кодування факторів та умови проведення досліджень наведені в табл. 3.1.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1

Умови проведення дослідів

Фактор	Натуральне позначення	Кодове значення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання					
				натуральні			кодові		
				верхні	нульові	нижні	верхні	нульові	нижні
Лінійна швидкість насінини на відповідному радіусі диска, м/с	X_1	x_1	0,05	0,35	0,3	0,25	+1	0	-1
Величина вакууму, кПа	X_2	x_2	1,0	2,5	1,5	0,5	+1	0	-1
Ширина отвору, мм	X_3	x_3	0,2	2	2,2	2,4	+1	0	-1

План-матрицею (табл. 3.2) трифакторного експерименту (ПФЕ 2^3) передбачалося проведення мінімально необхідної кількості дослідів ($n=2^3=8$) з трикратною повторністю в рандомізованому порядку.

Таблица 3.2

План-матриця ПФЕ 2³

Номер досліджу	Значення кодованих факторів			Взаємодія кодованих факторів			
	x_1	x_2	x_3	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	$x_1 x_2 x_3$
1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1
2	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1
3	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1
4	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1
5	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1
7	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1

Результати проведення факторного експерименту

Відповідно до складеної робочої матриці (з урахуванням рандомізації дослідів) були проведені експерименти з трьохкратною повторністю. Значення параметра оптимізації (кількість висіяного насіння за 10 обертів висівного диска), отриманого в кожному досліді, заносимо в таблицю 3.3.

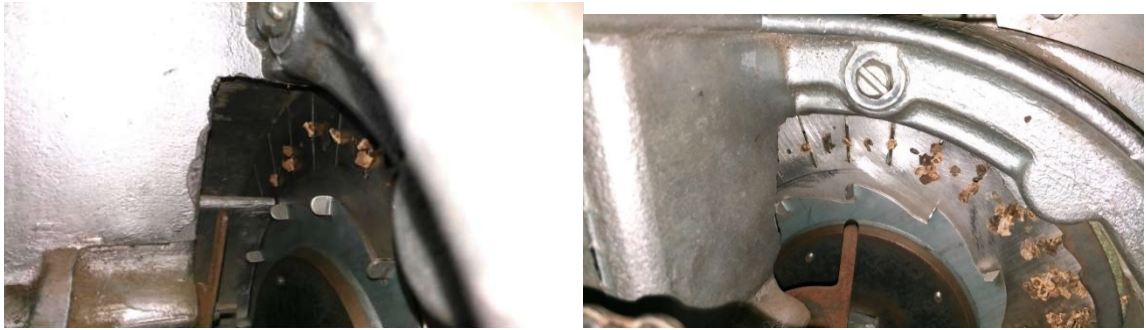


Рисунок 3.11 – Присмоктування насіння до отворів висівного диска.

Таблиця 3.3

Результати проведення експериментальних дослідів

Рандомізація	Точка плану і номер дослід у	Значення кодових факторів			Вихідний параметр $Y_1, \text{ г}$			Середньо- арифметичне значення $\bar{Y}_u,$ г
					Повторюваність			
		x_1	x_2	x_3	I, Y_{u1}	II, Y_{u2}	III, Y_{u3}	
5	1	-1	-1	-1	220	225	230	225
2	2	+1	-1	-1	194	184	189	189
7	3	-1	+1	-1	314	318	322	318
1	4	+1	+1	-1	245	253	249	249
4	5	-1	-1	+1	236	245	239	240
6	6	+1	-1	+1	205	195	203	201
8	7	-1	+1	+1	366	362	361	363
3	8	+1	+1	+1	281	275	281	279

З метою більшої інформативності при аналізі отриманих результатів введено поняття коефіцієнта рівномірності [13]:

$$K_{\text{рів}} = \frac{Z_{\Phi}}{Z_{\text{пл}}} \cdot 100\%$$

де Z_{Φ} – кількість фактично висіяного насіння; $Z_{\text{пл}}$ – кількість висіяного насіння за 10 обертів.

$$K_{\text{рів}}^5 = \frac{225}{300} \cdot 100 = 75\%; K_{\text{рів}}^7 = \frac{189}{300} \cdot 100 = 63\%; K_{\text{рів}}^2 = \frac{318}{300} \cdot 100 = 106\%$$

$$K_{\text{рів}}^4 = \frac{249}{300} \cdot 100 = 83\%; K_{\text{рів}}^6 = \frac{240}{300} \cdot 100 = 80\%; K_{\text{рів}}^1 = \frac{201}{300} \cdot 100 = 67\%$$

$$K_{\text{рів}}^3 = \frac{363}{300} \cdot 100 = 121\%; K_{\text{рів}}^6 = \frac{279}{300} \cdot 100 = 93\%$$

Наступним етапом є статистична обробка отриманих результатів за загальноприйнятою методикою [25, 26].

Дисперсії результатів проведених досліджень визначали з умови

$$S_u^2 = \frac{1}{m_0 - 1} \cdot \sum_{i=1}^{m_0} (Y_{ui} - \bar{Y}_U)^2,$$

де m_0 – кількість повторностей;

i – номер повторності;

Y_{ui} – результат критерію оптимізації у i -й повторності (табл. 3.4);

$\bar{Y}_U$ – середнє значення критерію оптимізації у U -му досліді (табл. 3.4).

$$S_{u1}^2 = \frac{(73.3 - 75)^2 + (75 - 75)^2 + (76.6 - 75)^2}{3 - 1} = 2.7$$

$$S_{u2}^2 = \frac{(64.6 - 63)^2 + (61.3 - 63)^2 + (63 - 63)^2}{3 - 1} = 2.7$$

$$S_{u3}^2 = \frac{(104.6 - 106)^2 + (106 - 106)^2 + (107.3 - 106)^2}{3 - 1} = 1.8$$

$$S_{u4}^2 = \frac{(81.6 - 83)^2 + (84.3 - 83)^2 + (83 - 83)^2}{3 - 1} = 2.1$$

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{u5}^2 = \frac{(78.6 - 80)^2 + (81.6 - 80)^2 + (79.6 - 80)^2}{3 - 1} = 2.3$$

$$S_{u6}^2 = \frac{(68.3 - 67)^2 + (65 - 67)^2 + (67.6 - 67)^2}{3 - 1} = 3.02$$

$$S_{u7}^2 = \frac{(122 - 121)^2 + (120.6 - 121)^2 + (120.3 - 121)^2}{3 - 1} = 0.8$$

$$S_{u8}^2 = \frac{(93.6 - 93)^2 + (91.6 - 93)^2 + (93.6 - 93)^2}{3 - 1} = 1.34$$

Таблиця 3.4

Результати проведення експериментальних дослідів (у відсотках)

Рандомізація	Точка плану і номер дослід у	Значення кодових факторів			Вихідний параметр Y_1 , %			Середньо- арифметичне значення $\bar{Y}_u$, %
					Повторюваність			
		x_1	x_2	x_3	I, Y_{u1}	II, Y_{u2}	III, Y_{u3}	
5	1	-1	-1	-1	73.3	75	76.6	75
2	2	+1	-1	-1	64.6	61.3	63	63
7	3	-1	+1	-1	104.6	106	107.3	106
1	4	+1	+1	-1	81.6	84.3	83	83
4	5	-1	-1	+1	78.6	81.6	79.6	80
6	6	+1	-1	+1	68.3	65	67.6	67
8	7	-1	+1	+1	122	120.6	120.3	121
3	8	+1	+1	+1	93.6	91.6	93.6	93

Помилку досліду, що характеризується дисперсією відтворюваності визначали за формулою:

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n S_u^2$$

$$S_y^2 = \frac{1}{8} \cdot (2.7 + 2.7 + 1.8 + 2.1 + 2.3 + 3.02 + 0.8 + 1.34) = 2.09$$

Перевіряємо відтворюваність дослідів (критерій Кохрена) [25, 26]:

$$G = \frac{3.02}{2.7 + 2.7 + 1.8 + 2.1 + 2.3 + 3.02 + 0.8 + 1.34} = 0.18$$

Оскільки $G^P = 0,18 \leq G(0,05; 8; 2) = 0,5157$ умова виконується,

приходимо до висновку, що процес відтворюваний.

Визначаємо коефіцієнти математичної моделі:

$$b_0 = \frac{1}{8} \cdot (75 + 63 + 106 + 83 + 80 + 67 + 121 + 93) = 86;$$

$$b_1 = \frac{1}{8} \cdot (-75 + 63 - 106 + 83 - 80 + 67 - 121 + 93) = -9.5;$$

$$b_2 = \frac{1}{8} \cdot (-75 - 63 + 106 + 83 - 80 - 67 + 121 + 93) = 14.7;$$

$$b_3 = \frac{1}{8} \cdot (-75 - 63 - 106 - 83 + 80 + 67 + 121 + 93) = 4.2;$$

$$b_{12} = \frac{1}{8} \cdot (75 - 63 - 106 + 83 + 80 - 67 - 121 + 93) = -3.2;$$

$$b_{13} = \frac{1}{8} \cdot (75 - 63 + 106 - 83 - 80 + 67 - 121 + 93) = -0.7$$

$$b_{23} = \frac{1}{8} \cdot (75 + 63 - 106 - 83 - 80 - 67 + 121 + 93) = 2;$$

$$b_{123} = \frac{1}{8} \cdot (-75 + 63 + 106 - 83 + 80 - 67 - 121 + 93) = 7.4$$

Рівняння регресії буде мати вигляд:

$$y = 86 - 9.5 \cdot x_1 + 14.7 \cdot x_2 + 4.2 \cdot x_3 - 3.2 \cdot x_1 x_2 - 0.7 \cdot x_1 x_3 + 2 \cdot x_2 x_3 + 7.4 \cdot x_1 x_2 x_3$$

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Адекватність отриманих результатів перевіряємо за методикою Фішера. Дисперсію S_{ad}^2 обчислюємо за формулою [25, 26]:

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{n - k - 1} \cdot \sum_{U=1}^n (Y_{Ui} - \bar{Y}_U)^2.$$

де Y_{Ui} – значення відгуку i -го дослід, визначене шляхом підстановки розрахованих коефіцієнтів до лінійної частини обраної моделі процесу:

$$Y_{U1} = 86 - 9.5 \cdot (-1) + 14.7 \cdot (-1) + 4.2 \cdot (-1) = 76.6$$

$$Y_{U2} = 86 - 9.5 \cdot (+1) + 14.7 \cdot (-1) + 4.2 \cdot (-1) = 57.6$$

$$Y_{U3} = 86 - 9.5 \cdot (-1) + 14.7 \cdot (+1) + 4.2 \cdot (-1) = 106$$

$$Y_{U4} = 86 - 9.5 \cdot (+1) + 14.7 \cdot (+1) + 4.2 \cdot (-1) = 87$$

$$Y_{U5} = 86 - 9.5 \cdot (-1) + 14.7 \cdot (-1) + 4.2 \cdot (+1) = 85$$

$$Y_{U6} = 86 - 9.5 \cdot (+1) + 14.7 \cdot (-1) + 4.2 \cdot (+1) = 66$$

$$Y_{U7} = 86 - 9.5 \cdot (-1) + 14.7 \cdot (+1) + 4.2 \cdot (+1) = 114.4$$

$$Y_{U8} = 86 - 9.5 \cdot (+1) + 14.7 \cdot (+1) + 4.2 \cdot (+1) = 95.4$$

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{8 - 3 - 1} [(76.6 - 75)^2 + (57.6 - 63)^2 + (106 - 106)^2 + (87 - 83)^2 + (85 - 80)^2 + (66 - 67)^2 + (114.4 - 121)^2 + (95.4 - 93)^2] = 5.14$$

Відповідно до критерію Фішера F повинна витримуватись умова.

$$F^P = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} < F(0,05; f_{ad}; f_y),$$

де F^P і $F(0,05; f_{ad}; f_y)$ – відповідно розрахункове і табличне значення коефіцієнту Фішера при 5%-му рівні значущості; f_{ad} і f_y – відповідно числа ступенів вільності дисперсій адекватності та відтворення.

$$f_y = n(m_0 - 1) = 8 \cdot (3 - 1) = 16.$$

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді:
$$F^P = \frac{5.14}{2.09} = 2.4 < F(0,05; 8; 16) = 2,59$$

- отже отримане рівняння адекватне.

Визначимо довірчу границю Δb_a згідно критерію Стюдента, яка характеризує значущість коефіцієнтів отриманої моделі відповідно до умови [25, 26]:

$$|b_a| \geq \Delta b_a,$$

де $|b_a|$ – розраховані коефіцієнти поліному.

Довірчу границю визначимо за рівнянням

$$\Delta b_a = t(0,05; f_y) \cdot \sqrt{\frac{S_y^2}{n}},$$

де $t(0,05; f_y) = 2,1$ – табличне значення коефіцієнту Стюдента за 5%-го рівня значущості при $f_y = 16$.

Таким чином довірча границя становить

$$\Delta b_a = 2,1 \cdot \sqrt{\frac{2,09}{8}} = 1,07$$

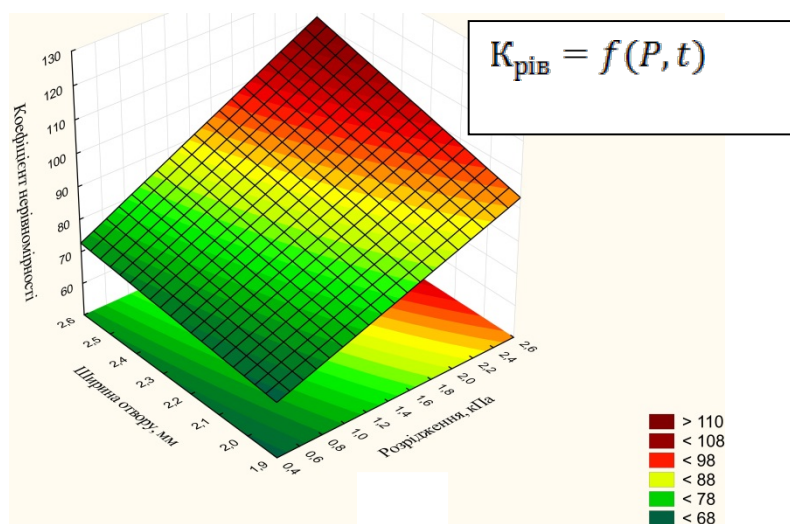
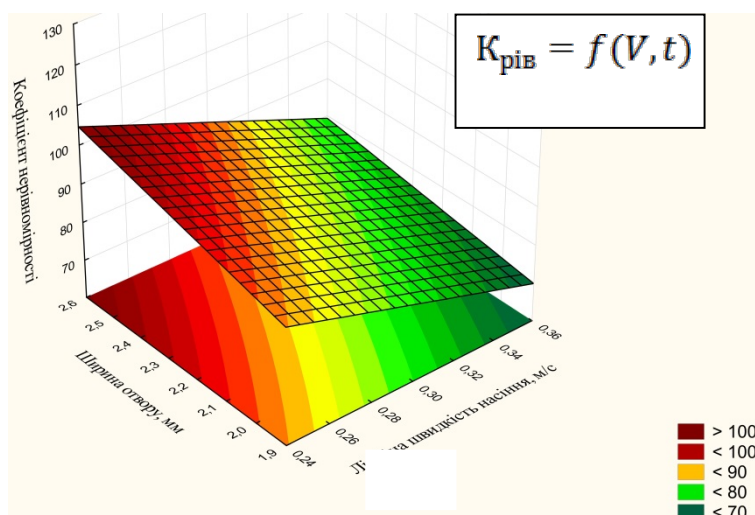
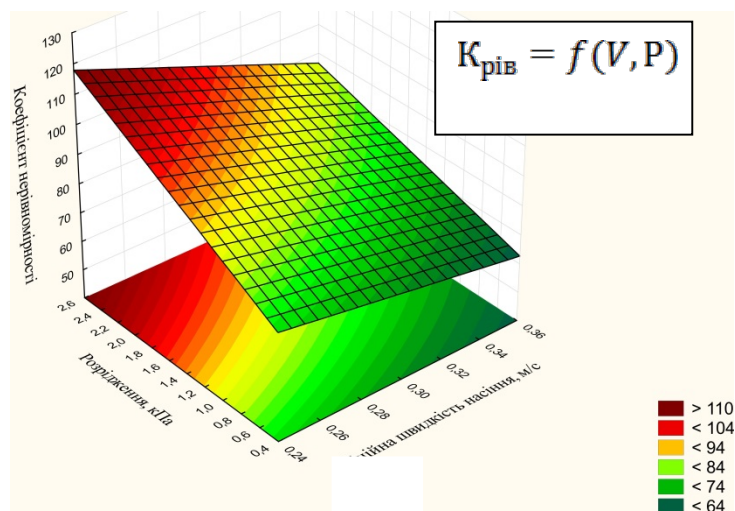
З метою визначення раціональних параметрів запропонованої дозуючої системи побудовані поверхні відгуку для критерію оптимізації (рис. 3.12).

Парето карта (рис. 3.13) показує нам, що головний чинник, який впливає на якість висіву насіння, від якого залежать всі параметри висівного апарата, це розрідження у пневмокамері та лінійна швидкість насінини на диску.

Отримані результати лабораторних досліджень дозволяють зробити деякі висновки. Так спостерігаємо, що збільшення частоти обертання дозуючого диску та мінімальне значення вакууму у пневмокамері призводить до появи великої кількості пропусків, тобто $K_{\text{рів}} < 100\%$ (рис. 3.12). Це пояснюється наступним – збільшення частоти обертання диску призводить до зменшення часу контакту

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отвору дозуючого диска з насінням в забірній камері, що при мінімальному значенні вакууму не дозволяє насінням присмоктуватися до отвору.



- а – залежність швидкості обертання диска від розрідження у системі;
 б – залежність швидкості обертання диска від ширини отвору;
 в – залежність розрідження у системі від ширини отвору.

Рисунок 3.12 – Поверхні відгуку математичної моделі

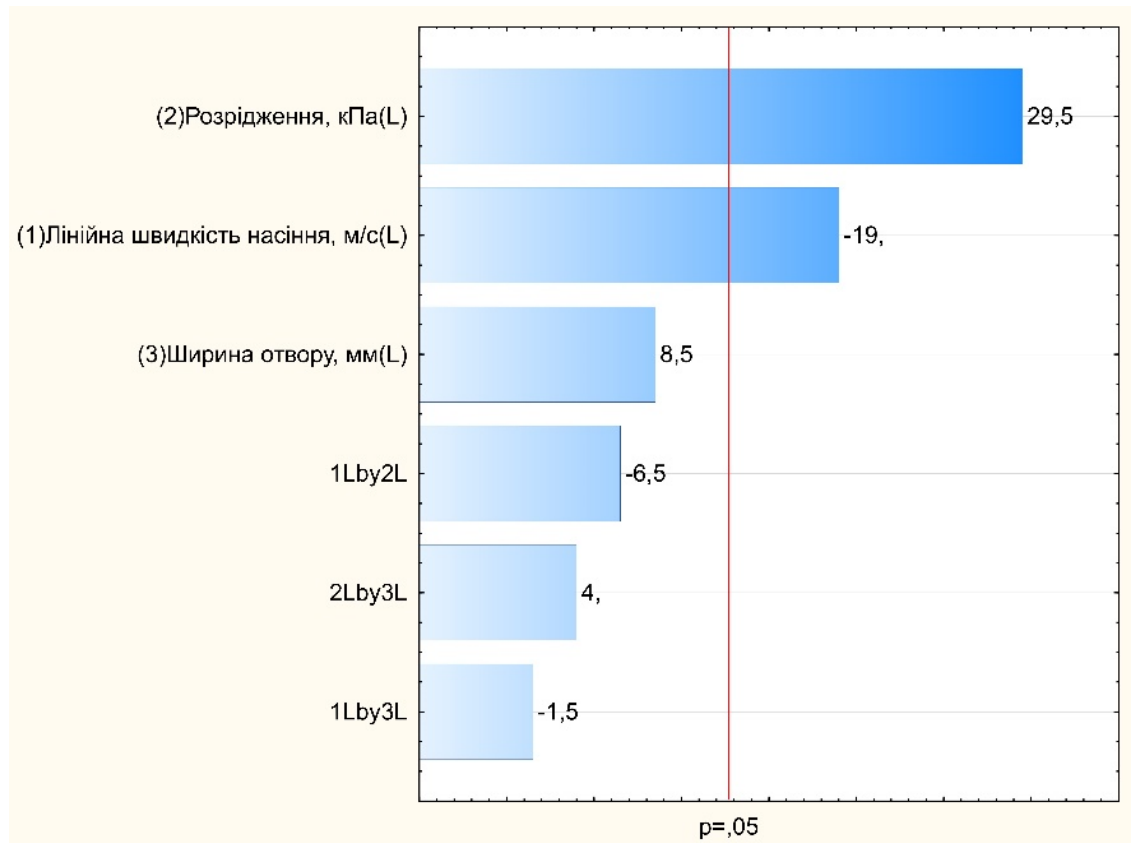


Рисунок 3.13 – Парето карта

До такого ж результату призводить і зменшення ширини отворів дозуючого диску внаслідок зменшення площі контакту з вакуумною камерою.

Збільшення ж величини вакууму у пневмокамері буде сприяти надлишковому виносу насінин з забірної камери $K_{\text{рів}} > 100\%$ і збільшенню навантаження на скидач «зайвого» насіння.

Найвище значення якості дозування насіння цукрових буряків запропонованою висівною системою досягається при наступних раціональних значеннях чинників:

$$x_1 - V = 0,3 \dots 0,35 \text{ м/с};$$

$$x_2 - P = 0,6 \dots 1,5 \text{ кПа};$$

$$x_3 - t = 2,2 \text{ мм}.$$

Оскільки, як бачимо, фактори впливу на якість процесу дозування мають прямо пропорційний характер, тобто досягти значення показника рівномірності

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дозування на рівні 100 % неможливо, то обґрунтування необхідних параметрів запропонованої дозуючої системи потребує встановлення відповідних агротехнічних допусків, тобто забезпечення кінцевого результату процесу висіву при максимальній продуктивності.

Висновки по розділу

З врахуванням проведеного аналізу перспективних напрямків розвитку сівалок для точного посіву, патентної інформації, наукових досліджень нами обґрунтована модернізація конструкції пневмомеханічного висівного апарата. Запропонований дозуючий пристрій дозволить покращити точність висіву насіння без значного збільшення енергоємності процесу. При цьому, завдяки оптимальній компоновці функціональних елементів вдалося досягти незмінності габаритних розмірів машини.

Проведений аналіз роботи кожного з функціональних елементів показав, що їх робота достатньо досліджена і потребує лише оптимізації параметрів для заданих режимів роботи. Проведені дослідження дозволяють встановити раціональні значення основних параметрів висівного апарата: швидкість обертання диску дорівнює 0,3 м/с; розрідження у пневмокамері 1 кПа; ширина отворів на висівному диску становить 2,2 мм. Це доводить доцільність заміни диска з отворами на диск з радіальними розрізами. Зокрема, запропонована модернізація дозволяє збільшити швидкість руху посівного агрегату без втрати якості посіву.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Охорона праці

Особливості умов праці при вирощуванні цукрових буряків.

При вирощуванні цукрових буряків виконують операції, перелік яких приведений в технологічній частині. Розглянемо основні вимоги правил техніки безпеки при виконанні різних технологічних операцій.

При обробі ґрунту перед початком роботи перевіряють справність і комплектність агрегату [27]. Далі на рівному горизонтальному майданчику проводять регламентні роботи, під час яких передбачені операції по підтягуванню гайок кріплення робочих органів плугів, а також інших різьбових з'єднань. Також необхідно візуально впевнитись у відсутності підтікань мастила, за потреби усунути.

В процесі підготовки до роботи дискових борін і луцильників перевіряють кріплення робочих органів та інших елементів, регулюють положення чистиків. Під час регулювання положення дисків, щоб не поранити руки гострими краями, необхідно користуватись рукавицями [28].

Для регулювання або заміни робочих органів плуг встановлюють на рівному майданчику. Це полегшує регулювання і забезпечує безпеку праці.

Перед початком польових робіт поле оглядають, і при необхідності підготовлюють: засипають канави, ями. Біля ярів і схилів встановлюють попереджувальні знаки. Переїзд тракторного агрегату в поле і з поля дозволяється тільки за маршрутом, затвердженим керівником господарства. Не можна виконувати маневри повороту чи розвороту при заглиблених робочих органах плугів в ґрунт [27, 28].

Під час заправки туковисівних апаратів добривами може виникати надмірна запиленість, що становить загрозу органам зору, дихання та ін., тому необхідно використовувати засоби індивідуального захисту у вигляді захисних окулярів, респіраторів та рукавиць [27, 28].

Перед початком сівби, як і для інших операцій, необхідно перевірити комплектність і надійність роботи всіх механізмів і вузлів посівної машини, виконати підтягування різьбових з'єднань. Особливістю пневматичних висівних

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

комплексів є створення вакууму в системі, який потім розподіляється безпосередньо до кожної секції. Тому необхідно перевірити закріплення всіх повітропроводів, за необхідності, усунути виявлені дефекти.

Рух посівного агрегату можна починати після подачі сигналу трактористом і одержання від старшого на посівному агрегаті сигналу у відповідь [27, 28]. Під час завантаження сухих порошкоподібних добрив необхідно стояти з навітреної сторони, і при цьому користуватися респіратором, окулярами та рукавицями [27, 28].

Чистики для очищення сошників повинні мати дерев'яні ручки. Усувати несправності та очищати сівалку дозволяється після зупинки агрегату. Забороняється під час руху агрегату переходити поле від однієї сівалки до іншої, знаходитись на посівному комплексі або навісному механізмі [27, 28]. Для роботи у темний час доби завчасно перевіряють справність електричного освітлення. Перед сівбою протруєного насіння працівники проходять інструктаж з техніки безпеки. Обов'язково необхідно користуватись респіраторами, рукавицями і захищати очі від пилу захисними окулярами.

При проведенні операцій по догляду за посівами притримуються тих же правил охорони праці та безпечної експлуатації, що і при попередніх операціях.

Перед початком збиральних робіт, після отримання завдання від бригадира та інструктажу з техніки безпеки, комбайнер повинен ознайомитись з маршрутом руху, вивчити рельєф поля, відмітити місця поворотів. У загінці комбайнер повинен постійно стежити, щоб на вузли жатки, які обертаються не намотувались стебла, оскільки від тертя може виникнути пожежа. Очищати вузли треба в рукавицях спеціальним гачком. Перед поворотом і на розворотах швидкість руху не повинна перевищувати 3-4 км/год [27, 28].

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Економічна частина

Проведені технологічні та наукові дослідження агротехнологій виробництва цукрових буряків виявили можливість підвищення ефективності їх вирощування завдяки виконанню операції посіву в більш короткі строки з забезпеченням необхідної якості. У процесі пошукового аналізу встановлено, що для виробничих умов експлуатації пневмомеханічних висівних апаратів представляє інтерес використання адаптивних дозуючих систем, що забезпечують гарантований виніс насіння з забірної камери.

В ході виконання роботи було підтверджено ефективність застосування в просапних сівалках адаптивних дозуючих систем. Результати досліджень виявили можливість підвищити робочу швидкість і, відповідно, продуктивність посіву насіння цукрових буряків при забезпеченні якісних показників процесу.

У відповідності з результатами розрахунків технологічної карти вирощування складаємо таблицю 5.1.

Таблиця 5.1

Техніко-економічні показники технологій

№ з/п	Показники	Один. вим.	Базова	Проектна
1.	Площа	га	80	80
2.	Врожайність	ц/га	320	370
3.	Персонал: - Механізатор - інші робітники	чол.	1 1	1 1
4.	Агрегаткування		МТЗ-82 та сівалка УПС-8	МТЗ-82 та сівалка УПС-8М
5.	Валовий збір	ц	25600	29600
6.	Норма виробітку за змiну	га/зм	17,7	20,9
7.	Маса	кг	1278±3%	1278±3%

Техніко-економічний аналіз технологій (табл. 5.2) показав, що запропоновані агротехнологічні рішення дозволять зменшити собівартість посівної кампанії на 13% та дозволить отримати позитивний економічний ефект від впровадження запропонованих дозуючих систем. Методика розрахунку базувалась на рекомендаціях [29-31] та наведена у додатках.

Таблиця 5.2

Техніко-економічні показники ефективності запропонованих заходів

Показник	Показники порівняння базової технології (+) і запропонованої (-), %
1. Врожайність, ц/га.	+15,6
2. Валовий збір, ц.	+15,6
3. Капітальні вкладення, грн./га.	+14,1
4. Продуктивність операції, га/год.	+18,0
5. Собівартість посіву всього, грн.	-13,5
6. Питома собівартість посіву, грн./га	-13,5

6. Висновки

В магістерській кваліфікаційній роботі отримано наступні результати:

1. Проведений пошуковий аналіз технологічних особливостей та зроблені відповідні пропозиції по вдосконаленню агротехнології вирощування цукрових буряків.
2. Обґрунтована технологічна карта на вирощування цукрових буряків з проведенням відповідних розрахунків, проведений технологічний розрахунок операції посіву агрегатом у складі трактора МТЗ-82 і сівалки УПС-8М. Проведені розрахунки дозволять виконати посів у відповідності до агровимог, з мінімальними затратами і в найкоротші терміни.
3. Аналіз перспективних напрямків розвитку сівалок для точного посіву, патентної інформації, наукових досліджень вказав на необхідність модернізації конструкції пневмомеханічного висівного апарата. Запропоновано внести зміни в дозуючий пристрій шляхом використання адаптивних робочих елементів, що дозволить покращити точність висіву насіння цукрових буряків без значного збільшення енергоємності процесу. При цьому, оптимальна компоновка функціональних елементів дозволила залишити незмінними габаритні розміри висівного апарату.
4. Шляхом проведення експериментальних досліджень обґрунтовані кінематичні і геометричні параметри адаптивних дозуючих елементів. Раціональні значення основних параметрів висівного апарата: лінійна швидкість на радіусі дозування становить 0,3 м/с; величина вакууму у пневмокамері 1 кПа; ширина отворів дозуючого диску становить 2,2 мм.
5. Отримані результати теоретичних пошукових та експериментальних досліджень дозволили обґрунтувати технологічні, кінематичні, енергетичні параметри складових частин дозуючої системи сівалки, що сприятиме зниженню металомісткості, енергоємності і собівартості виготовлення сівалки.
6. В розділі охорони праці запропоновані заходи, що усунуть небезпеки і зменшать дію шкідливих факторів при вирощуванні цукрових буряків.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Економічно обґрунтована модернізація пневмомеханічного висівного апарата та підтверджена економічна доцільність його використання. Завдяки запропонованим змінам можливо отримати як приріст врожайності, так і зменшення собівартості вирощування цукрових буряків.

Оскільки впровадження запропонованих дозуючих систем дозволяє збільшити продуктивність посіву при забезпеченні його належної якості, при цьому отримуємо позитивний економічний ефект, така конструкція робочого органу може бути перспективною для впровадження у виробництво.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список літератури

1. Вплив агротехніки на формування насіннєвої продуктивності висадків цукрових буряків / А.С. Скіданова, С.В. Філоненко // Матеріали VII науково-практичної інтернет-конференції «Наукові тенденції формування агротехнологій». Полтавська державна аграрна академія, 2019. – С. 67-76. URL: <https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/node/1239/materialy-internet-konferenciyi-roslynnyctvo-2019-roku.pdf>.
2. Особливості технології вирощування буряків цукрових в східному Лісостепу України (Наукове видання) / М. Г. Цехмейструк, В. М. Костромітін, Р. А. Гутянський та ін. // Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. – м. Харків, 2015. – 58 с. URL: <http://internal.khntusg.com.ua/fulltext/PAZK/UCHEBNIKI/593.pdf>.
3. Технічні культури: Підручник / А.С. Малиновський, В.Г. Дідора, М.В. Грищак та ін.; За заг. ред. професора А.С. Малиновського. – Житомир: Видавництво ДВНЗ “Державний агроєкологічний університет”, 2007. – С. 4-66. URL: http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/4510/1/%D0%A2%D0%9A_2007_304.pdf.
4. Елементи технології у підвищенні продуктивності буряків цукрових / Р. М. Шаповаленко // Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур : тези доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених (29 березня 2018 р., м. Київ) / Нац. акад. аграр. наук України, Ін-т біоенергетичних культур і цукрових буряків ; М-во аграр. політики та прод. України, Укр. ін-т експертизи сортів рослин. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2018. С. 46-47.
5. Резерви підвищення продуктивності буряків цукрових / V. A. Doronin, Yu. A. Kravchenko, V. V. Dryha etc. // Новітні агротехнології. Рослинництво. – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. – № 6 (2018). DOI: <https://doi.org/10.21498/na.6.2018.165817>.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Сучасний стан та ефективність виробництва цукрових буряків / Л. А. Ільків / «Молодий вчений». – № 11 (63). – листопад, 2018 р. – С. 1124-1127. URL: <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2018/11/261.pdf>.
7. Присяжнюк О. І. Вивчення продуктивності сучасних гібридів цукрових буряків в умовах недостатнього вологозабезпечення / О. І. Присяжнюк. // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2016. – № 5. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2016_5_18.
8. Мирошниченко М. С. Вплив системи удобрення та обробітку ґрунту на забур'яненість посівів цукрових буряків в короткоротаційних сівозмінах // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: зб. наук. праць, Ін-т біоенергет. культур і цукр. буряків, Нац. акад. аграр. наук України. Київ, 2020. Вип. 28. С. 29-36. URL: http://bioenergy.gov.ua/sites/default/files/articles/5_myroshnychenko-29-36_0.pdf.
9. Jursik M., Holec J. Future of weed management in sugar beet in Central Europe. Listy cukrovarnicke a reparske. 2019. Vol. 135, Iss. 5–6. P. 180–186.
10. Агротехнічні заходи весняно-польового комплексу робіт у господарствах Харківської області в 2020 році (науково-практичні рекомендації) // Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. – м. Харків, 2019. – 47 с. URL: <http://naas.gov.ua/upload/iblock/631/%D0%92%D0%9F%D0%A0-2020.pdf>.
11. 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 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>.
12. Машиновикористання у рослинництві. Технологічний регламент використання машин у рослинництві: Навчальний посібник / А.Д. Гарькавий,

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Г.М. Калетнік, І.І. Мельник, В.В. Лихочвор, Д.Г. Кондратюк. – ВДАУ, ЛДАУ, НТУСГ, 2009. – 160 с. URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/944.pdf>.
13. Characterization of peripherally based cells of the pneumatic-mechanical seeding machine of accurate sowing for tilled crops / K. Vasytkovs'ka, O. Vasytkovs'kyu, S. Leschenko, D. Petrenko // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кіровоград: КНТУ, 2014. - Вип. 44. - С. 3-6.
 14. Васильковський, М. І. Аналіз процесу точного висіву насіння просапних культур і обґрунтування основних напрямків його вдосконалення / М. І. Васильковський, К. В. Васильковська // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кіровоград: КНТУ, 2012. - Вип. 42, ч. 1. - С. 69-74.
 15. Васильковська, К. В. Кроки до забезпечення програмування врожайності просапних культур / К. В. Васильковська, С. М. Лещенко, О. М. Васильковський // Збірник тез доповідей IV Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання», Київ, 16-17 лют. 2017 року. – К. : Видавничий центр НУБіП України, 2017. – С. 86-88.
 16. Васильковська, К. В. Моделювання точного висіву пневмомеханічним висівним апаратом / К. В. Васильковська // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кропивницький : КНТУ, 2016. - Вип. 46. - С. 9-15.
 17. Результати експериментальних досліджень роботи висіваючих апаратів посівних машин для систем точного землеробства / М. О. Свірень, С. М. Лещенко, А. І. Бойко, О. О. Банний // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кіровоград: КНТУ, 2011. - Вип. 41, ч. 1. - С. 208-216.
 18. С.И. Шмат, В.С. Шмат. Некоторые закономерности высева семян пневматическими высевающими аппаратами // Конструирование и технология пр-ва с.-х. машин: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – К.: Техніка, 1997.– Вып. 11. – С. 22-24.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Амосов В.В. Обґрунтування параметрів універсального висівного апарата для просапних культур. Дис. на здобуття ступеня канд. техн. наук: 05.05.11 /КНТУ. – Кіровоград, 2007.
20. Патент № 35828 А, Україна, МКИ А₀₁С7/04. Пневматичний висівний апарат /Шмат С.І., Корнєв Ю.М. і ін./. Опубл. 16.04.2001 р. – 3 с.
21. Патент № 35266 А, Україна, МКИ А₀₁С7/04. Пневматичний висівний апарат / Мартиненко С.А, Ауліна Т.М. та ін./. Опубл. 10.09.2008 р. – 2 с.
22. Патент № 37268 А, Україна, МКИ А₀₁С7/00. Пневматичний висівний апарат / Мартиненко С.А, Новіков О.Г., Дранко М.В. та ін./ Опубл. 25.11.2008 р. – 2 с.
23. Патент № 28380 А, Україна, МКИ А₀₁С7/04. Пневмомеханічний висівний апарат /Корнєв Ю.М., Шмат С.І./ Опубл. 16.10.2000 р. – 4 с.; Патент № 25949 А, Україна, МКИ А₀₁С7/04. Пневматичний висівний апарат / Мартиненко С.А, Остапчук М.В. та ін./. Опубл. 27.08.2007 р. – 2 с.
24. Несмиян А.Ю. Теория работы высевяющего аппарата пропашной сеялки вакуумного типа / А.Ю. Несмиян, В.В. Должиков, А.В. Яковец // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – Изд-во Белгородский ГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – № 2. – С. 72–74.
25. Статистична обробка експериментальних даних. Методичні вказівки для виконання статистичних розрахунків для практичних занять, курсових та дипломних проєктів для студентів технічних спеціальностей / Ю. В. Кулешков, М. І. Черновол, В. В. Аулін [та ін.]. – Кіровоград : КДТУ, 2001. – 108 с.
26. 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.
27. Гандзюк М.П. Основи охорони праці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / М.П. Гандзюк, Є.П. Желібо, М.О. Халімовський. За редакцією М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2003. – 408 с.
28. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник / В.Ц. Жидецький – Львів: Афіша, 2002.– 320 с.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

29. Єрмаков О.Ю., Організація сільськогосподарського виробництва. Навч. метод. посібник— 2 –ге вид., доп. і перер. - К.: НАУ, 2007. – 266 с.
30. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник - К.: Вища освіта, 2013. – 535 с.
31. Нелеп В. М. Планування на аграрному підприємстві: Підручник. –2-ге вид., перероб. та доп. — К.: КНЕУ, 2004. — 495 с.

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					МВБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток 1

Необхідну кількість агрегатів розраховуємо за формулою:

$$N_a = \frac{Q_p}{H_B \cdot n_{зм} \cdot n_{агр}}, \quad (5.1)$$

де Q_p – обсяг робіт ($Q_p = 80$ га);

H_B – норми виробітку агрегату за зміну (робочий день): ($H_{в.баз} = 17,7$ га, $H_{в.пр} = 20,9$ га)

$n_{зм}$ – кількість змін роботи, ($n_{зм} = 1$);

$n_{агр}$ – заданий термін виконання операцій, днів ($n_{агр} = 5$ днів);

Відповідно:

Базовий $N_a^{\text{баз}} = \frac{80}{17,7 \cdot 1 \cdot 5} = 0,90$ приймаємо 1 агрегат;

Проектний $N_a^{\text{пр}} = \frac{80}{20,9 \cdot 1 \cdot 5} = 0,77$ приймаємо 1 агрегат

Необхідну кількість працівників і механізаторів для виконання операції посів визначаємо за формулою:

$$N_m = N_a \cdot N_{ам} \cdot n \quad (5.2)$$

де $N_{ам}$ – кількість механізаторів, що обслуговують один агрегат;
 $N_{ам} = 1$ чол.

Відповідно:

Базовий $N_m^{\text{баз}} = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$ особа

Проектний $N_m^{\text{пр}} = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$ особа

Витрати на енергоносії для виконання операцій визначаємо за:

$$B_{ен} = O_p \cdot B_{п.о.р.} \cdot Ц_{о.п.} \quad (5.3)$$

де O_p – обсяг робіт, га

$B_{п.о.р.}$ – витрати палива на одиницю роботи, л/га;

$Ц_{о.п.}$ – ціна за одиницю, грн.

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

Базовий $B_{ен}^{\sigma} = 80 \cdot 4,81 \cdot 29,0 = 11159,2$ грн.

Проектний $B_{ен}^{np} = 80 \cdot 3,92 \cdot 29,0 = 9094,4$ грн.

Витрати на заробітну плату працівникам за виконання операції визначаємо наступним чином:

Заробітна плата механізаторів. Визначаємо основну зарплату за формулою:

$$З_0 = \frac{З_{д.т.} \cdot O_p}{П} \quad (5.4)$$

де $З_{д.т.}$ – змінна тарифна ставка механізатора на сівбі ($З_{д.т.}=189,95$ грн.);

П – продуктивність за зміну, га.

Відповідно

Базовий $З_o^{\sigma} = \frac{189,95 \cdot 80}{17,7} = 858,53$ грн.

Проектний $З_o^{np} = \frac{189,95 \cdot 80}{20,9} = 727,08$ грн.

Додаткову зарплату визначаємо за формулою:

$$З_д = З_o \cdot K_д, \quad (5.5)$$

де $K_д$ – коефіцієнт, враховуючий додаткову зарплату, ($K_д = 0,15$)

Відповідно

Базовий $З_o^{\sigma} = 0,15 \cdot 858,53 = 128,78$ грн.

Проектний $З_o^{np} = 0,15 \cdot 727,08 = 109,06$ грн.

Доплату за класність визначаємо за формулою:

$$З_{кл} = K_K (З_o + З_o^{\sigma}) \quad (5.6)$$

де K_K – коефіцієнт, враховуючий надбавку за класність ($K_K = 0,1$).

Відповідно

Базовий $З_{кл}^{\sigma} = 0,1 \cdot (858,53 + 128,78) = 98,73$ грн.

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

Проектний $Z_{кл}^{np} = 0,1 \cdot (727,08 + 109,06) = 83,61$ грн.

Суму витрат по заробітній платі визначаємо за формулою:

$$C_{в.п.з.} = Z_o + Z_d + Z_{кл} \quad (5.7)$$

Відповідно

Базовий

$$C_{в.п.з.}^b = 858,53 + 128,78 + 98,73 = 1086,04 \text{ грн.}$$

Проектний

$$C_{в.п.з.}^{np} = 727,08 + 109,06 + 83,61 = 919,75 \text{ грн.}$$

Розрахунок суми відрахувань на соціальні заходи при виконанні операцій:

$B_{сз}$ – єдиний соціальний внесок складає:

$$B_{сз.} = 0,22 \cdot C_{впз} \quad (5.8)$$

Свпз - сума витрат по заробітній платі, грн.

Базовий $B_{сз}^b = 0,22 \cdot 1086,04 = 238,93$ грн.

Проектний $B_{сз}^{np} = 0,22 \cdot 919,75 = 202,35$ грн.

Норма амортизаційних відрахувань для тракторів та сільськогосподарської техніки складає 15% від їх балансової вартості.

Виконуємо розрахунок сум амортизаційних відрахувань для виконання операції.

За базовою технологією агрегат складається з трактора МТЗ-82 + сівалка УПС-8.

За проектною технологією агрегат складається з трактора МТЗ-82 + сівалка УПС-8М.

Завантаження агрегату за час роботи визначаємо за формулою:

$$T_z = \frac{O_p}{H_b \cdot N_a} \cdot 7; \quad (5.9)$$

де 7 – тривалість робочого дня, год.

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

Базовий $T_z^{\delta} = \frac{80}{17,7} \cdot 7 = 31,64 \text{ год.}$

Проектний $T_z^{np} = \frac{80}{20,9} \cdot 7 = 26,79 \text{ год.}$

Суму амортизаційних відрахувань на трактор визначаємо за формулою:

$$A_{mp} = \frac{H_{від} \cdot Ц_{mp}}{З_{p.n.mp.}} \cdot T_a; \quad (5.10)$$

де $H_{від}$ – норма відрахувань, $H_{від} = 0,15$;

$Ц_{тр}$ – балансова вартість трактора;

$З_{p.n.тр.}$ – планове річне завантаження трактора, $З_{p.n.тр.} = 1350 \text{ год/рік.}$

Базовий $A_{mp}^{\delta} = \frac{0,15 \cdot 192000 \cdot 31,64}{1350} = 674,99 \text{ грн.}$

Проектний $A_{mp}^{np} = \frac{0,15 \cdot 192000 \cdot 26,79}{1350} = 571,52 \text{ грн.}$

Розрахунок амортизаційних відрахувань на сільськогосподарську техніку визначаємо за формулою:

$$A_{сгм} = \frac{H_{від} \cdot Ц_{сгм} \cdot T_z}{З_{p.n.c/г.м.}}, \quad (5.11)$$

де $З_{p.n.c/г.м.}$ – планове річне завантаження сільськогосподарської техніки;

$З_{p.n.c/г.м.} = 70 \text{ год.}$

Базовий $A_{сгм}^{\delta} = \frac{0,15 \cdot 35790 \cdot 31,64}{70} = 2426,56 \text{ грн.}$

Проектний $A_{сгм}^{np} = \frac{0,15 \cdot 40830 \cdot 26,79}{70} = 2343,93 \text{ грн.}$

Сума відрахувань становить:

Базовий $A_{\delta} = 674,99 + 2426,56 = 3101,55 \text{ грн.}$

Проектний $A_{np} = 571,52 + 2343,93 = 2915,45 \text{ грн.}$

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

$$C_{\text{пр}} = \frac{\Pi_{\text{п}} \cdot P \cdot T_{\text{ф}}}{Z_{\text{рпс}} / \Gamma} \quad (5.12)$$

де Р – норма відрахувань, Р = 0,15;

$$C_{\text{р.б.}} = \left(\frac{0,149 \cdot 192000}{1350} + \frac{0,09 \cdot 35790}{70} \right) \cdot 31,64 = 2126,43 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{р.пр}} = \left(\frac{0,149 \cdot 192000}{1350} + \frac{0,09 \cdot 40830}{70} \right) \cdot 26,79 = 1974,07 \text{ грн.}$$

Накладні витрати становлять:

$$H_{\text{в}} = \frac{k_{\text{н}}}{100} \cdot (Z_{\text{од}} + A) \quad (5.13)$$

де $k_{\text{н}}$ – відсоток накладних витрат;

$Z_{\text{од}}$ – заробітна плата основна і додаткова;

A – амортизаційні відрахування.

$$\text{Базовий } H_{\text{б}} = \frac{105}{100} \cdot (1086,04 + 3101,55) = 4396,97 \text{ грн.}$$

$$\text{Проектний } H_{\text{п}} = \frac{105}{100} \cdot (919,75 + 2915,45) = 4026,96 \text{ грн.}$$

Розрахунок собівартості виконання відповідних операцій за базовою та проектною технологіями.

Розрахунок проводимо за формулою:

$$C_i = B_{\text{ен}} + C_{\text{впз}} + B_{\text{сз}} + A + B_{\text{р}} + H \quad (5.14)$$

де $B_{\text{ен}}$ – витрати на енергоносії;

$C_{\text{впз}}$ – основна заробітна плата робітників;

$B_{\text{сз}}$ - відрахування на соціальні заходи;

A - амортизаційні відрахування на техніку;

$B_{\text{р}}$ – витрати на ремонт і технічний догляд;

$B_{\text{зг}}$ – сума загальногосподарських витрат;

$B_{\text{зв}}$ - сума загальновиробничих витрат.

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

$$C_i^{\sigma} = 11159,2 + 1086,04 + 238,93 + 3101,55 + 2126,43 + 4396,97 = 22109,12 \text{ грн.}$$

$$C_i^{np} = 9094,4 + 919,75 + 202,35 + 2915,45 + 1974,07 + 4026,96 = 19132,98 \text{ грн.}$$

Річна економія складає:

$$E_p = 22109,12 - 19132,98 = 2976,14 \text{ грн.}$$

Економічний ефект:

$$E_{\phi} = E_p - 0,125 \cdot \Delta k \quad (5.15)$$

$$E_{\phi} = 2976,14 - 0,12 \cdot (40830 - 35790) = 2371,34 \text{ грн.}$$

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

[illegible]

[illegible]

[illegible]

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

Механізація вирощування цукрових буряків
з обґрунтуванням конструкції
пневмомеханічного висівного апарата

Виконав : ст. гр. АІ-19М-1,4 Сергій НІКОНОРОВ

Керівник : доцент Дмитро ПЕТРЕНКО

Кропивницький, 2020

MDE 00000 TU

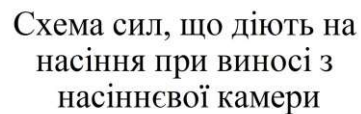
1 - трактор МТЗ-8,
2 - сідалка УПС-8
3 - маркер

$R=6,72m$
 $B=5,6m$
 $L=980m$
 $L=28m$
 $L=644m$
 $E=28m$

Л - довжина гонів
 Лр - робоча довжина зазатки
 Е - ширина подорожньої смуги
 е - довжина від'їзду агрегату
 Вр - ширина захвату агрегату

[illegible]

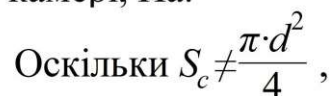
MB5 00.001 H4



F - сила тертя поверхні висівного диска по насінню, що присмокталось;
 P_{PP} - сила присмоктування;
 P_{PB} - сила підпору насіння ворущилкою;
 P_{TP} - сила тертя прилеглого шару насіння по частинці, що присмокталась;
 P_B - сила вертикального тиску вищележачого шару насіння;
 mg - сила тяжіння;
 $m \frac{dV}{dt}$ - сила інерції.

$$\frac{F}{\sum R} = \frac{\kappa_{\phi} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H \cdot f}{\sqrt{(m \frac{dV}{dt} - P_{nb} \cdot \cos \eta + m \cdot g \cdot \sin \omega t + P_b \cdot \sin \omega t)^2 + (m \cdot g \cdot \cos \omega t - P_{nb} \cdot \sin(90 - \eta) + P_b \cdot \cos \omega t)^2}} \geq 1. \quad (1)$$

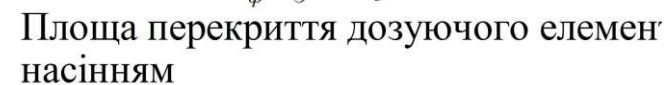
k_{ϕ} - коефіцієнт просочування повітря, $k_{\phi} = 0,9 \dots 1,5$;
 S_c - площа перекриття дозуючого елемента насінням, м^2 ;
 H - розрідження в вакуумній камері, Па.



Можливе розташування насіння відносно дозуючого елемента

[illegible]

Траєкторія руху дозуючих елементів

$$h = \frac{\sqrt{m^2 \cdot g^2 + P_{II}^2 + 2 \cdot m \cdot g \cdot P_{II} \cdot \cos \alpha}}{\kappa_\phi \cdot t_\phi \cdot H \cdot f} \quad (4)$$


де b - середня ширина насіння, м.

Запропоновані висівний диск і прокладка вакуумної камери

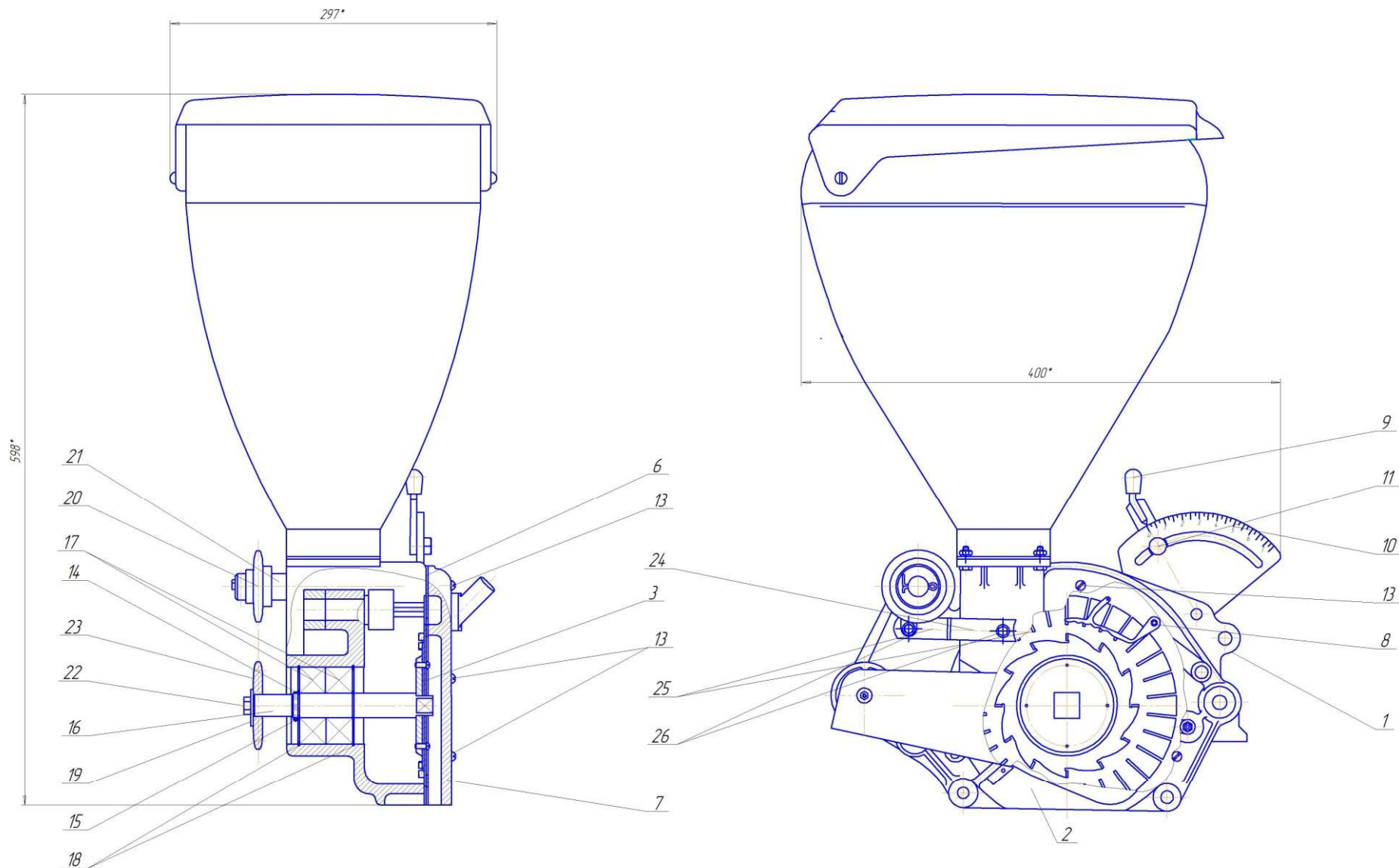
[illegible]

MDP 00000000

$$\Pi\Phi E=2^3$$

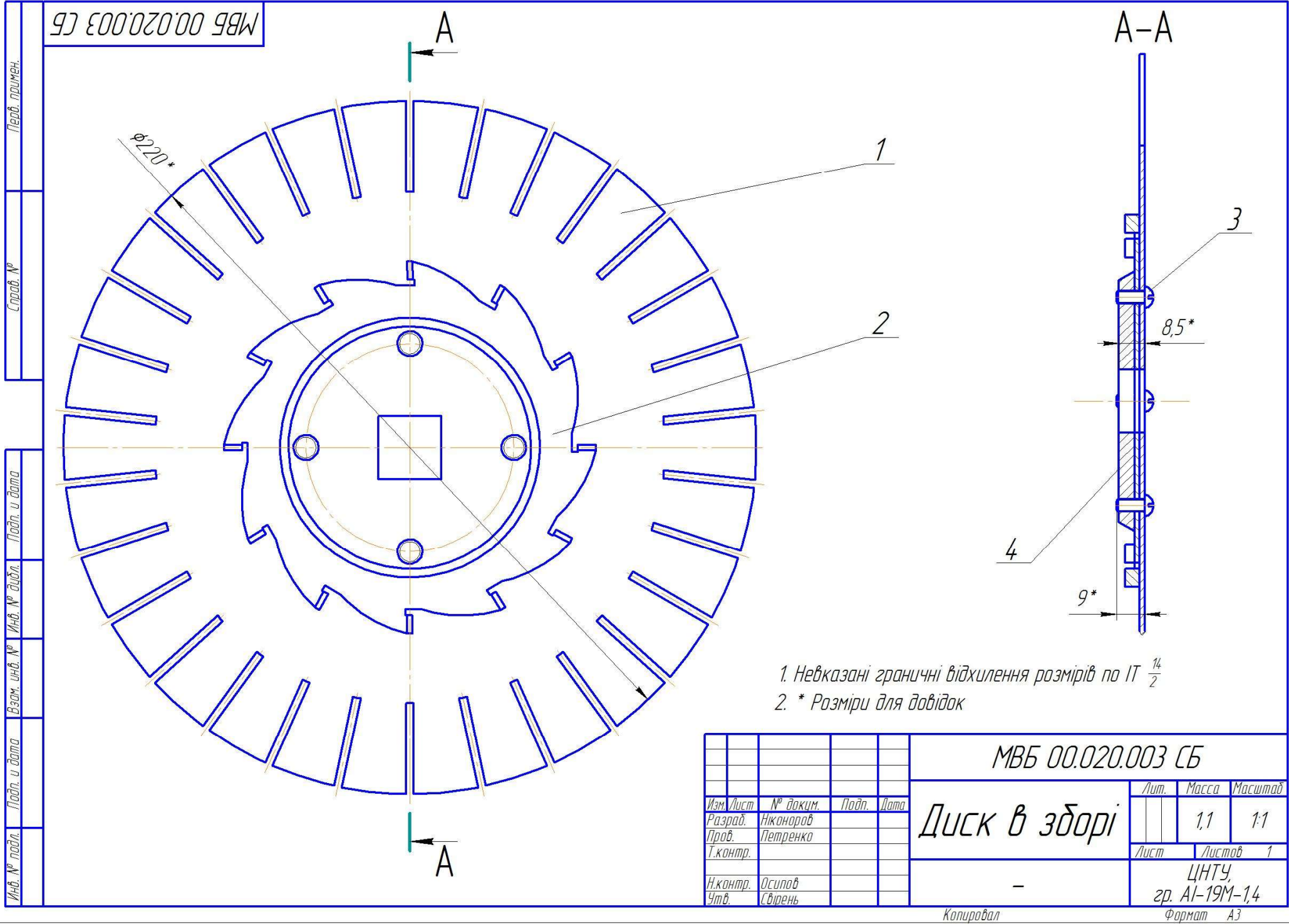
де Y - коефіцієнт рівномірності висіву, що встановлює відношення кількості фактично висіяного насіння n_{ϕ} до його планової кількості $n_{пл}$

[illegible]



1. Взаємне зміщення вінців зрізочок не більше 1 мм.
2. Вали повинні обертатися під дією крутного моменту не більше 5 Нм.
3. *Разміри для довідок.

				МББ 00.020 СБ		
Лист	М. Висок	Лист	М. Висок	Висівний апарат		
Розроб	Нижня	Лист	М. Висок	Лист	Маса	Маса
Контр.	Відривка	Лист	М. Висок	Лист	22,5	21
Контр.	Відривка	Лист	М. Висок	Лист	ЦНТЧ	
Контр.	Відривка	Лист	М. Висок	Лист	зр. АІ-19М-14	
				Копіюваль		
				Формат А1		



Перв. примеч.

Спав. №

Подп. и дата

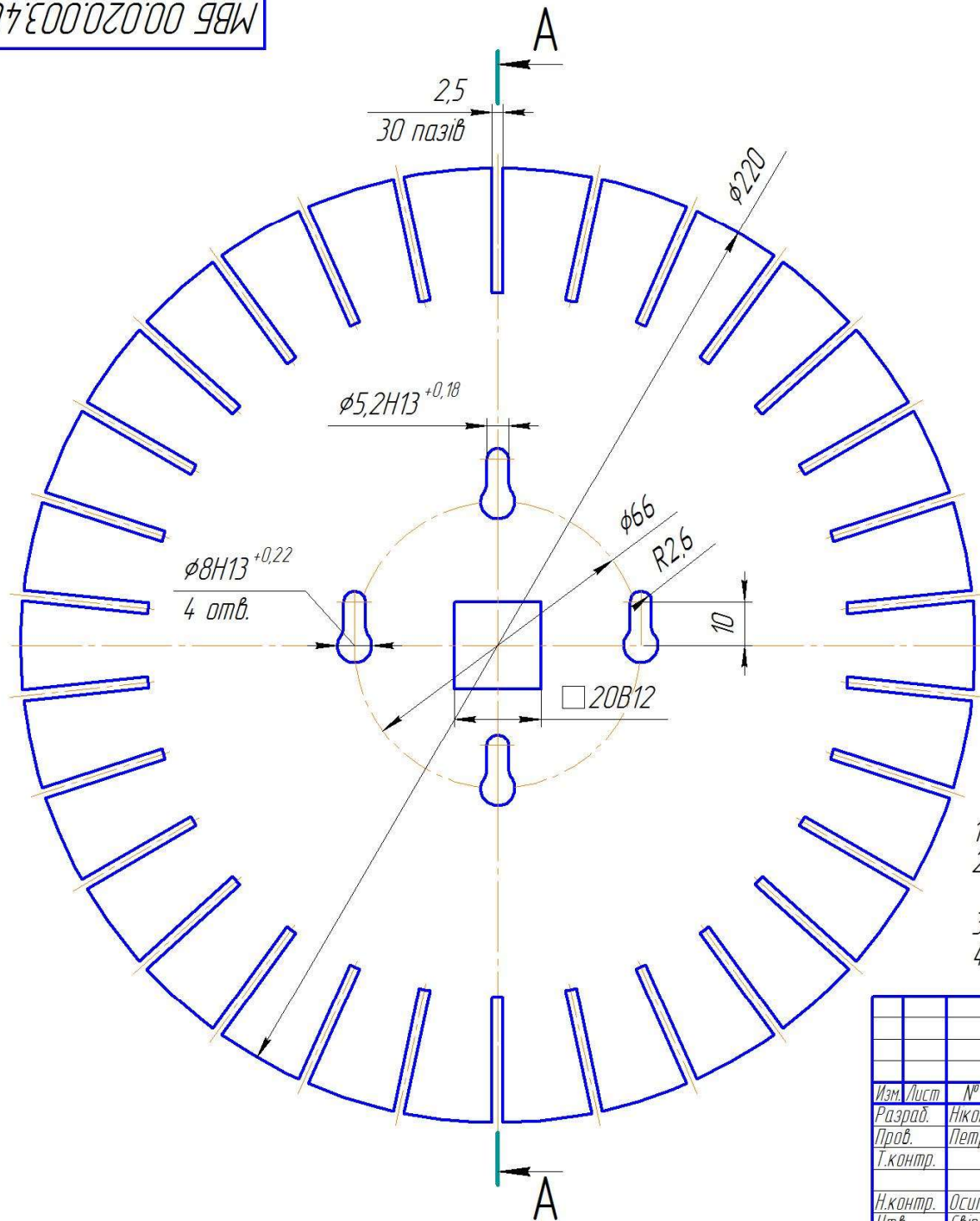
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

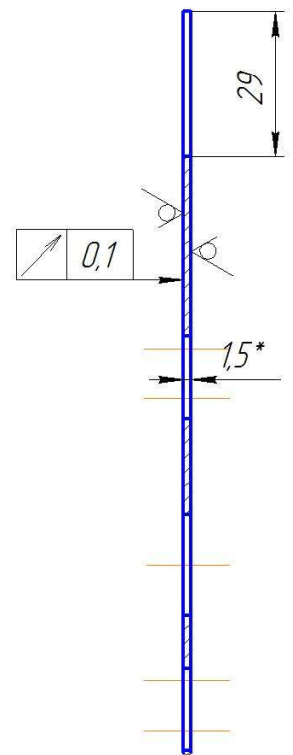
Инв. № подл.

МББ 00.020.003.401



A-A

✓ Ra 6,3 (✓)



1. В отворах і на поверхні диска задири не допускаються.
2. Клеїти диск електродисковим методом.
Маркувати шрифтом 5 ПрЗ ГОСТ 26.008-85.
3. Інші технічні вимоги по Н 126.00.000ДТ.
4. *Розміри для довідок

					МВБ 00.020.003.401			
Изм./Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Диск	Лист	Масса	Масштаб	
							0,35	1:1
					Лист		Листов	1
					Лист 6-ПН-0-1,5 ГОСТ 19904-74 Сталь 12Х13 ГОСТ 5582-76			
Н.контр.	Осипов				ЦНТУ, гр. АІ-19М-1,4			
Утв.	Свирень				Копировал Формат А3			

Копировал

Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата		Инв. № подл.	
MBB 00.020.006													

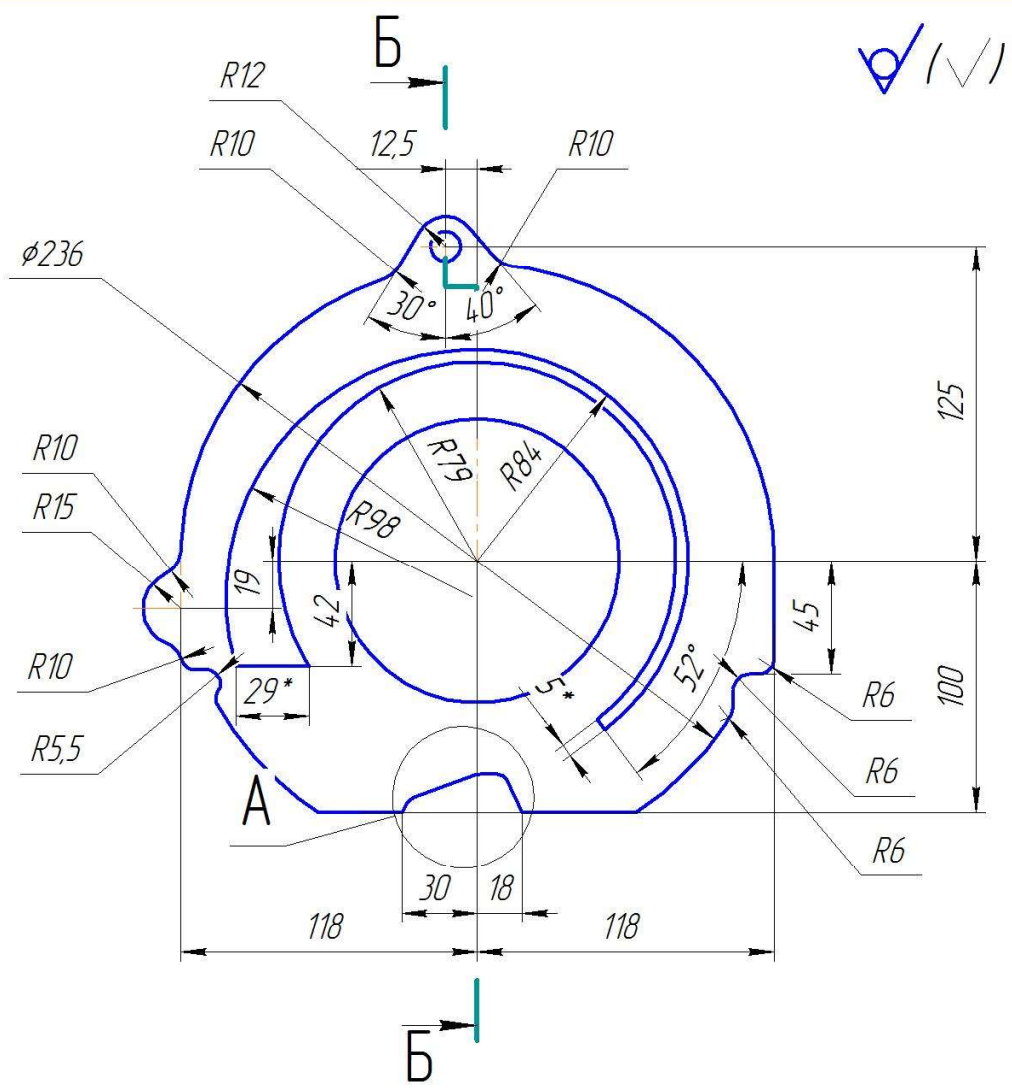
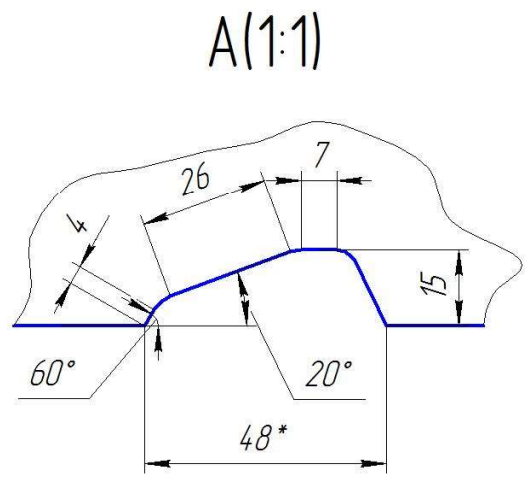
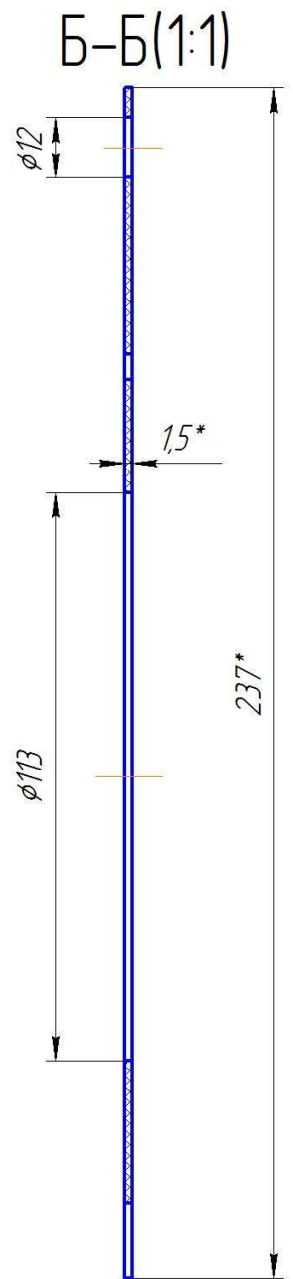
Б-Б(1:1)

Ø12

1,5*

Ø113

237*



1. Невказані радіуси закруглень R4.
2. Невказані граничні відхилення розмірів по IT $\frac{14}{2}$.
3. *Розміри для довідок.

MBB 00.020.006				Лист		Масса	Масштаб
Прокладка						0,035	1:2
Лист				Листов		1	
Поліамід 6 ТУ 113-03-07-04-897				ЦНТУ,		зр. АІ-19М-1,4	
Копировал				Формат		А3	

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Никонов		
Проб.		Петренко		
Т.контр.				
Н.контр.		Осипов		
Чтв.		Свирень		

Инв. № подл.

Формат А3