Центральноукраїнський національний технічний університет
Міністерство освіти і науки України
Агротехнічний факультет
Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

«Допущено до захисту»
Зав. кафедрою СГМ
д.т.н., професор
_____ Микола СВІРЕНЬ
«___» _____2021 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за ступенем вищої освіти «Магістр»

на тему:

«Механізація виробництва гороху з модернізацією повітряної камери сепаратора зерна»

Виконав студент ІІ курсу групи АІ-20МЗ(1,4)
спеціальності 208 «Агроінженерія»
_____Роман ГЛУЩЕНКО
«____»_____2021 р.
Керівник проекту
доцент, кандидат технічних наук
_____ Олександр Нестеренко
«_____» _____2021 р.
Рецензент _____
_____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет: АГРОТЕХНІЧНИЙ

Кафедра: СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Рівень вищої освіти: МАГІСТР

Галузь знань: 20 АГРАРНІ НАУКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВО

Освітньо-професійна програма: 208 АГРОІНЖЕНЕРІЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Микола СВІРЕНЬ

«___» _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА

Глущенко Роман Миколайович

1. Тема роботи: «**Механізація виробництва гороху з модернізацією повітряної камери сепаратора зерна**»

2. Керівник роботи: Нестеренко О.В., канд. техн. наук, доцент

3. Строк подання студентом роботи до захисту: 12.12.2021 року

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи: удосконалити технологію виробництва гороху та підвищити ефективність його післязбирального очищення

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
	Олександр НЕСТЕРЕНКО		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Пояснювальна записка	01.12.2021	
2	Ілюстративна частина	10.12.2021	
3	Перевірка роботи на доброчесність	12.12.2021	
4	Захист роботи	12-25.12.2021	

Дата видачі завдання

«10» вересня 2021 р.

Підпис керівника _____ Олександр НЕСТЕРЕНКО

Завдання прийнято до виконання

«10» вересня 2021 р.

Підпис здобувача _____ Роман ГЛУЩЕНКО

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				Документація загальна		
A4			*МВГМПС 00.000 ПЗ*	Пояснювальна записка	*52*	
A1			*МВГМПС 00.000. С2*	Функціональна схема	*1*	
				Документація по		
				технологічній частині		
A1			*МВГМПС 00.001 ТЧ*	Технологічна карта	*1*	
				Документація по		
				науковій частині		
A1			*МВГМПС 00.001 НЧ*	Огляд ЗОМ	*1*	
A1			*МВГМПС 00.002 НЧ*	Експериментальна установка	*1*	
A1			*МВГМПС 00.003 НЧ*	Результати досліджень	*1*	
				Документація по		
				Інженерній частині		
A0			*МВГМПС 00.000 СБ*	Модуль повітряно-решітний	*1*	
				Деталі		
A3			*МВГМПС 00.130.602*	Лоток	*1*	
A3			*МВГМПС 00.130.603*	Напрямний лоток	*1*	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	*МВГМПС 00.000 ВП*		
Розроб.		Глущенко			Відомість проекту	Літ.	Аркуш / Аркушів
Перевір.		Нестеренко					1
Н. контр.		Мачок Ю.В.				*ЦНТУ гр. АІ-20М3 (1,4)*	
Затв.		Свірень М.О.					

ЗМІСТ

1. Вступ
2. Технологічна частина
3. Науково-дослідна частина
4. Охорона праці
5. Економічна частина
6. Висновки

Список використаних джерел

Додатки

1. ВСТУП

Одною із стратегічно важливих задач для нашої країни на сьогоднішній день є виробництво зерна. Україна залишається одним з найбільших виробників зерна і входить в трійку світових експортерів зернових культур, що безумовно має стратегічне значення і суттєво впливає на її економічний стан [1].

За останні десятиліття темпи росту виробництва сільськогосподарської продукції значно збільшилися. Спостерігається значна переорієнтація фермерів на використання у виробництві зернових культур інтенсивних технологій вирощування та застосування більш якісного посівного матеріалу.

Останнім часом в агропромисловому комплексі України спостерігається значна переорієнтація на мультикультурність [6]. Отже, в рамках цієї тенденції, можемо спостерігати значне розширення площ вирощування бобових культур, оскільки приходить необхідність використання даної групи як гарних попередників, особливо після культур, що виснажують ґрунти як з точки зору забезпечення вологою, так і поживними елементами. В зв'язку з цією тенденцією науковцями розроблені та впроваджені різноманітні технологічні аспекти вирощування бобових культур, зокрема і гороху, у відповідності до різних ґрунтових і кліматичних умов та регіонів України.

Тому, основною задачею для аграріїв на сьогодні, створення таких умов вирощування бобових культур, зокрема, гороху, при яких буде отримуватись максимальна врожайність і зберігатись родючість грунтів.

Отже, метою даної магістерської роботи є обґрунтування вдосконалення технології вирощування гороху та його післязбиральної обробки з метою забезпечення комплексної механізації виробничих процесів, дотримання агровимог і мінімалізації витрат.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2. Аналіз технології вирощування гороху.

2.1. Загальна характеристика культури.

Серед зернових бобових культур, які вирощують в Україні, горох займає одне з найбільших після сої, що становить близько 30 % всіх площ. Таке значне поширення гороху пояснюється його високою врожайністю та цінними продовольчими і кормовими якостями [1, 2].

Середня врожайність гороху в Україні досягає до 24 ц/га, у кращих господарствах 40 - 45 ц/га і більше. Одержання таких високих урожаїв - свідчення великих можливостей господарств країни в подальшому зростанні середньої врожайності гороху [3].

Морфобіологічні та екологічні особливості гороху. Горох має кілька видів, з яких найпоширеніші: поліморфний і культурний посівний. Підвидами посівного є горох звичайний посівний, горох польовий (пелюшка) та ін.

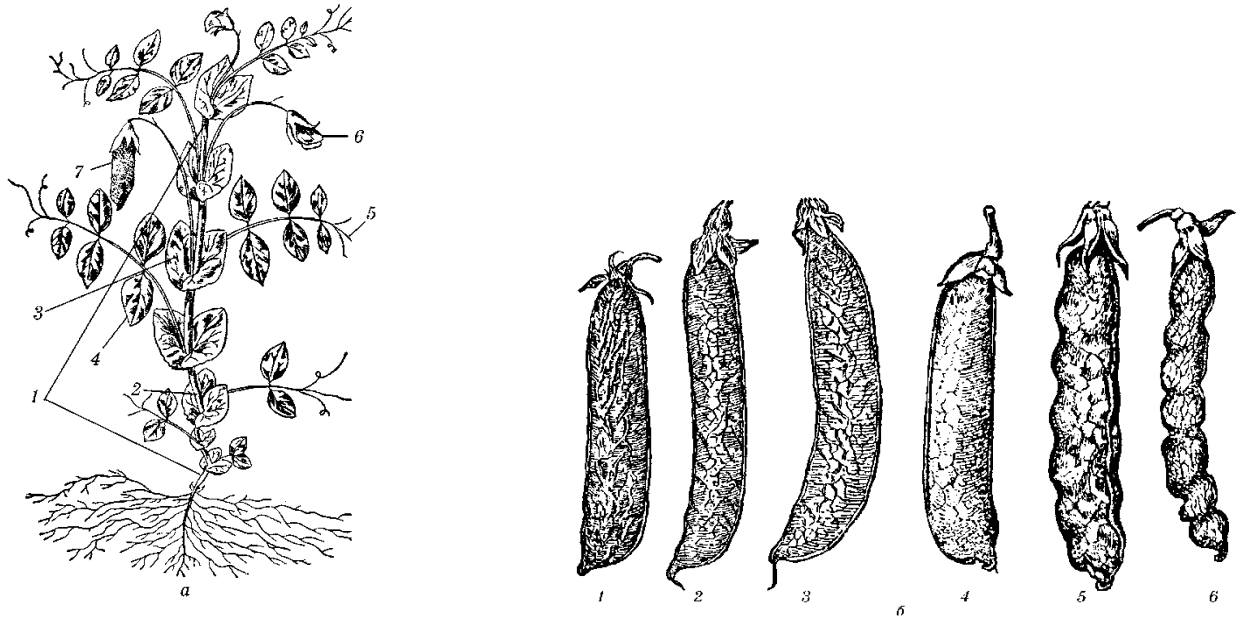
У гороху посівного білі квітки, зелене листя, кулясте гладеньке, інколи зморшкувате насіння однотонного забарвлення (біле, зелене, рожеве) і світлі рубчики (рис. 2.1.). Маса 1000 насінин становить 150 -300 г. Цей підвид найпоширеніший у культурі.

Горох невибагливий до тепла. Насіння його починає проростати, коли ґрунт прогріється всього до 1 -2 °С, а сходи добре витримують короткочасні заморозки до мінус 5 - 7 °С. Найсприятливішою температурою для гороху у період вегетації є 15 - 18 °С. Проте в період наливання і дозрівання зерна для гороху потрібна дещо вища температура (близько 25 °С).

До ґрунтів у гороху підвищені вимоги. Найкращими для гороху є середні за механічним складом суглинкові й супіщані родючі чорноземні ґрунти, багаті на фосфор, калій і кальцій, з нейтральною або слабкокислою реакцією ґрунтового розчину (pH 6 - 7).

За тривалістю вегетаційного періоду горох належить до скоростиглих культур - визріває за 75 - 115 днів. Тому його часто вирощують як парозаймаючу культуру [3].

Горох - самозапильна рослина, проте в жарку погоду спостерігається також його перехресне запилення.



а) б)

Рис. 2.1. Загальний вигляд гороху: а)- рослина; б)- плоди.

а - загальний вигляд: 1 - стебло; 2- міжвузля стебла; 3 - прилистник; 4 - пластинка пірчастого листка; 5- вусики (редуковані листкові пластинки); 6- квітка; 7- біб; б- форми бобу: лущильного: 1 - пряма; 2- зігнута; 3- шаблеподібна; зеленого: 3, 4- лущильного; 5- мече-подібного цукрового; 6- чоткоподібного цукрового

Районовані в Україні сорти зернового гороху належать переважно до середньостиглих сортотипів. Серед них поширені сорти гороху: Аграрій, Акціонер, Вінничанин, Грапіс, Інтенсивний 92, Надійний, Норд, Топаз 2, Світязь, Таловець 50, Харківський 85 та ін.

Місце в сівозміні. Залежно від зони господарювання горох у сівозміні висівають після удобрених озимих культур, кукурудзи на зерно або силос, картоплі, льону-довгунця, у районах достатнього зволоження -після цукрових буряків.

Не потрібно сіяти горох після або поблизу інших бобових культур, з якими в нього багато спільних шкідників. Не рекомендується також часто (через кожні 4 - 5 років) знову повертати горох у сівозміні на його попереднє місце, щоб запобігти гороховій втомі: він сильно уражується кореневими гнилями, фузаріозом,

пошкоджується нематодами, плодожеркою, бульбочковими довгоносиками, гороховим комариком.

Згідно завдання попередником для гороху обрано озиму пшеницю.

Система удобрення. Горох відносять до культур з високими вимогами щодо мінерального живлення. а тому він добре реагує на внесення добрив. Так, згідно досліджень, для формування 1 т зерна сої необхідно до 40 кг фосфору та калію, а також 70-100 кг азоту [4, 5].

Горох добре використовує поживні елементи внесених під попередник органічних і мінеральних добрив. Крім того, завдяки симбіозу з азотфіксуючими (бульбочковими) бактеріями, горох спроможний задовольнити до 70 % потреби в азоті, а також до поглинання важкодоступних елементів живлення, що знаходяться в ґрунті [3-5].

Для умов північного Степу України, враховуючи середній рівень забезпечення ґрунту поживними елементами, приймаємо норму мінеральних добрив N30P45K60. За можливості, необхідну дозу добрив корелюють у господарстві, провівши дослідження на вміст поживних речовин в ґрунті. Рекомендовано вносити міндобрива восени під «зяблевий» обробіток.

Органічні добрива безпосередньо під горох не вносять, бо вони викликають надмірний ріст вегетативної маси.

Обробіток ґрунту. На посівах гороху, розміщених після стерньових попередників (озимої пшениці), при наявності однорічних бур'янів проводять одне дискування (ЛДГ-15) на глибину 6 - 8 см та звичайну зяблеву оранку плугами ПЛН-5-35 або ПЛП-6-35 на глибину 20 - 22 см. Якщо поле забур' янене, його дискують двічі дисковими лущильниками або боронами (ЛДГ-10А, ЛДГ-15А, БДТ-7) на глибину 10 - 12 см; на площах з коренепаростковими бур’янами - перший раз та дискують на глибину 6 - 8 см, другий - через 10 - 15 днів лемішними лущильниками (ППЛ-10-25) на глибину 12 - 14 см. Зяблеву оранку проводять на глибину 20 - 22 см.

При вирощуванні гороху після кукурудзи площу після її збирання двічі дискують у поперечних напрямках важкими дисковими боронами (БДТ-3, БДТ-7) на глибину 10 - 12 см і орють на зяб на глибину 25 - 27 см.

Після стерньових попередників зазвичай проводять лущення стерні на глибину 6-8 см. За умов чистих від бур'янів полях обмежуються 1-им неглибоким лущенням (ЛДГ-10, ЛДГ-15, ЛДГ-20, БДТ-7). У випадку значної засміченості полів використовують пошаровий обробіток, збільшуючи з кожним разом глибину обробітку. В такому випадку, крім лущильників, рекомендовано залучити важкі плоскорізні культиватори типу КПШ-9, КПШ-5, КПЕ-3,8 та ін. [5].

Дослідження останніх років [6, 7] показали, що на чистих від бур'янів полях, особливо в ерозійних районах, оранку доцільно замінити глибоким обробітком (чизельними знаряддями) на глибину 30-60 см.

Це зумовлює необхідність відповідної техніки для безполицевого обробітку ґрунту і ефективних гербіцидів, що в свою чергу забезпечить застосування мінімальних (Mini-Till) та нульових (No-Till) систем підготовки ґрунту.

Передпосівний обробіток. При досягненні фізичної стиглості ґрунту, необхідно провести ранньовесняне боронування для знищення бур'янів та закриття вологи, а також вирівнювання волокушами або шлейф-боронами типу ШБ-2,5.

У випадку появи сходів бур'янів, необхідно провести культивацію на глибину 10-12 см з одночасним боронуванням, а в іншому випадку проводиться культивація з одночасним вирівнюванням поверхні поля на глибину загортання насіння.

Підготовка насіння до сівби. Підготовка насіння гороху до сівби включає протруювання та обробку бактеріальними препаратами з додаванням мікроелементів. Одночасно з протруюванням можна застосовувати ризоторфін лише при використанні фундазолу Також до бактеріальних препаратів слід додати стимулятори росту.

Сівба. Сіють горох як правило звичайним рядковим способом зерновими сівалками, наприклад, СЗ-3,6, СЗП-3,6 та ін. Сошники при цьому менше забиваються вологим ґрунтом та насіння висівається рівномірніше, ніж при вузькорядній сівбі.

Норми висіву гороху залежать від зони вирощування, особливостей сорту та посівних якостей насіння.

Рекомендовані зональні норми висіву становлять: для південних степових районів України 0,9 -1,0 млн схожих зерен на 1 га, лісостепових 1,3 -1,4 млн, поліських до 1,5 млн. Для низькорослих сортів норму висіву збільшують на 0,1 - 0,2 млн зерен, а для високорослих приблизно на стільки ж зменшують. За вузькорядної сівби або при висіванні насіння в сухий ґрунт норму висіву збільшують на 10 - 15 %.

Глибина загортання насіння на важких ґрунтах 4 - 5 см, середніх і легких 6 - 7 см. При пересиханні посівного шару, враховуючи, що горох не виносить на поверхню сім' ядолі, насіння, насамперед крупнозерних сортів, можна загортати на глибину 8 - 10 см.

Глибину заробки насіння визначають залежно від грунтово-кліматичних умов – за умов достатнього водозабезпечення вона рекомендовано 3-4 см, в іншому випадку глибину загортання збільшують до 4-6 см [4, 5].

Догляд за посівами. Першим заходом догляду за горохом у посушливу весну є післяпосівне коткування ґрунту, яке сприяє підтягуванню вологи до насіння та кращому контактуванню його з ґрунтом. Цей захід забезпечує також більш якісне збирання гороху жатками. Для коткування використовують гладкі котки СКГ-2,2 або 3ГКВ-1,4 в агрегаті з посівними борінками для створення мульчуючого шару ґрунту або кільчасто-шпорові 3ККШ-6. Якщо немає гербіцидів, до появи сходів проводять одне-два боронування для знищення бур'янів у фазі «білої ниточки» та зменшення випаровування ґрунтової вологи.

З появою сходів посіви також боронують (під кутом до сівби) зубовими або сітчастими боронами БЗС-1,0, ЗБП-0,6А, БСО-4А та іншими. Боронування повторюють, коли на рослинах буде 3 - 4 листки (до утворення вусиків).

В подальшому, якщо з’являються бур'яни в період вегетації, вносять страхові гербіциди.

Боротьба з шкідниками і хворобами заключається в обробці посівів відповідними інсектицидами. Найбільш відповідальний період – закладання генеративних органів та формування насіння.

Збирання врожаю. Збирання гороху починають у фазі повної стиглості після скидання листя при вологості 13-14 % на низькому зрізі. За цих умов горох легко

вимолочується і майже не травмується. При меншій вологості (12% і менше) ймовірне зростання травмування та втрат врожаю.

Збирання гороху виконують зерновими комбайнами прямим комбайнуванням з переобладнанням жниварки для забезпечення мінімальної (4-6 см) висоти зрізу. Частоту обертів барабану встановлюють на рівні 500-600 об./хв з метою зменшення дроблення насіння.

Післязбиральна обробка. Після збирання насіння гороху потребує очищення від домішок та, за потреби, підсушування. Для цього використовують зерноочисні комплекси чи агрегати типу ЗАВ, КЗС і ін.

На токах господарств очищення проводять зерноочисними машинами ОВС-25, ОВП-20А, ОЗП-20, АСХ-5 та ін.

Обмолочене й очищене насіння зберігають при вологості 14 -15 %.

У відповідності до проведеного аналізу проектуємо технологічну карту вирощування гороху.

Згідно методичних рекомендацій [20] проводимо відповідні технологічні розрахунки для кожної операції та заносимо отримані дані до технологічної карти, яка представлена в графічній частині.

Визначення показників вдосконаленого процесу сепарації

Визначаючи операції післязбирального очищення зібраного врожаю, потрібно виходити з продуктивності операції збирання гороху в полі. В господарських умовах збирання гороху відбувається комбайном «ДОН-1500Б». Для знаходження продуктивності комбайна у полі під час збирання гороху варто використати співвідношення:

$$W_к = 0,01 \cdot B_ж \cdot V_к \cdot A \cdot \tau_0,$$

де $B_ж$ – ширина захвату агрегату, комбайн «ДОН-1500Б» при збиранні гороху $B_ж$ =6 м;

V_k – робоча швидкість комбайна при комбайнуванні гороху, км/год, V_k =8 км/год;

A – розрахункова врожайність гороху на полі, т/га А=2,5 т/га;

τ_0– під час збирання гороху на полі значення коефіцієнту технологічного обслуговування комбайну

$$\tau_0 = t_0 / (t_0 + t_p),$$

t_0– час виконання робочого ходу при комбайнуванні гороху, год, t_0 =18 год;

t_p – час, протягом якого відбувається розвантаження гороху в транспортний засіб із зупинкою комбайна, год, t_p =1,6 год;

$$\tau_{0=} {}^{18}/_{(18+2,5)} = 0,88$$

$$W_k = 0,01 \cdot 6 \cdot 8 \cdot 2,5 \cdot 0,88 = 1,056 \text{ т/год}$$

З урахуванням того, що в полі одночасно може працювати декілька комбайнів «ДОН-1500Б», сумарна продуктивність операції збирання двома комбайнами дорівнює W=1,056·*2*=2,2 т/год. Тоді і загальна продуктивність зерноочисної машини, якої буде достатньо для очищення зібраного зерна гороху без його скупчення буде $Q_{год}$ =2,2 т/год.

Розрахуємо змінну продуктивність запропонованої зерноочисної машини, можна провести за відомою формулою:

$$Q_{зм} = Q_{год} \cdot T_{зм},$$

де $T_{зм}$ – тривалість часу зміни, протягом якого горох очищується на току, $T_{зм}$ =7 год.

$$Q_{зм} = 2,2 \cdot 7 = 15,4 \text{ т/зм.}$$

Визначаємо час, який потрібен для того, щоб провести очищення всього зібраного гороху. Зважаючи на площу поля, на якому вирощується горох в господарстві і його врожайність, зібрано в цьому році на цьому полі $B_з$ = 1250 ц = 125 т, а час для його очищення знаходиться за формулою:

$$\text{Т} = \frac{B_з}{Q_{год}} = \frac{125}{2,2} = 56,81 \text{ год}$$

Приймаємо 58 год.

Тоді, для того, щоб провести післязбиральне очищення всього урожаю зібраного гороху потрібно

$$\text{Д} = \frac{\text{Т}}{7} = \frac{58}{7} = 8,28 \text{ нормо-змін.}$$

Зерноочисне відділення в господарстві, як в багатьох інших господарствах, працює в дві зміни, тому, враховуючи розрахункове значення нормозмін та роботу агрегату в дві зміни весь врожай гороху можна очистити за 9 днів, що не перевищує вказані строки для проведення операцій попереднього очищення зібраного гороху, і дорівнює 9…12 днів.

Визначити кількість зерноочисних машин, які потрібно щоб були на току господарства для очищення зібраного гороху:

$$n = \frac{Д}{З \cdot A_c},$$

де $З$ – кількість змін, в період жнив проводяться операції очищення зібраного гороху, $З$ =2 зміни;

A_c – допустимі строки проведення очищення зібраного з одного поля врожаю гороху A_c =12 днів.

$$n = \frac{9}{2 \cdot 12} = 0{,}38$$

тому для цих операцій достатньо 1 машини.

Розрахунок потужності N_c, що потрібна для роботи електродвигуна зерноочисної машини, знаходиться за формулою:

$$N_c = \frac{N}{\eta \cdot \cos\varphi},$$

де N –загальна потужність електродвигуна, що потрібна для роботи зерноочисної машини, N =1,1 кВт;

η – ККД електродвигуна під час очищення, η =0,8…0,9

$cos\varphi$ – коефіцієнт потужності електродвигуна, $cos\varphi$ =0,8…0,9

Враховуючи, отримаємо:

$$N_c = \frac{1{,}1}{0{,}9 \cdot 0{,}85} = 1{,}44 \text{ кВт.}$$

За методикою можемо знайти й реальне значення сили струму, яку споживатиме двигун при його роботі з мережі змінного струму, що має вираз

$$I = 1000 \cdot \frac{N_c}{U \cdot \sqrt{3}},$$

де U– напруга струму у мережі, від якої працює зерноочисна машина, В.

$$I = 1000 \cdot \frac{1,44}{380 \cdot \sqrt{3}} = 2,19 \text{ А.}$$

Знайдемо витрати праці, що затрачаються на очищення гороху, що виражається у одиницях виконання роботи

$$З_п^о = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ люд.-год./т.}$$

З врахуванням зроблених розрахунків, загальні витрати праці на проведення зерноочисних операцій по очищенню всього врожаю гороху дорівнює:

$$З_п = В_з \cdot З_п^о,$$

$$З_п = 125 \cdot 0,5 = 62,5 \text{ люд.-год.}$$

Підготовка зерноочисної машини й робочого місця до роботи

Зерноочисна машина типу ІПС, якою рекомендуємо в господарстві проводити попереднє очищення гороху, є стаціонарною зерноочисною машиною для навантаження якої необхідно використовувати завантажувачі зерна будь-якого типу, наприклад ковшові чи шнекові завантажувачі, або можна проводити завантаження із норій.

Перед початком зерноочисних операцій з запропонованою зерноочисною машиною потрібно провести такі роботи:

- провести контроль придатності до робіт та технічного стану необхідного інструменту, додаткового обладнання й пристосувань та пристроїв, що використовуються для її роботи, налагоджень, контролю за якістю робіт і ТО зерноочисної машини;
- провести усунення виявлених перешкод, які ускладнюють чи заважають реалізувати процес очищення гороху, та забезпечити заходи, що б не допускали потрапляння перепон під час роботи зерноочисної машини;
- проконтролювати та перевірити ТО зерноочисного обладнання, його справність й продуктивність;
- провести повне технологічне й технічне обслуговування зерноочисної машини, перевірити якість виконання робіт після обслуговування.

Після проведення всіх контрольних операцій та необхідних робіт, машину запускають в роботу й очищають певну партію насіння гороху, ретельно контролюючи якісні показники процесу, та за потреби проводять додаткові регулювання й заново перевіряють загальні показники процесу.

Контроль основних показників очищення гороху проводимо на основі визначення вмісту домішок в очищеному матеріалі та втрат зерна в домішках.

Якісні показники зерноочисних операцій є аналогічними для всіх робіт по очищенню зібраного урожаю гороху. Під час проведення зерноочисних операцій з точки зору якості регламентується два показники повнота виділення домішок та чіткість сепарації.

Вміст домішок в очищеному зерні повинен зменшитися при попередньому очищенні не менше ніж на 50%, а при первинному –не менше ніж на 60%, втрати зерна в домішках не повинні перевищувати при попередньому очищенні 0,2% та 0,5% при первинному.

Оцінка якості роботи зерноочисної машини за якісними показниками відбувається за стандартною методикою [14], а ефекту очистки і чіткості сепарації розраховується за формулами:

$$\varepsilon = \frac{A - B}{Б} \cdot 100\%,$$

$$z = \frac{B}{A} \cdot 100\%,$$

де A –домішки, що виділяються із вихідного матеріалу, кг;

$Б$ –домішки в вихідному матеріалі, що потрапляє на сепарацію кг;

B – вміст повноцінного зерна гороху, яке потрапило у відходи, кг.

Ефект очистки, що регламентується стандартом для попереднього очищення гороху повинен бути не меншим за 60%, чіткість сепарації насіння гороху не повинен перевищувати 5% [14].

3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Загальна характеристика роботи

Метою роботи є вдосконалення конструкції та обґрунтування параметрів пневмосистеми інерційного прямоточного сепаратора ІПС для підвищення якості пневмосепарації.

Задачі досліджень:

- провести огляд аналіз роботи пневмосистем аналогічних зерноочисних машин та обґрунтувати напрямок вдосконалення пневмосистеми інерційного прямоточного сепаратора;
- аналітично обґрунтувати раціональні параметри напрямної поверхні живильного лотка;
- довести доцільність застосування вдосконаленої пневмосистеми сепаратора та обґрунтувати його раціональні параметри;
- провести експериментальні дослідження та визначити раціональні параметри напрямної поверхні живильного і порівняти його з традиційним введенням в канал.

Предмет досліджень - живильний пристрій в формі напрямного лотка для введення зерна в пневмосепаруючий канал.

Об'єкт дослідження - процес введення зернового матеріалу напрямним живильним лотком.

Наукова новизна отриманих результатів.

- Вдосконалено напрямок підвищення якості роботи повітряної системи інерційного сепаратора шляхом зміни форми напрямних поверхонь живильників.
- Вперше обґрунтовано область раціональних значень параметрів живильника інерційного сепаратора.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження проводились з використанням математичного аналізу та моделювання. Експериментальні дослідження проводились із застосуванням методів статистичного опрацювання

3.2. Огляд пневмосистем зерноочисних машин.

Однією із найважливіших операцій при очищенні зерна для його доведення до продовольчих та посівних кондицій та оптимальному виділенні фуражної фракції є процес пневмосепарації. Перевага повітряного сепарування перед іншими способами очищення та сортування в його універсальності: повітрям можна розділяти будь-яке зерно - від найдрібнішого (люцерна, мак та ін.) до найкрупнішого (кукурудза, боби).

Необхідність швидкої обробки зерна, в багатьох випадках значно засміченого і вологого, обумовлює специфічні вимоги до сепараторів попередньої очистки. Ці машини повинні мати продуктивність в 2 – 3 рази більшу, ніж наступні машини в поточній лінії, і в відповідності з агротехнічними вимогами, очищувати зерновий матеріал з вихідною вологістю до 35% і вмістом домішок до 20%, в тому числі крупних – до 5% . При цьому, повнота виділення домішок повинна бути не менше 50%, а втрати зерна – не більше 0,2% [7].

За конструкцією і порядком перебігу технологічному процесу ЗОМ розділяються на три основні групи [8]:

- пневмосепаратори, що очищують матеріал повітряним потоком;
- повітро – решітні машини, які розділяють домішки, що відрізняються від основної культури за аеродинамічними властивостями, шириною, товщиною;
- повітро–решітно–трієрні, що розділяють матеріал за аеродинамічними властивостями, шириною, товщиною та довжиною.

В залежності від технологій, що реалізуються для очищення в більшості господарств України використовують переважно машини російського та українського виробництва, як стаціонарні [8]: ЗД.10.000, ОВС-25С (Воронеж), МПО–50, МПО–100, Р8–БЦС–50 (Житомир), так і пересувні: ОВП–20, ОВС–25, ЗП–20, СВС–15 (Житомир), що мають комбіновану схему сепарації.

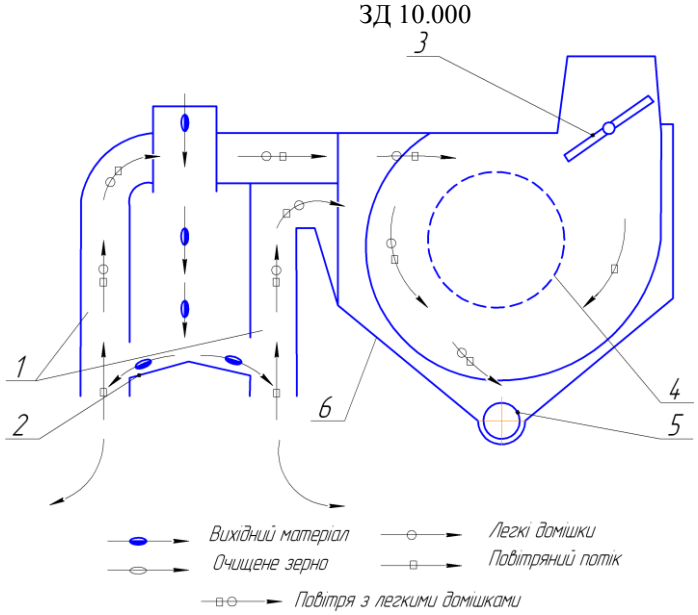
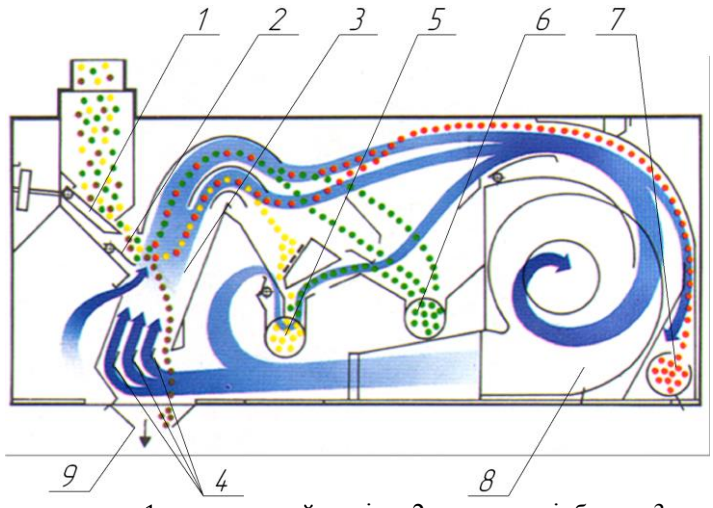
В більшості серійних ЗОМ застосовується традиційна схема очистки: з плоскими коливальними решетами та вертикальними повітряними каналами.

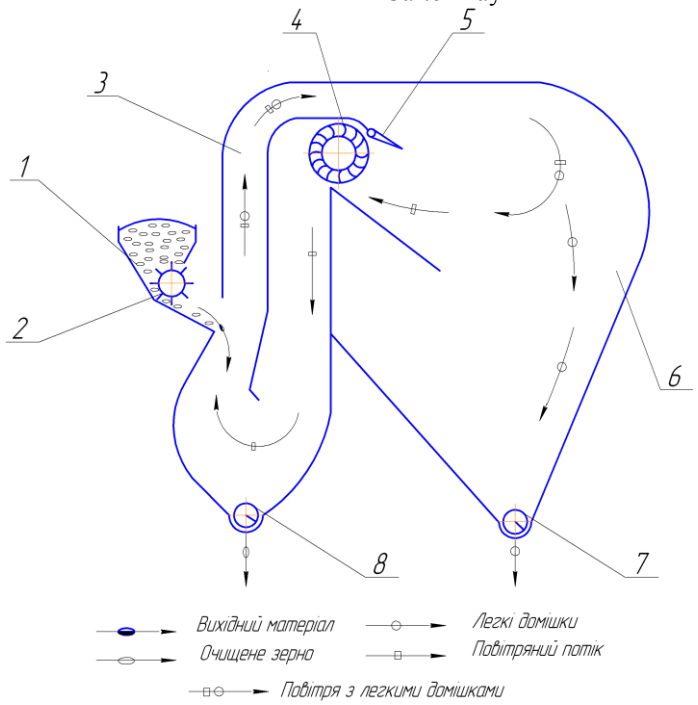
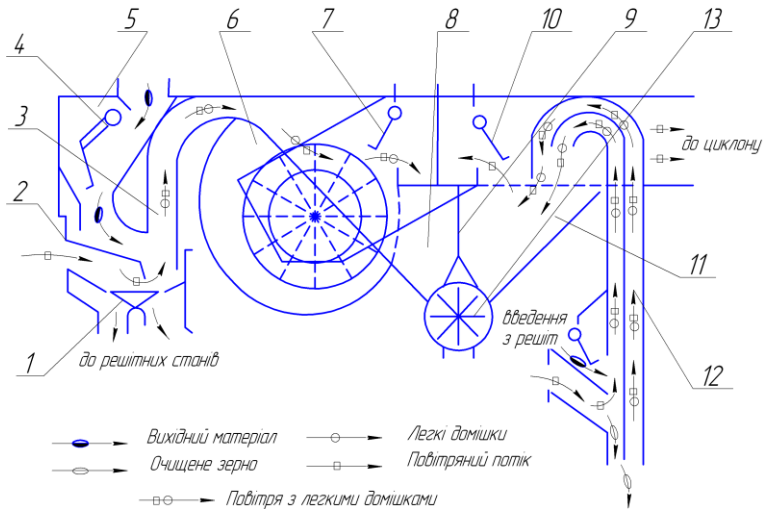
При цьому, використовуються як правило два ПСК: перший – до подачі матеріала на решітну очистку, другий – після, для доочищення [8, 9].

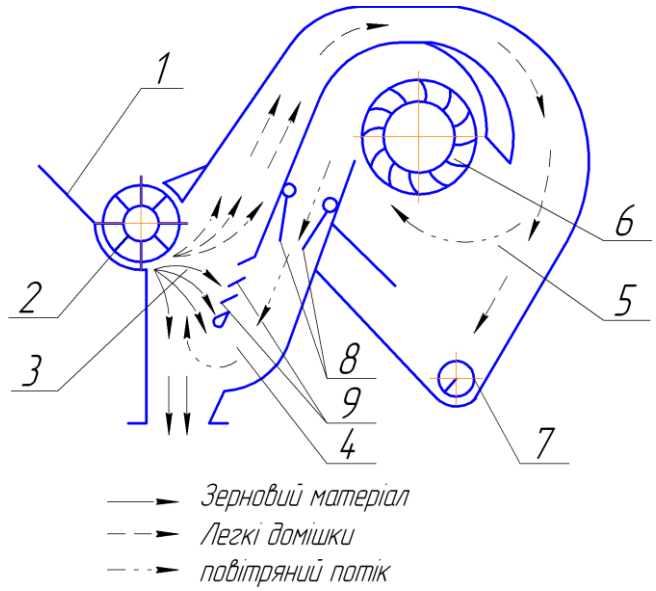
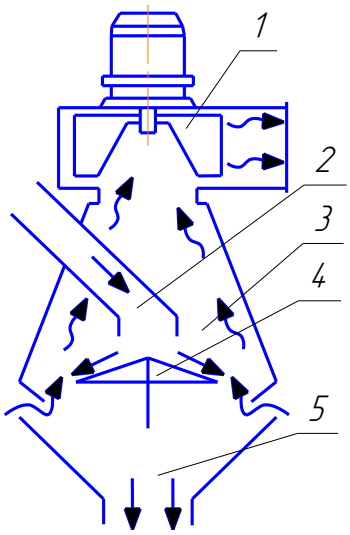
В таблицю 3.1 зведені найбільш характерні повітряні системи ЗОМ з відміченими перевагами і недоліками, та їх аналоги.

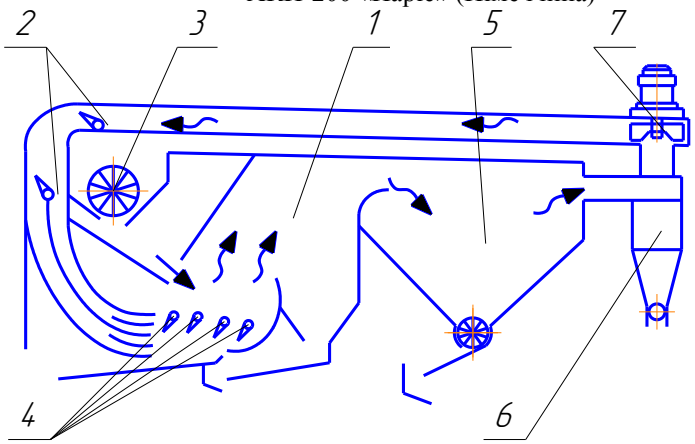
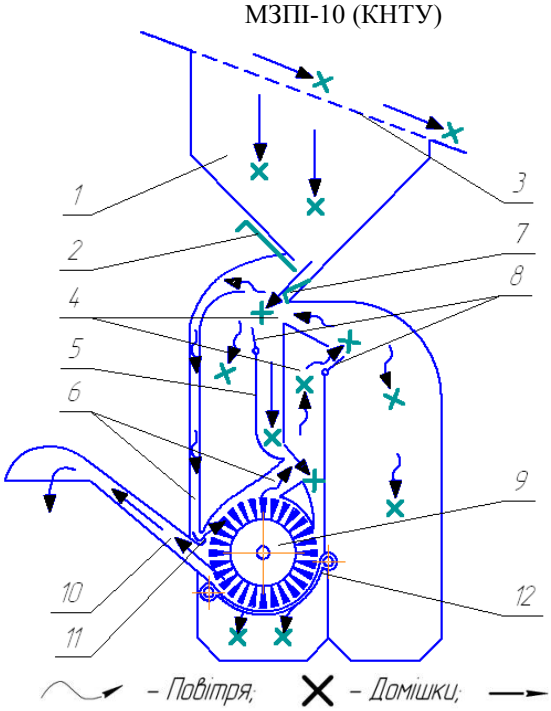
Таблиця 3.1.

Найбільш поширені пневмосистеми зерноочисних машин

Функціональна схема повітряної системи	Основні переваги та недоліки	Аналогічні схеми
1	2	3
ЗД 10.000  1 – ПСК; 2 – приймальна камера; 3 – регулювальна заслінка; 4 – вентилятор; 5 – приймальник легкої фракції; 6 – осадова камера;	Переваги: - має два ПСК, що обробляють матеріал паралельно до решіт, за рахунок чого підвищена продуктивність пневмосистеми. Недоліки: - складність регулювання пневмосистеми, так як збільшення опору в одному ПСК призводить до різкого збільшення швидкості в другому; - суттєво знижується продуктивність пнемосистеми при обробці більш вологої та засміченої зернової маси.	ОВС-25, ОВП-20, SM-120 «Camas», C800D «Ab Line Machiner» (Швеція) [8]; Hance 100, Hance 36 «I.W. Hance Manufactu-ring Ci» [8].
К-560 «Petkus»  1 – дросельний важіль; 2 – клапан-відбивач; 3 – ПСК; 4 – напрямники повітряного потоку; 5 – приймач пошкодженого зерна; 6 – приймач фуражного зерна; 7 – приймач дрібних домішок; 8 – вентилятор 9– приймач очищеного зерна	Переваги: - інтенсифікація введення зернового матеріалу в ПСК; - конструкція нижньої частини каналу забезпечує дворазове послідовне продування матеріалу; - замкнена схема циркуляції повітряного потоку. Недоліки: - складність в перенала-годженні на очистку різних культур; - висока енерго та металоємність при невисокій повноті розділення (50%).	В модифікації ЗОМ фірми «Petkus» К-523 – в зоні введення встановлені горизонталь-ні стержні які додатково розрихлюють зерновий матеріал [10]

1	2	3
Пневмосепаратор канадської фірми «Carter Day»  1 – завантажувальний бункер; 2 – живильний валець; 3 – ПСК; 4- вентилятор; 5- регулювальна заслінка витрат повітря; 6 – осадова камера; 7 – шнек легких відходів; 7 – шнек очищеного зерна;	Переваги: - за рахунок живильного вальця матеріал більш рівномірно розподіляється в робочій зоні ПСК; - дворазове послідовне продування зернового матеріалу повітряним потоком за рахунок конструкції ПСК нижче місця введення, над шнеком очищеного зерна та в місці подачі суміші. Недоліки: - обмежена питома продуктивність сепаратора;	Пневмосепара-тори фірм «Carter Day» (Канада) [8], А1-БДЗ-6; А1-БДЗ-12, СП-5), «Simon» (Англія) [8] та ін.
Пневмосепаратор «МСК Mashinenbau» (Німеччина)  1 – розподільчий пристрій; 2 – вібролоток; 3, 12 – ПСК; 4 – клапан маятникового типу; 5 – приймальна камера; 6 – відцентровий вентилятор; 7,10 – дросельні заслінки; 8,9 – перша та друга осадові камери; 13 – шлюзова заслінка.	Переваги: - використання замкненого повітряного потоку та діаметрального вентилятора; - дворазове продування матеріалу в зоні введення та в нижній частині каналу; - значно знижена металоємність – в 1,3…1,6 разів та енергоємність – в 2 рази в порівнянні з звичайними пневмосепараторами. Недоліки: - нестабільність роботи ПСК, за рахунок їх приєднання до одного вентилятора. Збільшення опору в одному з ПСК призводить до зменшення в другому.	«Петкус-Гигант» К-531 А, К-527А10 «Petkus» (Німеччина) [10]; СВУ-5А, СМ-4 , та ін.

1	2	3
МПО-100  1, 14 – підпружинені клапани; 2 – нагнітальний канал; 3 – ПСК; 4 – скатні дошки; 5 – підбивач; 6 – соломоприжими; 7 – сітчатий транспортер; 8 – шнек завантажувальний; 9 – клапан; 10 – діа-метральний вентилятор; 11 – дросельна заслінка; 12 – осадова камера; 13 – шнек легких домішок.	Переваги: - зерновий матеріал перед потраплянням в ПСК розрихлюється активним вальцем; - конструкція нижньої частини ПСК створює розширену зону сепарації та забезпечує дворазове продування матеріалу; - напроти місця введення встановлені жалюзі, через які зерновий матеріал обробляється зустрічним повітряним потоком; - замкнена схема циркуляції повітряного потоку. Недоліки: - невисокий ефект очищення, особливо підвищеної вологості і засміченості.	МПО -50 СПО-50, (Російська Федерація), [8].
Турбінний сепаратор SP-68 «Dauet» (Франція)  - Зерновий матеріал - Повітряний потік 1 – вентилятор; 2 – живильник; 3 – ПСК; 4 – розподільчий конус; 5 – приймальник очищеного зерна.	Переваги: - використання кільцьового ПСК, що дає можливість збільшити питомі навантаження; - висока продуктивність при низькій встановленій потужності. Недоліки: - незручна компоновка з плоскорешітними робочими органами.	DA-67 «Dauet» (Франція), та турбінні сепаратори фірм «Ocrim» (Італія), «Forsberg» (США), «Damos» (Данія) [8].

АКН-200 «Haple» (Німеччина)  - Зерновий матеріал - Повітряний потік 1 – пневмосепаруюча камера; 2 – дросельні заслінки; 3 – живильний валець; 4 – лопатки; 5 – осадова камера; 6 – циклон; 7 – відцентровий вентилятор	Переваги: - застосована фракційна схема технологічного процесу очистки; - використання направляючих лопаток створює додаткове розрихлення матеріалу в зоні пневмосепарації. Недоліки: - висока метало - та енергоємність повітряної частини машини; - при збільшенні питомого навантаження можливе забивання направляючих лопаток в пневмосепаруючій камері соломистими домішками.	Сепаратори фірм: «МСК Maschi-nenba» (Німеччина); «Cimbria» (Данія); «Kamas» (Швеція) та ін. [8].
МЗПІ-10 (КНТУ)  1 – бункер; 2 – заслінка; 3 – колосове решето; 4 – похилий та вертикальний ПСК; 5 – напрямник зернового матеріалу; 6 – повітропроводи; 7 – багатоструменевий ділильник; 8 – регулювальні заслінки; 9 – лопатевий ротор; 10 – відвантажувальний рукав; 11 – ежекційна щілина; 12 – решето.	Переваги: - застосована раціональна схема послідовності технологічних операцій; - перед введенням зернового матеріалу в ПСК встановлено багатоструменевий розподільник; - двократна очистка зерна в похилому та вертикальному ПСК; - застосування багатофункціо-нального робочого органу нового покоління (лопатевий ротор, прямоточно-інерційне самоочисне пруткове решето); - відсутність допоміжних робочих органів для виведення очищеного зерна та відходів; Недоліки: - питома продуктивність повітряної сепарації менша решітної, що ускладнює їх узгодження в одній машині;	–

Із приведеного огляду пневмосистем ЗОМ можна зробити наступні висновки:

- сучасні пневмосистеми як вітчизняних і закордонних ЗОМ мають схоже конструктивне виконання та відрізняються тільки збільшеною кількістю перегородок в пневмо каналах для стабілізації процесу пневмосепарації;

- збільшення ефективності використання повітряного потоку відбувається шляхом послідовної або паралельної дії на зерновий матеріал;
- збільшення питомого навантаження можливе шляхом послідовного очищення та доочищення зернової суміші, зони пневмосепарації, часу і площі контакту зернового матеріалу з повітряним потоком, збільшення та зміни геометрії ПСК, встановлення допоміжних елементів в ПСК .

3.3. Короткий огляд результатів досліджень пневмосепарації

Основним критерієм можливості розділення зернової суміші повітряним потоком являється відмінність швидкостей витання основного зерна та сторонніх домішок. Ефективність процесу сепарації знаходиться в прямій залежності від цього фактору, оскільки вірогідність повного розділення суміші можливе при різних інтервалах значень швидкості витання компонентів, тому низька їх вирівненість погіршує ефективність та чіткість сепарації.

Швидкість витання визначається з виразу [14]:

$$V_в = \sqrt{\frac{2G}{kF\rho}}, \qquad (3.1)$$

Деякі дослідники [14] запропонували оцінювати здатність чинити опір повітряному потоку коефіцієнтом парусності, який визначається із залежності:

$$j = \frac{R}{m} = \frac{k \cdot \rho \cdot F \cdot v^2}{2 \cdot m}, \qquad (3.2)$$

Досліджуючи аеродинамічні властивості зерен Безручкін [14], застосував до швидкості витання $v_в$ і коефіцієнта опору k зерен такі методи як вільне падіння зернівок в нерухомому повітряному середовищі, обдування нерухомих зернівок повітряним потоком, «зважування» зернівок в вертикальному повітряному потоці. На основі отриманих результатів, автор прийшов до висновку, про непостійність величини k і його залежності від степені турбулентності повітряного потоку (від числа Re).

Значно змінюється швидкість витання від концентрації зернового матеріалу в ПСК, що відбувається в реальних умовах пневмосепараційного процесу.

Аеродинамічно легкі домішки в практиці експлуатації ЗОМ, а також досліджень пневмосепаруючих машин оцінюють об'ємною масою домішок. Залежність ефективності сепарації від об'ємної маси (рис. 3.1) показують, що велика об'ємна маса домішок визначає великі швидкості витання, знижуючи ефективність очистки.

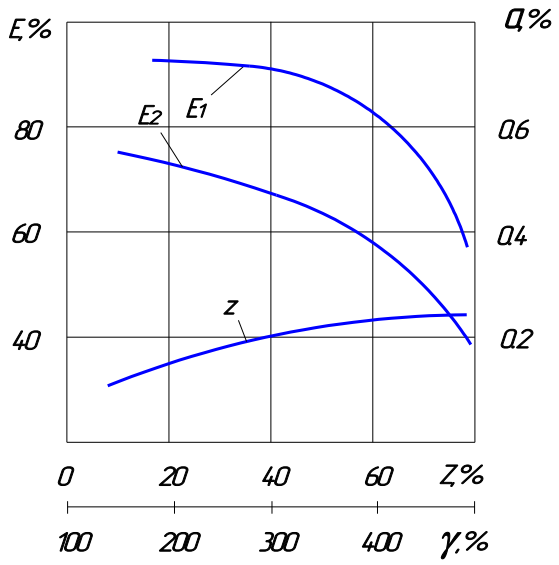


Рис. 3.1. Вплив об'ємної масси γ і вмісту легких домішок Z, на ефективність E та чіткість сепарації α: $E_1 = f(\gamma)$; E_2: $Z = f(Z)$.

На ефект очистки також суттєво впливає ступінь засміченості зерна аеродинамічно легкими домішками z. На рис.3.1 видно, що з збільшенням засміченості зерна легкими домішками ефект сепарації знижується. Це пояснюється тим, що при однакових умовах повітряної сепарації потрібно виділити і транспортувати більшу кількість матеріалу.

Дослідження показують, що величина питомого навантаження q_b зернового матеріалу на одиницю ширини ПСК за одиницю часу, має найвагоміший вплив на ефективність процесу пневмосепарації (рис.3.2) [14, 16]. До того ж збільшення питомого навантаження негативно впливає на такі аеродинамічні фактори, як швидкість повітря в каналі та на його рівномірність.

Як відзначається в роботі [22], «збільшення навантаження призводить до стиснення повітряного потоку, в наслідок зміни «скважності» зернової маси».

Незначне зменшення ефекту очистки відбувається до певної величини q_b, а потім спостерігається майже прямо пропорційна залежність.

Це пояснюється збільшенням товщини і опору шару зернового матеріалу, що негативно впливає на рівномірність поля швидкостей повітряного потоку, в наслідок чого погіршуються і умови виділення частинок домішок, які знаходяться в нижніх шарах зернового струменя.

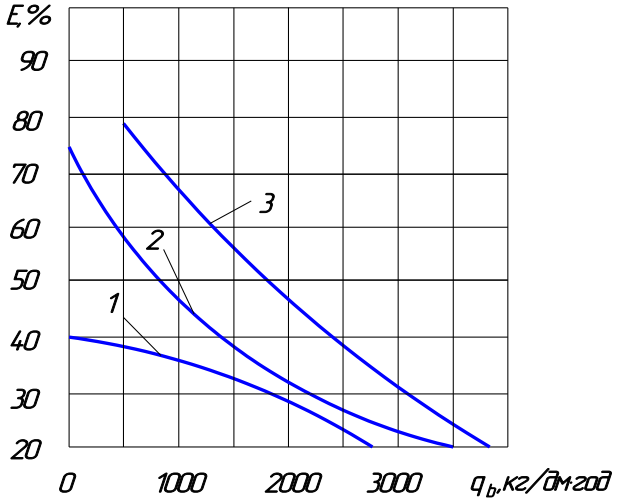


Рис. 3.2. Залежність ефективності пневмосепарації від питомого навантаження: 1, 2 – ЗСМ-50 і ЗС-50; 3 –за результатами досліджень [16].

Товщина шару матеріалу залежить не тільки від питомого навантаження, а також від його початкової швидкості v_0, при введенні в ПСК, і об'ємної ваги матеріалу. Але, якщо прийняти початкову швидкість і об'ємну вагу матеріалу постійними, то величина питомого зернового навантаження буде повністю визначати товщину шару матеріалу.

Суттєве значення для ефективності сепарації має рівномірність подачі зернового матеріалу в канал. При її значному дисбалансі спостерігається зростання нерівномірності поля швидкостей повітря в робочому перерізі ПСК.

Для оцінки нерівномірності на практиці досліджень використовують пробовідбірники [14], які дозволяють брати пробу одночасно по всьому фронту робочого органу. Зокрема коефіцієнт нерівномірності розподілення продукту по ширині робочої зони визначали за формулою:

$$K = \frac{G_b}{G_c}, \qquad (3.3)$$

G_c, G_b - маса зерна відповідно в найбільше і найменше завантаженій секції пробовідбірника.

Рівномірність розподілення зерна, згідно [14], оцінюється коефіцієнтом варіації:

$$\Delta = \frac{\sigma}{G}, \qquad (3.4)$$

де σ - середньоквадратичне відхилення вагової кількості зерна в секціях пробовідбірника від його середнього значення.

Результати досліджень [22] в ПСК свідчать, що рівномірність розподілення зерна збільшується з ростом середньої швидкості повітряного потоку і зменшується з підвищенням навантаження. Тому, з метою стабілізації процесу живлення і ефективності роботи сепарації пропонується включити в технологічну схему операції накопичення та дозування, що знижує коефіцієнт варіації більше ніж в два рази.

Експериментальними дослідженнями встановлено [22,14, 16], що швидкість вводу матеріалу в канал має велике значення як з точки зору якості розділення, так і з точки зору енергозатрат.

Одні дослідники вважають, що швидкість введення матеріалу повинна бути мінімальною. Інші , стверджують, що ефект очистки буде максимальний при початковій швидкості ν_0 = 0,3 м/с, і що цю швидкість можна вважати оптимальною, відмічаючи при цьому, що її напрямок не суттєво змінює ефективність очистки.

Результати експериментальних даних [14] підтверджують висновок, що оптимальне значення початкової швидкості знаходиться в межах 0.3 - 0.35 м/с.

Але, приймаючи невелику швидкість введення, ми обмежуємо можливість збільшення продуктивності ПСК, оскільки буде збільшуватись товщина шару матеріалу, що погіршує умови виділення домішок.

Як відомо, величина подачі матеріалу визначається за формулою:

$$Q_m = \nu_0 \cdot h_0 \cdot b_0 \cdot \rho, \qquad (3.5)$$

де $h_0 \cdot b_0$ - товщина та ширина шару зерна, яке вводиться, м;

ρ - об’ємна вага матеріалу кг/м^3 ;

З формули випливає, що умова зменшення початкової швидкості веде до того, що практично не дає змогу збільшити продуктивність машини, оскільки подача матеріалу також буде зменшуватись. Отже, якщо прийняти постійними ширину каналу та подачу, то для виконання умови зменшення v_0, необхідно збільшувати товщину шару, а це веде до зменшення ефекту очистки η.

Велике значення для початкової швидкості також має кут, під яким подається матеріал. Якщо матеріал спрямувати під гострим кутом вниз, то всі частки будуть рухатись по низхідній гілці своєї траєкторії, як показано на (рис. 3.3). Але для того, щоб вона могла потрапити в осадову камеру, частка повинна змінити напрямок руху, і рухатись по східній гілці траєкторії.

Якщо частка, яка рухається вниз, ударяється об зовнішню стінку, то умови її виділення погіршаться. Є декілька варіантів, які дозволяють уникнути цього.

По перше, можна віддалити зовнішню стінку каналу, що приведе до збільшення розмірів каналу, а отже й збільшення витрати повітря та енергоємності процесу.

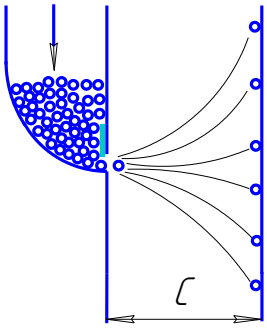


Рис. 3.3. Траєкторії руху частки.

По друге, можна підвищити швидкість повітря, але це не гарантує , що чіткість сепарації не зміниться, і це також веде до підвищення енергозатрат.

І третій варіант, який є досить суперечливим, можна зменшити початкову швидкість введення зерна в канал.

Дослідженнями підтверджено, що при горизонтальному напрямку введення матеріалу ефективність сепарації підвищується на 15-18% [22]. Пояснюється це тим, що: «при горизонтальному введенні потік «розбризгується», щільність його

зменшується, і взаємодія частинок слабшає. Умови руху потоку наближуються до умов незалежного руху одиночних часток».

Навпаки, для кутів $\alpha_0 > 0$, щільність зернового потоку збільшується, і лише ближче до протилежної стінки каналу він розрихлюється.

В роботі [22] також вказано, що «зменшення кута введення зерна в ПСК до 0º і далі, в область від'ємних значень сприяє розділенню частинок в обмеженому по розмірам ПСК».

Отже, одною з головних причин недостатньої ефективності пневмосистем являється незадовільна рівномірність повітряного потоку в робочій зоні ПСК, яка з підвищенням питомої продуктивності завжди погіршується. Другою причиною низької ефективності є нерівномірність розподілу зернової суміші по висоті та глибині ПСК, особливо, при підвищених питомих навантаженнях.

В більшості ПСК зернова суміш вводиться щільним струменем, тому частина площі поперечного перерізу каналу використовується на його розрихлення і не бере участь в виділенні домішок.

3.7. Опис об'єкту розробки

Зерноочисна машина ІПС (рис. 3.4) це стаціонарна машина, яка виконана у вигляді двох паралельних з'єднаних між собою стінок, які утворюють всередині машини канали, а стінки встановлені стаціонарно на ніжках. Між двома стінками машини розміщуються основні елементи машини: пневмосепаруючі канали, щіточний барабан, пруткове решето, напрямники та відбивачі, осадові камери, приймачі, сектори, клапани і інші елементи. Зерноочисна машина ІПС - це повітряно-решітна машина, на якій горох очищається від домішок на решетах, де відбувається виділення крупних та дрібних домішок, так і повітряним потоком, що забезпечує розділення від легких домішок, насіння бур'янів та інших культур, що відрізняються за аеродинамічними показниками від основного насіння гороху.

Джерелом повітряного потоку в зерноочисній машині виступає щітковий барабан, який крім створення повітря, яке циркулює по пневмосистемі очищає зерно гороху повітряним потоком, забезпечує транспортування очищеного від легких домішок зерна по прутках решета.

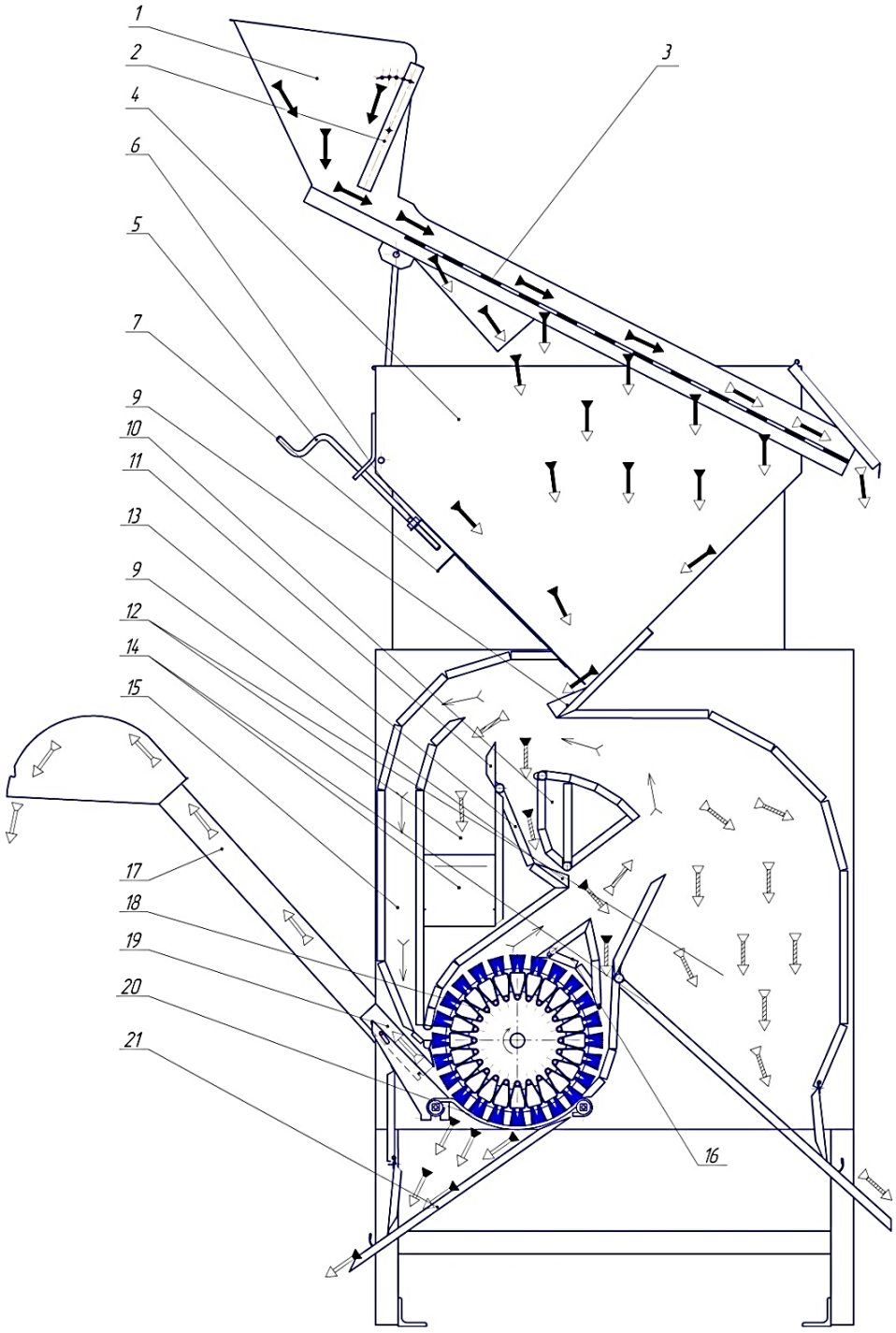


Рис. 3.4. Функціональна схема прямоточної зерноочисної машини ІПС-2:
1 – бункер зерна; 2 – заслінка регулювання подачі зерна; 3 – колосова решітка крупних домішок; 4 – бункер зернового матеріалу; 5 – важіль регулювання подачі; 6 – фіксатор; 7 – заслінка подачі зерна на очистку; 8 – напрямний живильний лоток; 9 – похилий пневмосепаруючий канал; 10 – центральний сектор пневмосистеми; 11 – заслінка регулювання якості розділення домішок; 12 – осадові камери легких домішок; 13 – живильний лоток; 14 – приймальний лоток легких домішок; 15 – ежекційний канал; 16 –сектор повітревідділяючий; 17 –приймальник очищеного зерна; 18 – щітковий барабан; 19 – короб очищеного зерна; 20 – пруткове решето; 21 – приймальник дрібних домішок

Шар зернового матеріалу розтягується та проводиться розділення його від дрібних домішок, після і під час проходження пруткового решета, відбувається захоплення повноцінних зерен гороху щітками барабана, що забезпечує за рахунок інерційних сил транспортування матеріалу із машини в приймальний рукав очищеного зерна.

Обертання щіткового барабану відбувається шляхом його розміщення на валу електродвигуна, що встановлюється на закріпленій боковині зерноочисної машини. Канал, що підводить очищений повітряним потоком горох, з однієї сторони стискається напрямником а з іншої обмежується прутками решета. З протилежного краю решета встановлено пустотілий короб, що служить для відведення очищеного гороху із машини за рахунок використання сил інерції щіток. З тієї ж сторони внизу пруткового підсівного решета встановлюється спеціальний сектор, зміщення якого допомагає регулювати зазори для проходу між прутками зереннь,. Схему будови зерноочисної машини прямоточного типу наведено на рис. 3.4.

При очищенні гороху зерноочисна машина працює так. Зерно гороху, яке надходить на очистку шнековим завантажувачем направляє зерно на колосову решітку крупних домішок 3, причому зерновий матеріал на розділеня подається через бункер-приймальник зерна 1, та заслінку 2, що регулює подачу гороху і вирівнює потік зернівок на решітці 3. На цьому етапі відбувається виділення крупних домішок, які виводяться самоплином за межі зерноочисної машини, а зерновий матеріал проходить до бункера вихідного матеріалу 4. В цьому бункері горох, який потрібно очищати накопичується та через дозуючу заслінку подається до пневмосистеми машини. В пневмосистемі зерноочисної машини відбувається розділення легких домішок та основного зерна, причому пневмосистема має два послідовно задіяних в роботу пневмосепаруючих канали. Спочатку горох продувається похилим повітряним потоком в пневмосепаруючому каналі першої аспірації 9, із якого домішки виводяться повітряним потоком в осадову камеру 12 та видаляються із машини через приймальний лоток 14. Очищений в першому каналі горох напрямним лотком зерна 13 направляється до другого пневмосепаруючого каналу, де він продувається вертикальним повітряним

потоком, а легкі домішки виносяться в осадову камеру 12 із протилежної сторони машини. Якість та повнота розділення домішок повітряним потоком регулюється зміною швидкості руху повітря в робочих перерізах каналу, яка забезпечується регулювальними заслінками 11.

Джерелом повітряного потоку є щітковий барабан 18, який є багатофункціональним робочим органом, так не тільки створює щітками повітряний потік, а й захоплює ними горох, розтягує потік в одне зерно та пересуває по прутковому підсівному решету 20. Під час пересування гороху по підсівному решету 20 щітками барабану 18 відбувається виділення дрібних домішок, які потрапляють в приймальник дрібних домішок 21. Зазори між прутками решета 20 регулюються сектором, що знаходиться в нижній лівій частині машини, тим самим змінюючи розміри прохідних фракцій. Ще одну функцію, що виконує барабан, це захоплення гороху під час його пересування по нижньому решету, і за рахунок прискорення зерна і виникаючих інерційних сил, відвантаження гороху в короб відділення очищеного зерна 19, із наступним транспортуванням очищеного гороху до приймальника очищеного зерна 17.

Прямоточна зерноочисна машина працює по принципу замкненої схеми циркуляції повітряного потоку, що в загальній схемі зерноочисної машини, крім обох робочих пневмосепаруючих каналів та інших повітрепроводів забезпечує ежекційний канал 15. Принцип роботи замкненої схеми полягає в тому, що через різницю тисків, відпрацьоване в пневмосистемі повітря ежектором спрямовує його до щіток барабану, що обертаючись знову захоплює повітря та спрямовує в робочу зону пневмосепаруючих каналів.

Загальну подачу гороху на очищення регулюють заслінкою 7 в бункері-накопичувачу 4. Для покращення умов введення гороху на очистку в активну зону пневмосепаруючих каналів використовуємо живильний лоток, який вводить зерновий матеріал горизонтально, чим збільшуючи струмінь розсіювання зерна.

Сепаратор прямоточного типу ІПС використовується в господарських умовах для попереднього та первинного очищення зернових та круп’яних культур, та можна очищувати й технічні культури, так як соняшник, соя, ріпак, кукурудза та ін.

3.4 Обґрунтування параметрів напрямної поверхні лотка живильника.

Багаточисленними дослідженнями встановлено, що при введенні зернового матеріалу в ПСК під кутом параметри вхідного зернового потоку значно звужуються [14, 16]. Для того, щоб зерно мало більшу ймовірність для виділення в осадову камеру, необхідно вводити матеріал в канал горизонтально. При цьому, зерновий струмінь має значно більший діапазон розсіювання траєкторій, ніж при введенні під кутом.

Тому, в даній роботі нами запропоновано змінити конструктивні параметри живильного лотка для забезпечення відповідного кута введення матеріалу а також його швидкості.

Для визначення основних параметрів напрямного лотка необхідно проаналізувати рух зернової частки від бункеру до місця введення в ПСК.

Тому, необхідно визначити три основні параметри: довжину направляючої пластини S, кут нахилу і радіус кривизни R.

Забезпечення величини необхідної швидкості відбувається за рахунок відповідних параметрів напрямного живильного лотка: кута нахилу до горизонту α і його довжини L, але при цьому α повинен бути більшим за кут тертя зернового матеріалу по поверхні $\alpha \geq \varphi_{\text{ò åð}}$.

Розглянемо перший етап руху зернового матеріалу по розгінній ділянці живильного лотка (рис. 3.5):

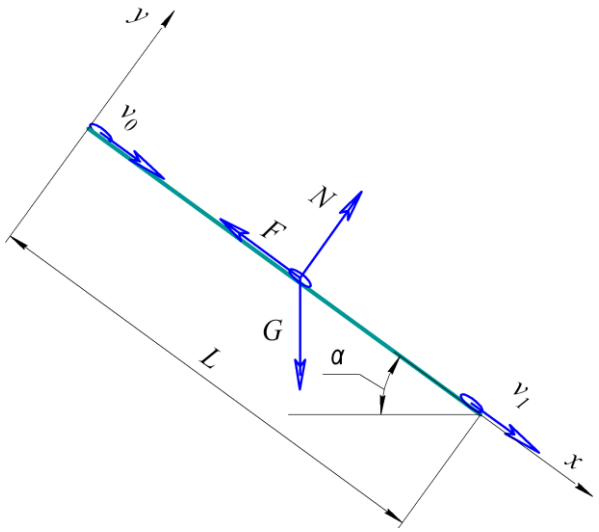


Рис. 3.5. Схема до визначення умов руху зерна по прямолінійній поверхні напрямного лотка.

Під час руху по похилій поверхні на частку зернового матеріалу діє сила ваги $G = mg$, нормальна сила реакції опори N та сила тертя $F = fN$ [15].

Диференційне рівняння руху частки зерна по похилій поверхні напрямного лотка буде мати вигляд:

$$m\frac{dv_1}{dt} = mg \cdot sin\alpha - fmg \cdot cos\alpha \qquad (3.6)$$

де $v_1 = \frac{dx}{dt} = \dot{x}_1$ швидкість руху частки в кінці розгінної ділянки;

f – коефіцієнт тертя;

m – маса частки.

або:

$$d\dot{x}_1 = (gsin\alpha - fg \cdot cos\alpha)\, dt \qquad (3.7)$$

Проінтегрувавши отримаємо:

$$\dot{x}_1 = (gsin\alpha - fgcos\alpha)\, t + C_1 \qquad (3.8)$$

Визначаємо сталу інтегрування при початкових умовах $t = 0$; $x_0 = 0$; $C_1 = \dot{x}_0$, де $\dot{x}_0 = v_0$ – швидкість подачі матеріалу з бункеру.

Тоді рівняння (2.3) прийме вигляд:

$$\dot{x}_1 = (gsin\alpha - fgcos\alpha)\, t + \dot{x}_0 \qquad (3.9)$$

З виразу (3.9) отримаємо час руху зернової частки:

$$t = \frac{\dot{x}_1 - \dot{x}_0}{gsin\alpha - fgcos\alpha} \qquad (3.10)$$

Довжина розгінної ділянки буде визначатись наступним рівнянням:

$$dx_L = (g sin\alpha - f g cos\alpha) \cdot t dt + \dot{x}_0 dt \qquad (3.11)$$

При початкових умовах $t = 0; x_L = 0;\ C_1 = 0$ та враховуючи

залежність (3.8) довжина розгінної ділянки визначиться рівнянням:

$$x_L = g(sin\alpha - f cos\alpha)\frac{(\dot{x}_1 - \dot{x}_0)^2}{2g^2(sin\alpha - f cos\alpha)^2} + \dot{x}_0 \frac{(\dot{x}_1 - \dot{x}_0)}{g(sin\alpha - f cos\alpha)} \qquad (3.12)$$

Після скорочення, отримаємо довжину розгінної ділянки:

Швидкість руху зерна в кінці розгінної ділянки буде рівною:

$$\dot{x}_1 = \sqrt{2g x_L (sin\alpha - f cos\alpha)} + \dot{x}_0$$

або

$$v_1 = \sqrt{2g x_L (sin\alpha - f cos\alpha)} + v_0, \qquad (3.13)$$

Початкова швидкість матеріалу при витіканні через боковий отвір в бункері буде визначатись за формулою [22]:

$$\dot{x}_0 = \lambda \cdot sin\alpha_0 \sqrt{2g\left(1{,}6R_y - \frac{\tau_0}{\rho \cdot f}\right)} \qquad (3.14)$$

де α_0– кут нахилу днища бункеру в зоні випускного отвору;

R_y– гідравлічний радіус умовного отвору подачі зерна, що являється проекцією дійсного отвору на площину, перпендикулярну руху зерна;

f – коефіцієнт тертя зерна;

λ – коефіцієнт витікання зерна ($\lambda = 0{,}5 \ldots 0{,}6$);

τ_0 – початковий опір зсуву зерна;

ρ – об’ємна маса.

Гідравлічний радіус умовного отвору подачі зерна визначаємо із співвідношення:

$$R_y = \frac{S_{отв}}{P_{отв}} = \frac{(h_з - a')(B - a')}{2(h_з + B - 2a')} \quad (3.15)$$

де $S_{отв}$ – площа отвору (визначається з врахуванням розміру a' типових розмірів насипного зерна);

$P_{отв}$– периметр отвору;

$h_з, B$ – відповідно товщина шару зерна, що виходить з бункера та ширина вихідного отвору.

Наступним етапом руху зерна є його рух по дузі напрямної поверхні живильника (рис. 3.6).

На початку руху по дузі зерно має вхідну швидкість v_1 та товщину, яка відповідає товщині одного зерна. При цьому, на частку на цій ділянці діють сила ваги $G = mg$, нормальна сила реакції опори N та сила тертя по поверхні $F_T = fN$ та сила інерції $P = \frac{mv^2}{R}$ [15].

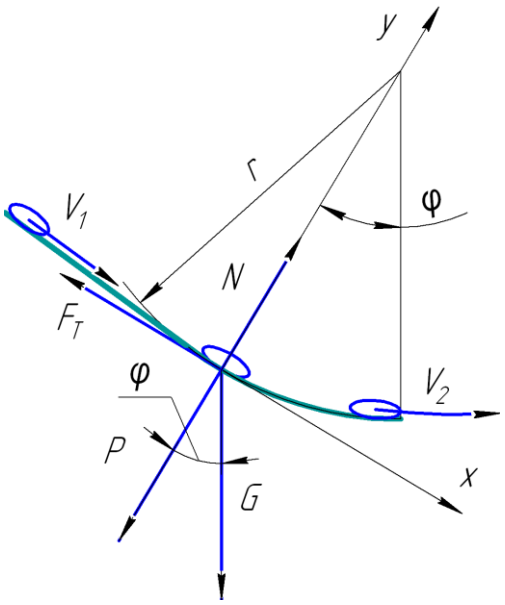


Рис. 3.6 Рух зерна по дузі напрямної поверхні живильника.

Диференційне рівняння руху по дугоподібній ділянці напрямної поверхні живильника запишемо у вигляді [15]:

$$\begin{cases} m\dfrac{dv_2}{dt} = mg \cdot sin\varphi - F_T \\ m\dfrac{v_2^2}{r} = N - mg \cdot cos\varphi \end{cases} \quad (3.16)$$

де v_2 – швидкість руху зерна в кінці дугоподібної поверхні лотка;

φ – кут, що визначає положення частки на кривій радіусом r;

Виключивши з рівняння N, вираз (3.16) набуде наступного вигляду:

$$m\frac{dv_2}{dt} = mg \cdot sin\varphi - f \cdot m\frac{v_2^2}{r} - f \cdot mg \cdot cos\varphi \quad (3.17)$$

або

$$\frac{dv_2}{dt} = gsin\varphi - f\frac{v_2^2}{r} - fcos\varphi \quad (3.18)$$

Оскільки

То з $v_2 = r\dfrac{d\varphi}{dt} = r\dot{\varphi};\ \dfrac{dv_2}{dt} = r\ddot{\varphi}$ рівняння (3.15) отримаємо:

$$r\ddot{\varphi} = gsin\varphi - f\frac{r^2\dot{\varphi}^2}{r} - fgcos\varphi \quad (3.19)$$

або

$$r\ddot{\varphi} = gsin\varphi - fr\dot{\varphi}^2 - fgcos\varphi \quad (3.20)$$

Після спрощень та перетворень, отримаємо:

$$e^{-2f\varphi}\frac{du}{d\varphi} = 2(sin\varphi - fcos\varphi) \quad (3.30)$$

Інтегрування останнього рівняння дає

$$u = u_0 + \int_{\varphi_0}^{\varphi} 2(sin\varphi - fcos\varphi) \cdot e^{2f\varphi}\, d\varphi \tag{3.31}$$

Перший інтеграл рівний:

$$\int_{\varphi_0}^{\varphi} 2(sin\varphi - fcos\varphi) \cdot e^{2f\varphi}\, d\varphi =$$

$$= \frac{fsin\varphi - 2f^2cos\varphi - cos\varphi}{1 + 4f^2} \cdot e^{2f\varphi} - \tag{3.32}$$

$$- \frac{fsin\varphi_0 - 2f^2cos\varphi_0 - cos\varphi_0}{1 + 4f^2} \cdot e^{2f\varphi_0}$$

Підставивши залежності в рівняння (3.31) отримаємо:

$$k = u_0 \cdot e^{-2f\varphi} + \frac{fsin\varphi - (2f^2 + 1)cos\varphi}{1 + 4f^2} - \\ - \frac{fsin\varphi_0 - (2f^2 + 1)cos\varphi_0}{1 + 4f^2} \tag{3.33}$$

Константу u_0 знаходимо записавши для граничних умов, отримаємо:

$$k = \frac{\dot{\varphi}_0^2 r}{g} e^{2f\varphi_0} \cdot e^{-2f\varphi} + \frac{fsin\varphi - (2f^2 + 1)cos\varphi}{1 + 4f^2} - \\ - \frac{fsin\varphi_0 - (2f^2 + 1)cos\varphi_0}{1 + 4f^2} \tag{3.34}$$

Після перетворень рівняння (3.34) запишемо у вигляді:

$$v_2^2 = v_1^2 \cdot e^{2f(\varphi_0 - \varphi)} +$$

$$+ \left(\frac{fsin\varphi - (2f^2 + 1)cos\varphi}{1 + 4f^2} - - \frac{fsin\varphi_0 - (2f^2 + 1)cos\varphi_0}{1 + 4f^2} \right) rg \tag{3.35}$$

Тоді швидкість введення зерна в ПСК буде дорівнювати:

$$v_2 = v_1 \sqrt{e^{2f(\varphi_0 - \varphi)}} + \tag{3.36}$$

$$+\sqrt{\left(\frac{fsin\varphi-(2f^2+1)cos\varphi}{1+4f^2}--\frac{fsin\varphi_0-(2f^2+1)cos\varphi_0}{1+4f^2}\right)rg}$$

З врахуванням переходу руху зерна з прямолінійної ділянки до дугоподібної, $\varphi_0=\frac{\pi}{2}-\alpha$;

Тоді рівняння (3.36 набуде вигляду:

$$v_2=\sqrt{2gx_L(sin\alpha-fcos\alpha)}\cdot e^{f\left(\frac{\pi}{2}-\alpha-\varphi\right)}+v_0\cdot e^{f\left(\frac{\pi}{2}-\alpha-\varphi\right)}+$$

$$+\sqrt{\frac{f\left(sin\varphi-sin\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)-(2f^2+1)\left(cos\varphi-cos\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)\right)\right)}{1+4f^2}rg} \qquad 3.37)$$

Отриману залежність (3.37) можна використати для визначення швидкості введення зерна в пневмосепаруючий канал після сходу з дугоподібної ділянки.

3.5. Методика експериментальних досліджень

3.5.1. Визначення швидкості введення зерна в ПСК.

Згідно з дослідженнями [22] визначено, що найбільш ефективному розділенню зерна відповідає горизонтальний напрямок його введення. Тому в цих дослідженнях суміш вводиться горизонтально.

Швидкість введення зерна визначали шляхом вимірювання реальних координат частки в пневмосепаруючому каналі [26], (рис. 3.7). При цьому, не враховувався опір повітряному потоку, внаслідок його невеликого значення при малих швидкостях руху зерна.

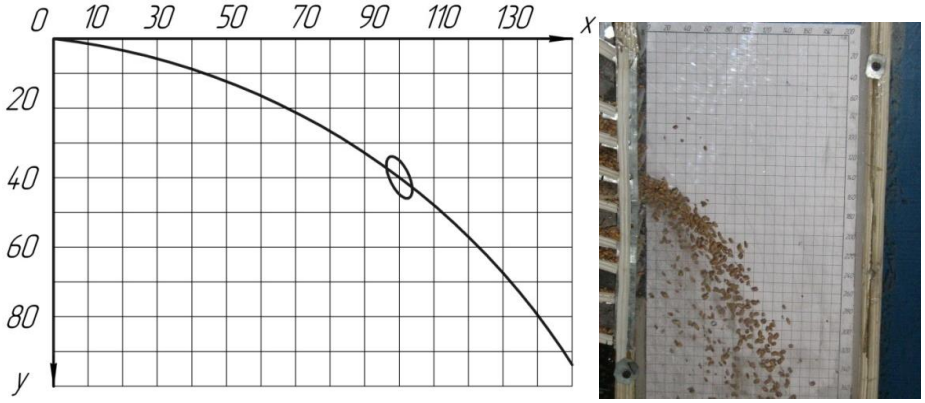


Рис. 3.7. Схема до визначення швидкості введення зернового матеріалу.

Траєкторії руху зерна пов’язані з початковою швидкістю, і для її координат x і y знаходимо для довільного положення зернової частки $v_{â}$. Переміщення зернової частки по осі x за час t рівний $x = v_{â} \cdot t$, по осі $y = \frac{gt^2}{2}$.

Вирішивши систему рівнянь:

$$\begin{cases} x = v_{â} \cdot t \\ y = \frac{gt^2}{2} \end{cases}, \tag{3.40}$$

Виключенням t отримуємо вираз для визначення швидкості руху зерна $v_{â}$:

$$v_{â} = \frac{x\sqrt{g}}{\sqrt{2y}} = x\sqrt{\frac{g}{2y}}, \tag{3.41}$$

Умови проведення досліджень були наступні:

1. Рух повітря в пневмосепаруючому каналі відсутній;
2. В каналі встановлена сітка з координатами;
3. Досліди проводились в трьократній повторності.

При русі групи зерна, тобто при певному питомому навантаженні q_b, траєкторії різних часток розходяться, то визначалась середня швидкість введення.

Для цього, фіксувались всі траєкторії, а отже й координати, верхньої та нижньої струменів, та визначалось їх середнє значення $v_{сер}$.

Регулювання початкової швидкості зерна в канал здійснювали шляхом зміни кута нахилу розгінної ділянки живильника α та її довжини L (рис.3.7).

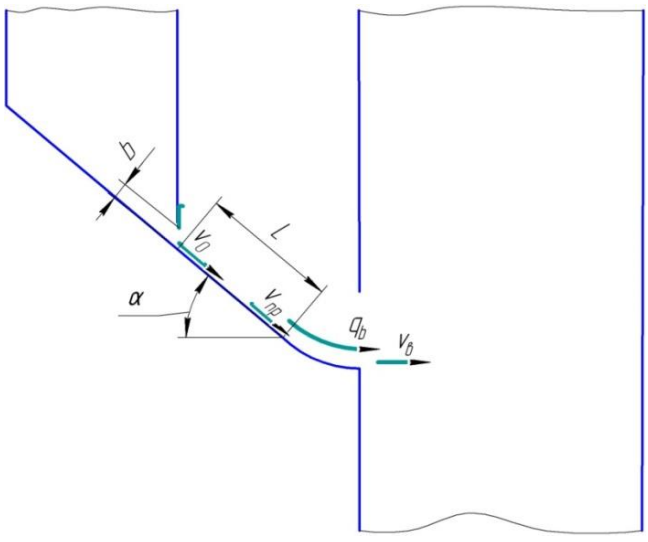


Рис. 3.7. Схема експериментальної установки.

3.5.2 Визначення питомого зернового навантаження .

Величину навантаження живильника q_b, в кг/дм·год, визначали шляхом зважування зернової маси G, яка проходила через одиницю ширини каналу B за проміжок часу t.

$$q_b = \frac{G}{B \cdot t}, \tag{3.42}$$

Завантаження бункеру експериментальної установки проводили за допомогою навіски зерна масою G = 2 кг та встановивши заслінки на певну величину, вимірювали час витікання t. Помноживши отримане значення на 3600 сек. отримаємо q_b, в кг/дм·год.

Повторюваність дослідів була троєкратною.

Для отримання залежностей проміжної швидкості руху зернового матеріалу $v_{пр}$ від довжини розгінної ділянки L при різних кутах її нахилу α проводимо наступну серію дослідів.

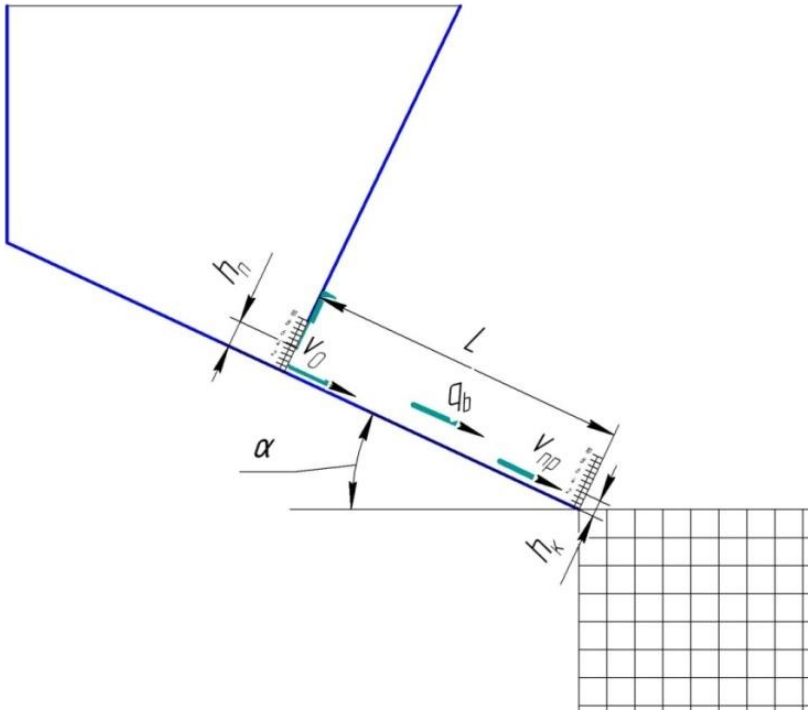


Рис. 3.8. Схема установки для проведення дослідів.

Вихідні параметри: *L=50 мм;* α = 25°

1. Завантажуємо в бункер 2 кг зерна.
2. Встановлюємо шкалу на початку та в кінці розгінної ділянки (рис. 3.8).

3. Відтаровуємо заслінку бункера для питомих навантажень за вище приведеною методикою :
   - q_{b1} = 250 кг/дм·год; - q_{b2} = 500 кг/дм·год;
   - q_{b3} = 750 кг/дм·год; - q_{b4} = 1000 кг/дм·год;
4. Кут нахилу змінюємо діапазоні значень: α = 25°; α = 30° α = 35°
5. Для кожного питомого навантаження визначаємо проміжну швидкість руху матеріалу $v_{пр}$, за методикою, приведеною в п.1.1, змірявши реальні координати руху зерна. За формулою 1.3 визначаємо $v_{пр}$.
6. Змінюючи довжину розгінної ділянки для значень: *L=100мм; L=150мм; L=200мм; L=250мм; L=300мм* проводимо аналогічні серії дослідів.
7. Встановивши кут нахилу розгінної ділянки α = 30° проводимо аналогічні серії дослідів. (Для кута α = 30° знову проводимо тарування заслінки для навантажень, приведених в п.3.)

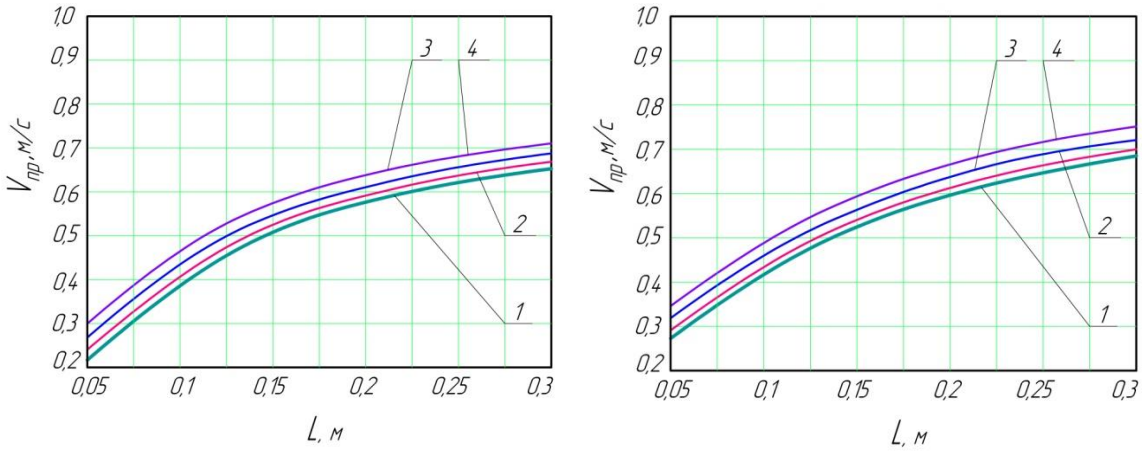
3.6. Результати експериментальних досліджень.

3.4 .1. Результати дослідження параметрів напрямного лотка живильника та режимів руху зерна.

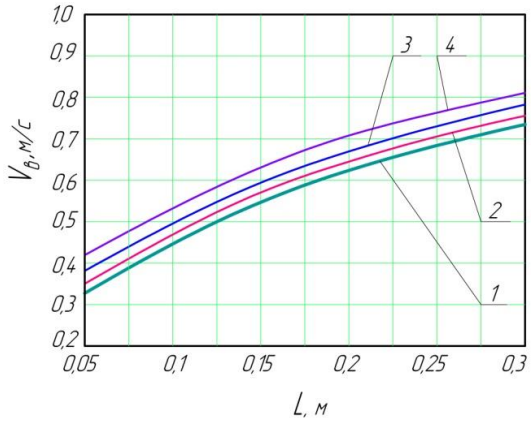
Для забезпечення найбільш раціональних умов введення зерна матеріалу в ПСК були проведені дослідження по визначенню параметрів живильника та режимів руху зерна.

Результати дослідження впливу довжини розгінної ділянки L_p і кута її нахилу α на проміжну швидкість руху зерна $v_{пр}$ (в кінці розгінної ділянки лотка) при різному питомому навантаженні q_b представлені на рис. 3.9.

Аналізуючи графік, можна зробити висновки, що збільшення довжини розгону L_p та кута її нахилу підвищує швидкості введення зерна, що збігається з аналітичними дослідженнями.



а) б)



в)

Рис. 3.9. Залежності впливу довжини ділянки розгону зерна напрямної поверхні L_p на швидкість руху зерна $v_{пр}$ при: 1– q_b = 250 кг/дм·год; 2– q_b = 500 кг/дм·год; 3 – q_b = 750 кг/дм·год; 4– q_b = 1000 кг/дм·год;
а) – кут нахилу поверхні, α = 30°; б) – кут нахилу поверхні, α = 35°; в) – кут нахилу поверхні, α = 40°.

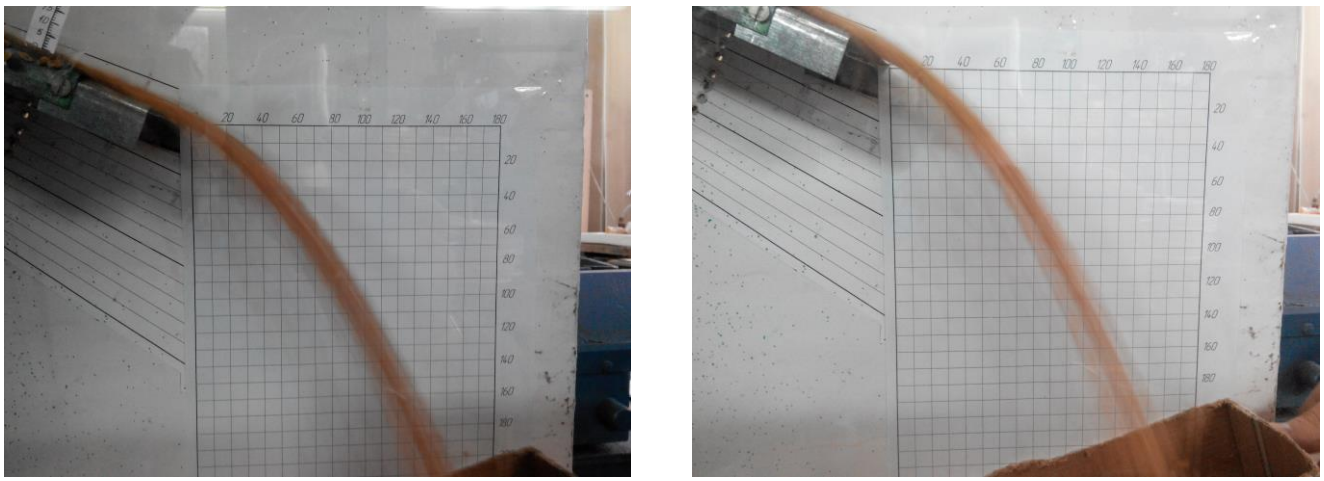


Рис. 3.10. Дослідження розгінної поверхні напрямної поверхні живильника

При цьому слід відзначити, що збільшення навантаження q_b в межах значень, не суттєво змінює швидкість введення зерна, як підтверджують графічні залежності. Результати досліджень товщини шару зерна по довжині розгінної ділянки L_p, представлені на рис. 3.11. Аналіз показує, що для питомих навантажень q_b = 250–500 кг/дм·год; одношаровий рух зернового матеріалу спостерігається при досягненні довжини L_p = 0,20 м для всіх кутів, а для питомих навантажень q_b = 750–1000 кг/дм·год товщина шару зерна забезпечується вже при L_p = 0,25 м для кутів нахилу α = 30-35°.

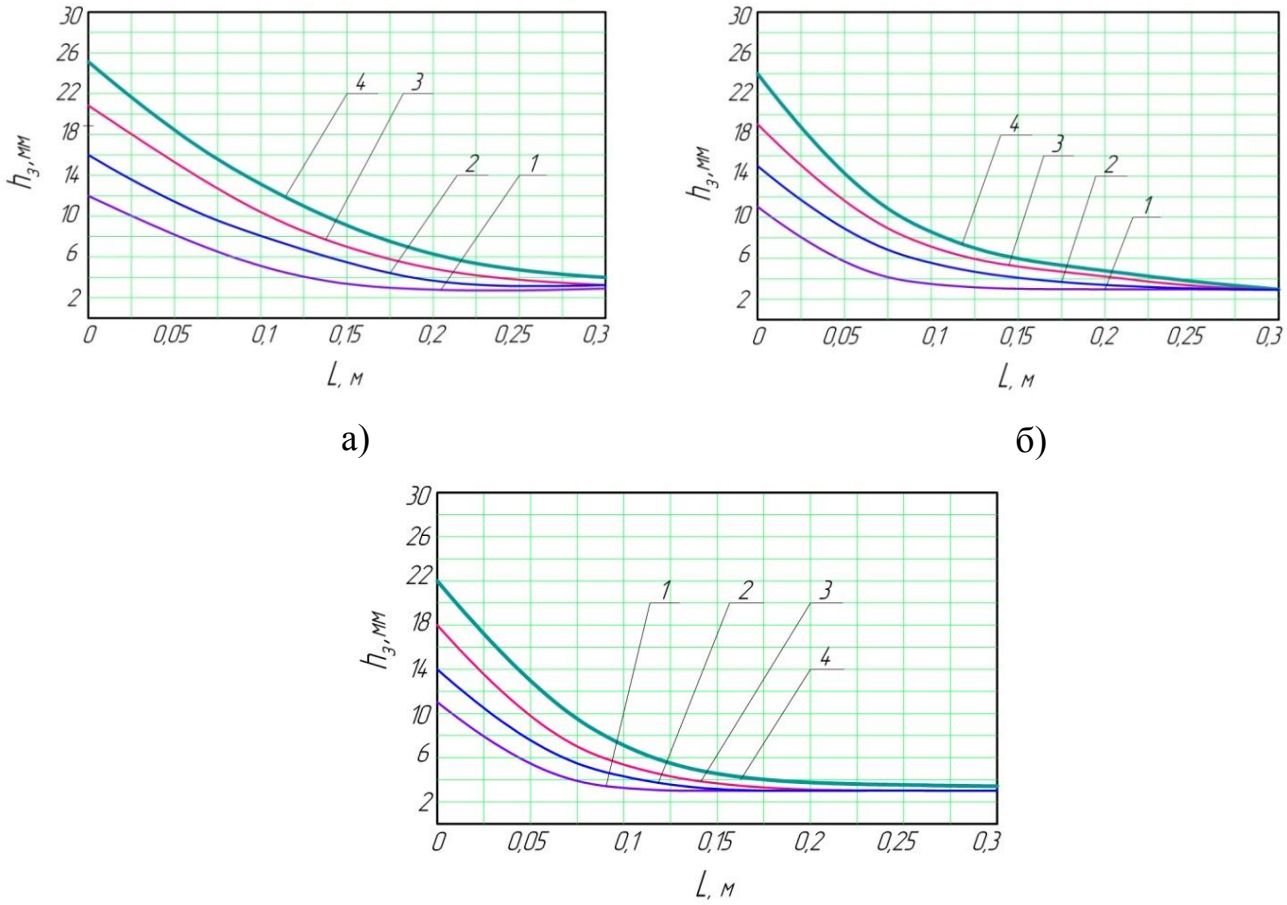


Рис. 3.11. Залежність зміни товщини шару зернового матеріалу по довжині розгінної ділянки направляючої поверхні *L* при: 1– q_b = 250 кг/дм·год; 2– q_b = 500 кг/дм·год; 3 – q_b = 750 кг/дм·год; 4– q_b = 1000 кг/дм·год;
а) –α = 30°; б) –α = 35°; в) – α = 40°.

З графіка (рис. 3.12) видно, що при збільшенні r відбувається зменшення швидкості введення, як для L_p = 0,15 м так і для L_p = 0,2 м. Це можна пояснити тим, що при більшому радіусі дуги живильного лотка збільшується полога ділянка на якій відбувається пригальмовування зерна.

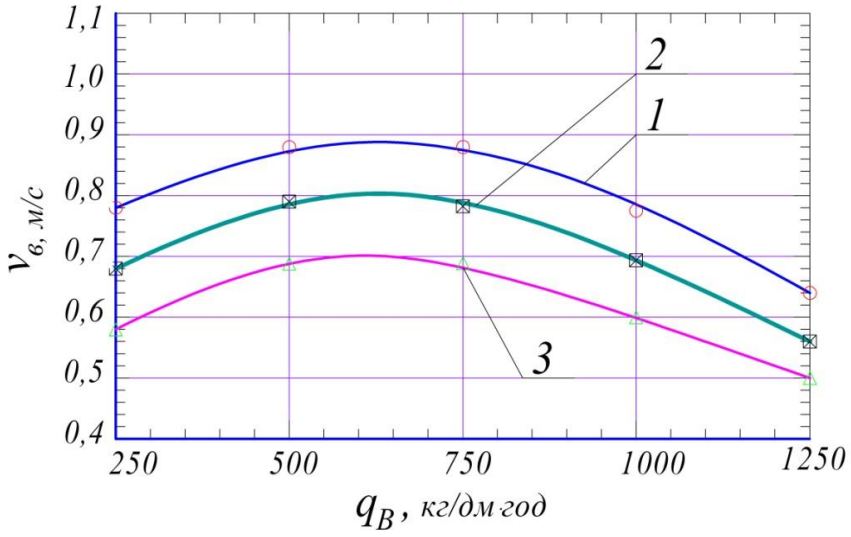


Рис. 3.12. Вплив питомого навантаження q_B на швидкість введення зернав ПСК $v_в$ при α = 33° та L_p = 0,2 м;
1– r = 0,1 м; 2– r = 0,15 м; 3 – r = 0,2 м.

Підвищення швидкості введення $v_в$ відбувається в діапазоні значень навантаження q_B= 250…600 кг/дм·год при одношаровому русі, а збільшення кількості шарів зернового матеріалу при введенні (q_B від 600 до 1250 кг/дм) призводить до зменшення швидкості, в результаті притискання нижніх зернових шарів верхніми, які рухаються швидше, за рахунок меншого коефіцієнту тертя, і як наслідок, спостерігається менше значення $v_â$ та більш полога траєкторія руху.

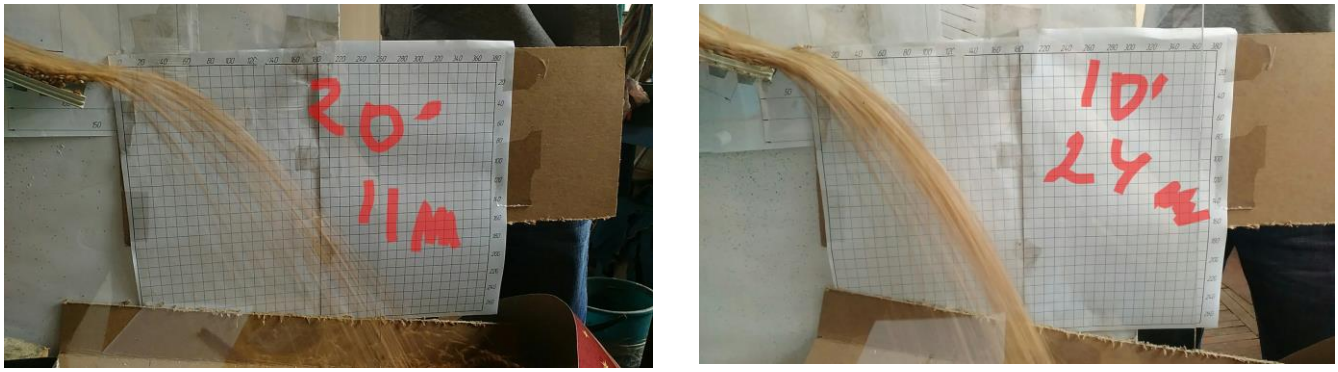


Рис. 3.13. Дослідження радіуса кривизни напрямної поверхні живильника

Також слід відмітити, що при введенні матеріалу в ПСК по дузі спостерігається значно ширший діапазон розсіювання зернових часток, ніж при введенні по прямолінійній ділянці.

Висновки по розділу:

1. Застосування живильного пристрою у вигляді напрямної повехні покращує рівномірність розподілу зернового матеріалу в пневмосепаруючому каналі та збільшує траєкторії розсіювання частинок суміші, чим покращує роздільну здатність процесу.

2. Експериментально встановлено, що довжина розгінної ділянки перед дугоподіб повинна становити 0,2…0,25 м для забезпечення необхідної швидкості в межах $v_в$ = 0,5…0,6 м/с.

3. Встановлено, що для найбільш сприятливих умов розділення домішок та рівномірного розподілу зерна, найбільш раціональними параметри живильника будуть наступні: довжина та кут розгінної ділянки, $L_р$ = 0,25 м; та α = 33° відповідно, радіус дуги направляючої поверхні R_l = 0,2 м, швидкість введення зернового матеріалу в ПСК $v_в$ = 0,5…0,6 м/с.

4. Простота конструкції дозволяє без суттєвих переобладнань встановити напрямний живильний лоток в більшість пневмосистем, і даний робочий орган може бути перспективним для впровадження у виробництво.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Заходи по забезпеченню безпечних умов праці

Механізми приводу та самопересування, з метою запобігання травмування працюючих, закрити захисними огородженнями, пофарбованими кольором контрасним до загального кольору машини (у даному випадку – жовтим), допускається замість суцільного фарбування нанесення 3-4 смуг сигнального кольору під кутом 45˚.

«Перед початком роботи ввімкненню робочих органів передує звуковий сигнал. Для подачі звукового сигналу встановлена сигнальна сирена СС-143 220В 50 Гц ТУ25-00.1044-76. Електрообладнання захищено температурним захистом УВТЗ-5» [29].

«Забороняється використовувати машину, що не пройшла обкатку та технічний огляд.

Шафа управління машиною виконана з пилевологозахищеного матеріалу, який би виключав потрапляння пилу та вологи на струмоведучі частини. Дверцята шафи управління закриваються на ключ, на її внутрішній стороні приведена принципова електрична схема, нанесений знак електричної напруги згідно ГОСТ 12.2.026-76».

Для попередження попадання пилу в підшипники, більшість їх в машині закритого типу, в решти підшипників зі сторони внутрішньої частини корпусів встановлені гумові ущільнення з прижимним фланцем.

В конструкції завантажувального модуля передбачено запобіжну муфту, що розміщена на верхньому валу механізму привода, і яка спрацьовує у випадку заклинювання робочих органів транспортера або упору машини в перешкоду.

Механізм самопересування дозволяє змінювати швидкість пересування машини без її зупинки, при цьому перемикний важіль винесено на безпечну відстань як від коліс машини, так і від механізму передач.

Для запобігання скочування машини у непрацюючому стані, вона додатково обладнується противідкатними упорами.

Переносний шланговий провід не можна вкладати на шляху пересування автомашин, тракторів та самої зерноочисної машини. Для надійного кріплення шлангового проводу до корпуса машини слід керуватися спеціальними пристосуваннями або скобами; не підключати кінці провода до електромережі внакрутку.

Для прибирання зерна і відходів з робочої зони зерноочисної машини використовувати спеціальні щітки з довгою ручкою.

«Транспортування зерноочисної машини здійснюється у відповідності з Загальними правилами перевезення вантажів автотранспортом».

При роботі з зерноочисною машиною ІПС необхідно систематично (через 8-10 годин роботи) проводити огляд та перевірку всіх робочих органів на наявність пошкоджень. Робоча зона, де працює машин, повинна бути огороджена [32].

Під час роботи машини виділяється велика кількість пилу. Тому необхідною умовою експлуатації є наявність системи пилозбирання та фільтрування. Наявність пилу в робочій зоні може призвести до тяжких хронічних захворювань

горла, бронхів, зору, ураження шкіри [32]. Тому передбачають регулярне очищення пилозбірників (при необхідності заміна фільтрів). При цьому очищення необхідно проводити лише після повної зупинки машини, оскільки в іншому випадку це призведе до збільшення запиленості робочої зони.

«При виконанні операції очищення необхідно дотримуватися таких вимог:

1. Використовувати щітки з довгою ручкою для прибирання зерна і відходів з-під сепаратора;

2. При експлуатації технологічного обладнання забороняється відкривати люки, кожухи та ін. елементи;

3. Заборонено залишати без нагляду працюючі механізми;

4. Технічне обслуговування, ремонт, технологічне налагодження можна виконувати лише при вимкненому електропостачанні двигуна та лише після повної зупинки робочих органах;

5. Обов’язкове дотримання правил пожежної безпеки.

6. До роботи з машиною, проведення ТО і ремонтів допускається лише персонал, який пройшов інструктаж з ОП та ознайомлений з правилами експлуатації машини».

5. Економічна частина

В результаті аналізу існуючої у господарстві технології вирощування гороху, дозволяє відзначити, що очищення зібраного урожаю від домішок дозволяє підвищити якісні показники гороху. В розділі визначена економічна ефективність запропонованого вдосконалення за рахунок підвищення якості очищення гороху та зниження енерговитрат.

Для очищення гороху рекомендований прямоточний інерційний сепаратор ІПС-2, на якій проводять операції попереднього та первинного очищення зерна в господарстві за умов зниження енерговитрат. Під час вдосконалення машини цієї зерноочисної машини, обґрунтовано параметри живильного напрямного лотка першого та другого пневмосепараційних каналів для послідовного очищення гороху повітряним потоком. Розрахунок показників економічної ефективності

вдосконалення, запропонованого в кваліфікаційній роботі, проведено за стандартною методикою [33], а їх результати приведені в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1

Техніко-економічні показники ефективності вдосконалення технології вирощування сої із використанням прямоточної зерноочисної машини

Показник	Од. вим.	Технології		Відхилення	
		Проектна	Базова	%	%
1	2	3	4	5	6
Продуктивність прямоточної зерноочисної машини	т/год	2,2	2		
Обсяги виробництва гороху на одному полі	т	125	125	-	-
Собівартість очисних операцій	грн.	1746,04	4324,63	-1243,2	-16,4
Питома собівартість виконання робіт	грн./т	15,44	32,63	-16,56	-42,6
Річна економія витрат	грн.		4184,5		
Річний економічний ефект від впровадження технології у виробництво	грн.		6247,52		
Додатковий дохід від підвищення якості гороху після її очищення	грн.		137454		

Отже, розрахунок економічної ефективності проведених розробок підтверджує доцільність впровадження вдосконаленої технології у виробництво. При вирощування в господарських умовах гороху, з його післязбиральним очищенням прямоточною зерноочисною машиною ІПС-2, досягається річна економія витрат на рівні 4184,5 грн, а також отримується позитивний економічний ефект від впровадження вдосконаленої технології у виробництво, який складає 6247,52 грн.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи проведено аналіз технологічного процесу виробництва гороху за базовою технологією в господарських умовах.

В технологічній частині проведений розрахунок технологічного процесу та обґрунтування засобів механізації, що використовуються при вирощуванні та очищенні гороху. Доведена доцільність очищення гороху повітряним потоком та запропоновано вдосконалення базової технології в господарстві шляхом виконання очисних операцій прямоточним інерційним сепаратором ІПС-2.

В результаті огляду конструкцій зерноочисних машин визначено, що збільшення ефективності використання повітряного потоку відбувається шляхом послідовної або паралельної дії на зерновий матеріал. При цьому, збільшення питомого навантаження можливе шляхом послідовного очищення та доочищення зерна, збільшення зони пневмосепарації, часу і площі контакту зернового матеріалу з повітряним потоком.

В результаті, запропоновано застосування живильного пристрою у вигляді напрямної поверхні, що покращує рівномірність розподілу зернового матеріалу в пневмосепаруючому каналі та збільшує траєкторії розсіювання частинок суміші, чим покращує роздільну здатність процесу.

Експериментально встановлено, що довжина розгінної ділянки перед дугоподібної повинна становити 0,2…0,25 м для забезпечення необхідної швидкості в межах $v_в$ = 0,5…0,6 м/с, а довжина та кут розгінної ділянки, L_p= 0,25 м; та α = 33° відповідно, радіус дуги направляючої поверхні R_l = 0,2 м.

В розділі «Охорона праці» визначено вплив шкідливих і небезпечних факторів, які можуть виникнути при роботі зерноочисного обладнання на токах господарств та зроблені заходи по їх усунення.

Економічний розрахунок, проведений в даній роботі показує, що запропоновані зміни по відношенню до базової машини є рентабельними і забезпечують річний економічний ефект споживача 6247,52 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рослинництво: Підручник / О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко; За ред. О. І. Зінченка. - К.: Аграрна освіта, 2001. - 591 с.
2. Технологія виробництва продукції рослинництва: Навч. посіб. Ч.2 / Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д. − К. : Аграрна освіта, 2010. – 405 с.
3. Милованов Є. Золоті боби / Є. Милованов, В. Тимченко // Агро Перспектива. – 2005. – № 3. – С. 44–46.
4. Бондаренко М.Г. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві / Бондаренко М.Г., Демещук В.А. – К.: Вища школа, 1995. – 237 с.
5. Механізація технологічних процесів в землеробстві: Навчально-методичний комплекс: навч. посіб. / С.М. Грушецький, І.М. Бендера, Т.Д . Іщенко та ін.. – Кам’янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2011. – 352 с.
6. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: Підручник / С.М. Каленська, Л.М. Єрмакова, В.Д. Паламарчук та ін.. – Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2015. – 448 с.
7. ГОСТ 5888-74. Машини зерноочисні загального призначення. Типи та основні параметри. М., 1975.
8. Бурков А.И., Сычугов Н.П. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследование, расчет и испытание., Киров: НИИСХ Семеро-Востока, 2000. – 261 с.
9. Гладков Н.Г. Зерноочистительные машины. - М.: Машгиз, 1961. - 367 с.
10. Проспект фирмы “Petkus”. Машины предварительной и интенсивной очистки К-527, К-526, К-560.
11. Инструкция по експлуатации зерноочистительной машины ОВС-25.
12. Кожуховский И.Е. Зерноочистительные машины. Конструкция, расчет и проектирование. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1974. - 200 с.
13. Комаристов В.Ю., Петренко М.М. Довідник з механізації післязбиральної обробки зерна. - К.: Урожай. 1990. - 1 84 с.
14. Машины для послеуборочной поточной обработки семян. Теория и

расчет машин, технология и автоматизация процессов. / З.Л. Тиц, В.И. Анискин, Г.А. Баснакьян и др.; под. ред. З.Л. Тица. - М.: Машиностроение, 1967. - 447 с.

15. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. Киев. 1960- 286с.
16. Проспекты ГСКБ ОАО «Зерноочистка», г. Воронеж.
17. Механизация подготовки и хранения семян. Сборник переводов и обзоров зарубежной литературы. / Под. ред. Н.Н. Ультриха. - М.: Сельхозиздат, 1962.-470 с.
18. Нестеренко, О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, Д.І. Петренко, Д.В. Богатирьов. Перспективний напрямок інтенсифікації повітряної сепарації зерна. О.В. // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. (Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація). Випуск 25. ч.1– Кіровоград: КНТУ, 2012. – С.49-53.
19. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навчальний посібник / Г.А. Хайліс, Д.М. Коновалюк. - К.: НМКВО, 1992. - 320с.
20. Методичні рекомендації до оформлення кваліфікаційної роботи здобувачів першого (бакалаврського) освітнього рівня за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / [уклад. : В. М. Сало, Д. І. Петренко, С. М. Лещенко, О. М. Васильковський] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. – Кропивницький : ЦНТУ, 2019. – 58 с. URL: http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/9197.
21. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. - К.: Вища школа, 1993. - 556 с.
22. Исследование пневмосепарирующих устройств зерновых сепараторов /А.Б. Демский, М.А. Борискин, Ю.А. Лесиш // Труды ВНИЭКИ-продмаш. - М.,1970. - Вып. 21. - с.49-54.
23. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини/ Теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 1. Машини для

рільництва// За ред. М.І. Черновола. - К.: Урожай, 2001. - 382 с.

24. Котов Б.І., Степаненко С.П., Пастушенко М.Г., Тенденції розвитку конструкції машин та обладнання для очищення і сортування зерноматеріалів. – Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Випуск 33. Кіровоград: КДТУ, 2003 – с. 53-59.
25. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Под ред. Е.С. Босого. - М.: Машиностроение, 1978. - 568 с.
26. Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності «Агроінженерія» / Укл. Васильковський О.М., Петренко Д.І., Васильковська К.В., Лещенко С.М., Мороз С.М. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 41 с.
27. Киркач Н.Ф. Расчет и проектирование деталей машин, ч. 1 – 2-е изд., перераб. и доп. / Н.Ф. Киркач, Р.А. Баласанян. – Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1987. – 136 с.
28. Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір: ДСТУ ISO 6309:2007. [Чинний від 2007-10-01].- К.: Держстандарт України, 2007.- 80 с.
29. Єрмаков О.Ю., Організація сільськогосподарського виробництва. Навч. метод. посібник– 2 –ге вид., доп. і перер. - К.: НАУ, 2007. – 266 с.
30. О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, К.В. Васильковська, Д.І. Петренко. Підручник дослідника. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. – Кіровоград: 2016.- 204 с.
31. Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір: ДСТУ ISO 6309:2007. [Чинний від 2007-10-01].- К.: Держстандарт України, 2007.- 80 с.
32. Охорона праці у сільському господарстві. – ТОВ «ТЕХ МЕДІА ГРУП», 2019 р.
33. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник - К.: Вища освіта, 2013. – 535с.

ДОДАТКИ

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

Презентація графічної частини магістерської кваліфікаційної роботи на тему:

«Механізація виробництва гороху з модернізацією повітряної камери сепаратора зерна»

Виконав здобувач вищої освіти _II_ курсу,
групи АІ-20М(1,4)-2
Глущенко Роман Миколайович
Керівник роботи
Олександр Нестеренко

МВГМПС 00.001 ТЧ

Технологічна карта

Культура – горох
Площа – 50 га
Урожайність – 25,0 ц/га

Назва технологічних операцій	Обсяг робіт	Склад агрегату		Обслуговуючий персонал	Змінна	Витрати
		трактор, комбайн	с.-г. машини, знаряддя		норма виробітку	праці, люд. год.
Лущення стерні (дворатне)	50 га	Т-150	ЛДГ-10	1	66	16
Оранка	50 га	Т-150К	ПЛН-5-35	1	14,0	171,4
Ранньовесняне боронування	50 га	МТЗ-80	БЗСС-1	1	4,2	190,5
Передпосівна культивація	50 га	Т-150	2КПС-4	1	6,4	25
Протруювання насіння	4 т	ПС-10	ПС-10	4	76,4	10,5
Навантаження насіння і добрив	4 т	ЗС-30	ЗС-30	2	30,2	106
Транспортування мінеральних добрив та насіння	12 т	ГАЗ-56	-	1	30,2	26,5
Культивація передпосівна	50 га	МТЗ-80	КПС-4	1	8	5
Посів з внесенням добрив	50 га	МТЗ-80	СЗ-3,6А	1	5	1,9
Прикочування посівів	50 га	МТЗ-80	ЗККШ-6	1	3,1	61,1
Сівба	50 га	ЮМЗ-6	СЗ-3,6	2	5	1,1
Прикочування посівів	50 га	МТЗ-80	ЗККШ-80	1	50	16
Транспортування води і хімікатів	16 т	ГАЗ-53	-	1	5	7,8
Приготування робочого розчину	16 т	ГАЗ-53	АТП "Темп"	2	погод	1,1
Обприскування посіву	50 га	ЮМЗ-6	Вектор-200	2	3,1	1,1
Збирання врожаю	50 га	ДОН-1500		1	5,5	103,2
Транспортування зерна	125 т	КАМАЗ	-	2	погод	103,2
Попередня очистка зерна	125 т	-	МЗП-10	1	4	35,7
Первинна очистка зернана	110 т	-	МЗП-10	1	4	35,7
Активне вентилювання зерна	110 т	-	ОБВ-100	3	4	98,6
Вторинна очистка зерна	75 т	-	ЗПС-2	1	14	335,7
Транспортуваннязерна та домішок в склад	75 т	ГАЗ-53		1	14	103,2

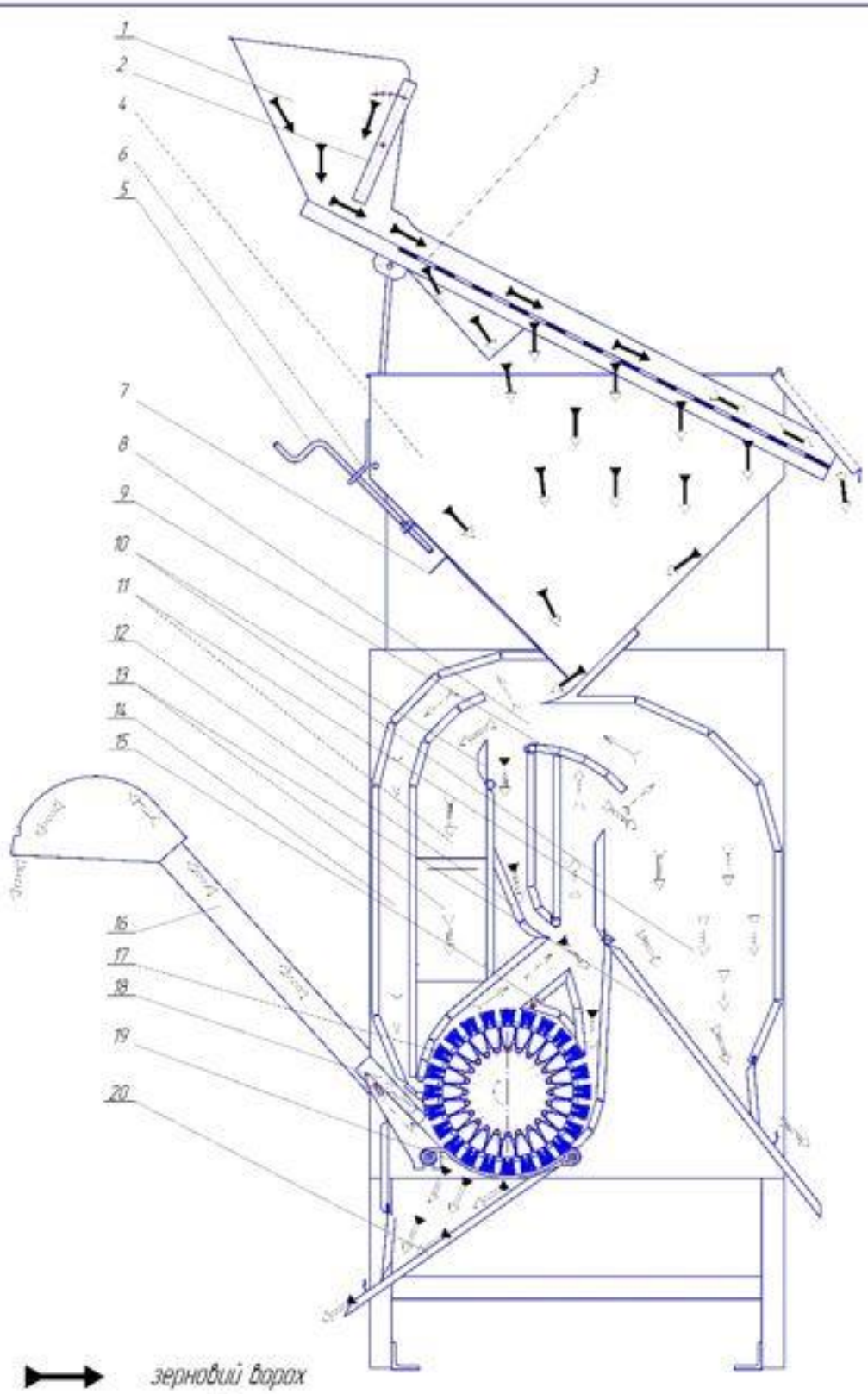
МВГМПС 00.001 ТЧ

Технологічна карта виробництва гороху

Літ. | Маса | Масштаб
Т | - | -

ЦНТУ
гр. АГ-20м3-14

Копіював | Формат А1



- зерновий ворох
- крупні домішки
- ворох очищений від крупних домішок
- легкі домішки
- ворох очищений від легких домішок
- дрібні домішки
- очищене зерно
- повітряний потік

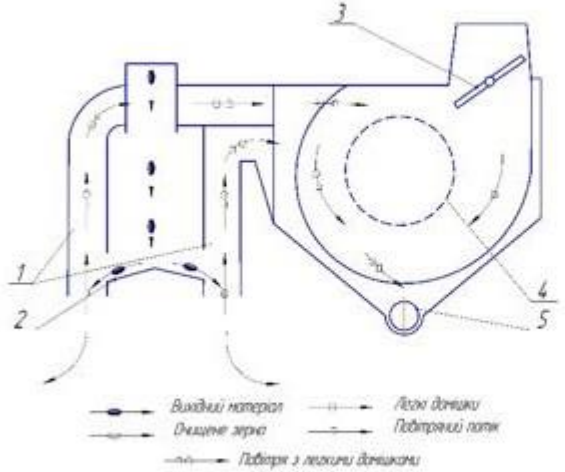
МВГМПС 00.000 С2

Функціональна схема сепаратора ПС-2

1:5

МВГМПС 00.001 НЧ

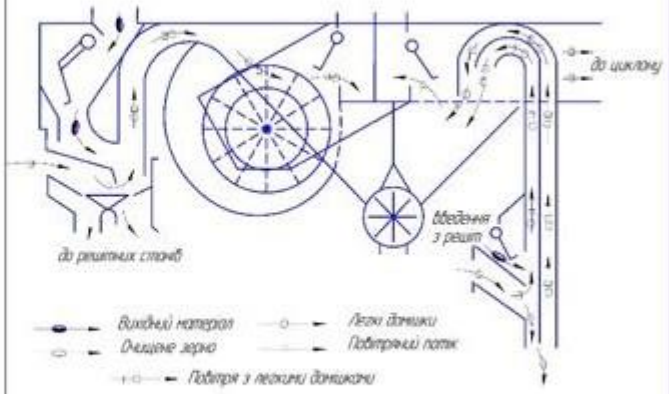
Огляд пневмосистем зерноочисних машин



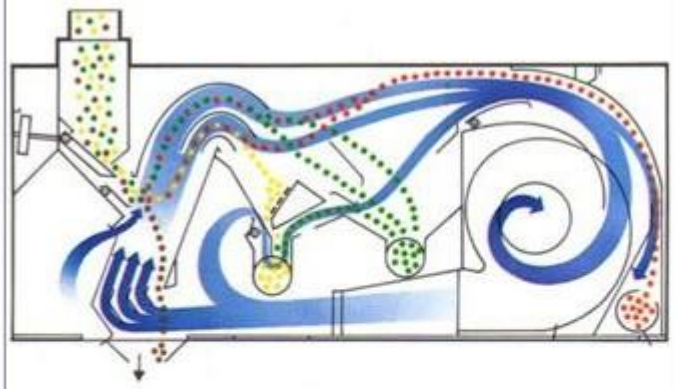
Пневмосистема ЗД.10.000



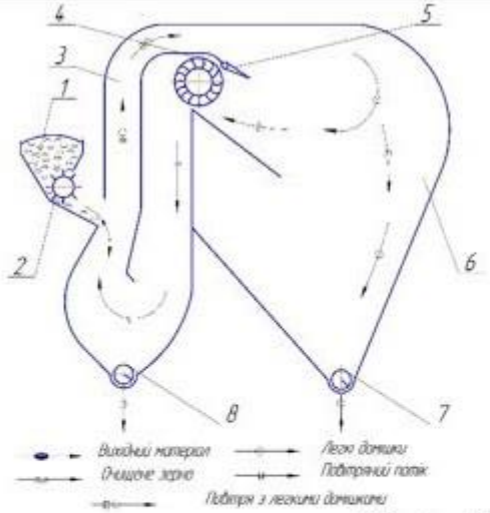
Пневмосистема МПО-50



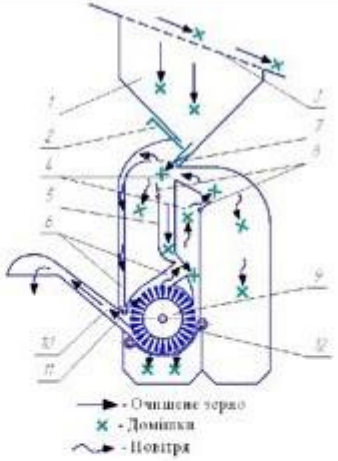
Пневмосистема ЗОМ "Mashinenbau"



Повітряна схема ЗОМ К-560 «Petkus



Пневмосистема сепаратора "Carter Day"

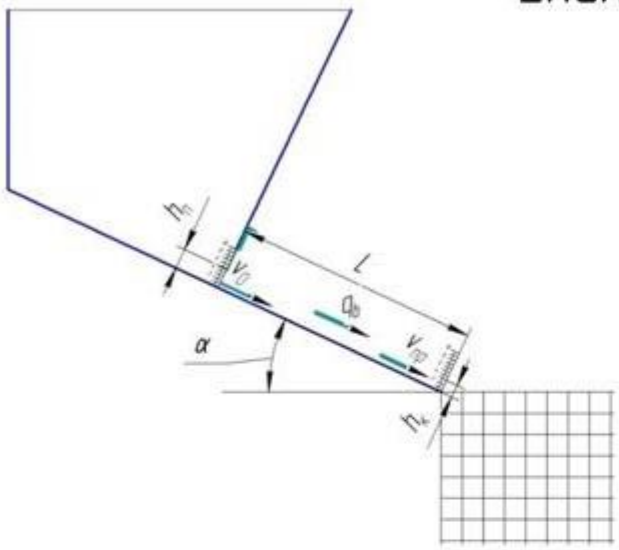


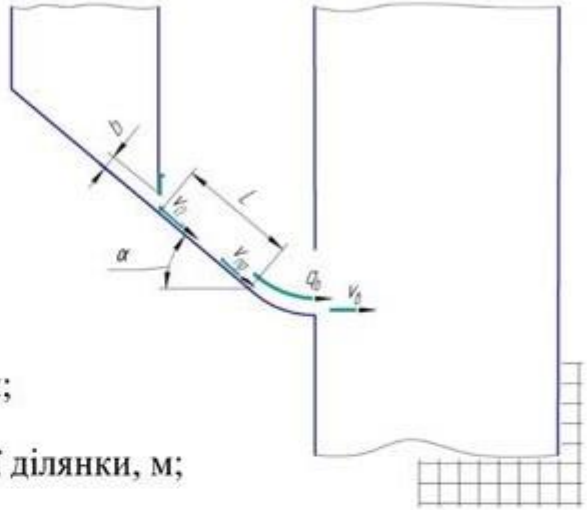
Повітряно-решітний модуль МЗПІ-10

						МВГМПС 00.001 НЧ	
Розроб.						Огляд пневмосистем зерноочисних машин	Літ.	Маса	Масштаб
Перевір.								-	-
Н.контр.							Аркуш	Аркушів	
Затверд.						-	ЦМТУ гр. АІ-20 МЗ 14		

Копіював Формат А1

Експериментальна установка





L - довжина розгінної ділянки, м;
α - кут нахилу;
R- радіус кривизни дугоподібної ділянки, м;
$h_п$- товщина шару матеріалу, м;
q_b-величина питомого навантаженя, кг/дм*год.

Схема експерементальної установки
для визначення довжини розгінної ділянки



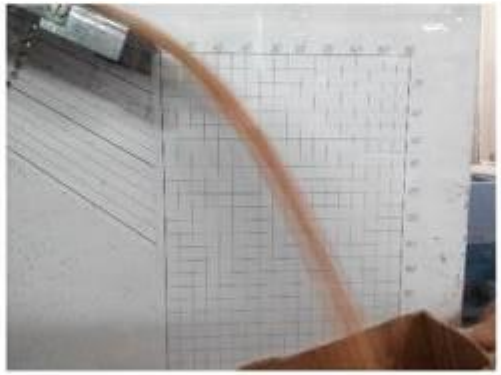


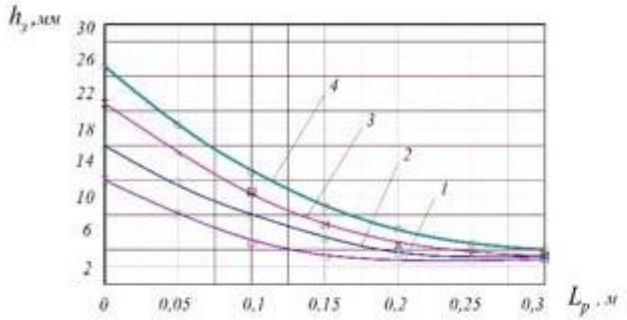
Схема експерементальної установки
для визначення радіуса напрямної поверхні



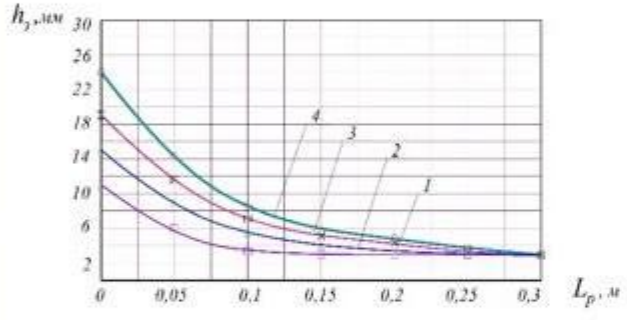
Фото експериментальних досліджень
при визначенні основних параметрів напрямної поверхні живильника

МВГМПС 00.000 НДЧ-3
Експериментальна установка
–

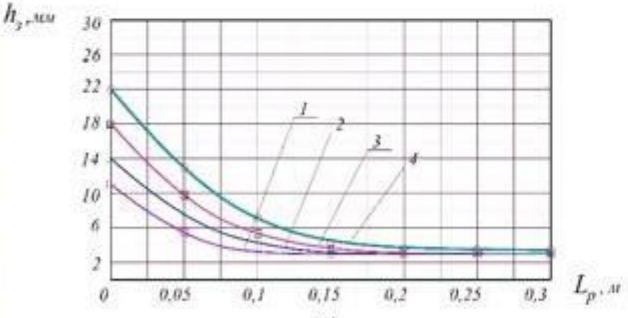
Результати експериментальних досліджень



а)

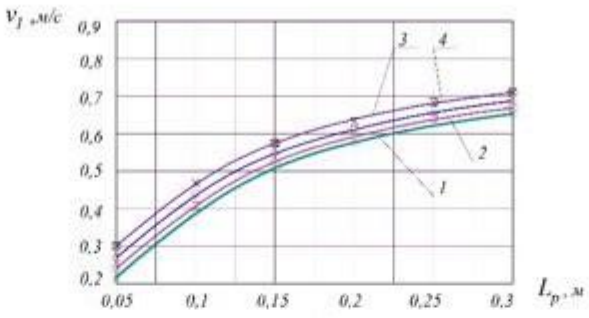


б)

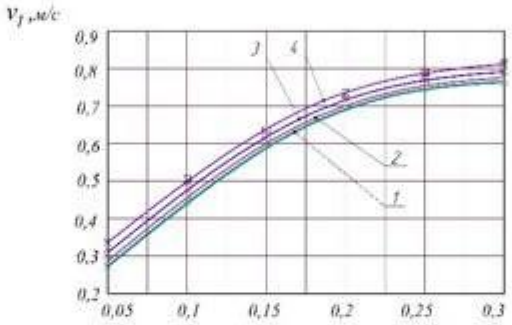


в)

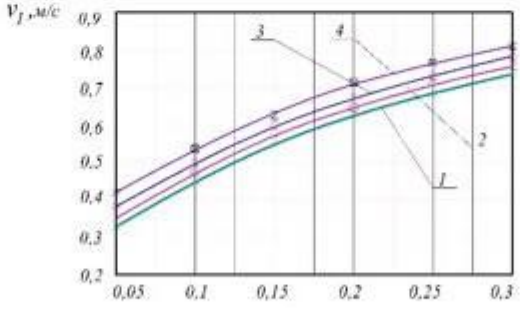
Залежність зміни товщини шару зерна *hз* по довжині ділянки напрямної *Lp* при:
1- $q_в$ = 250 кг/дм·год; 2 - $q_в$ = 350 кг/дм·год;
3- $q_в$ = 500 кг/дм·год; 4- $q_в$ = 750 кг/дм·год;
а) - *a* = 30°; б) - *a* = 35°; в)- *a* = 40°



а)

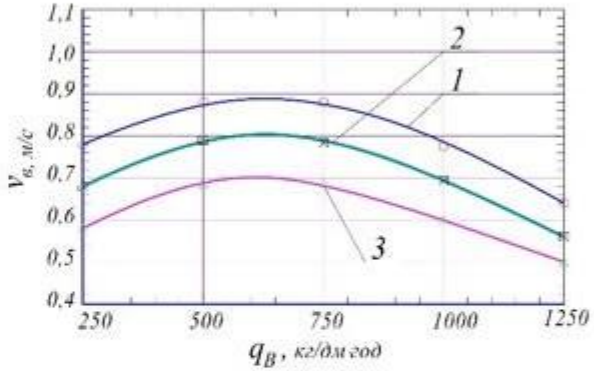


б)



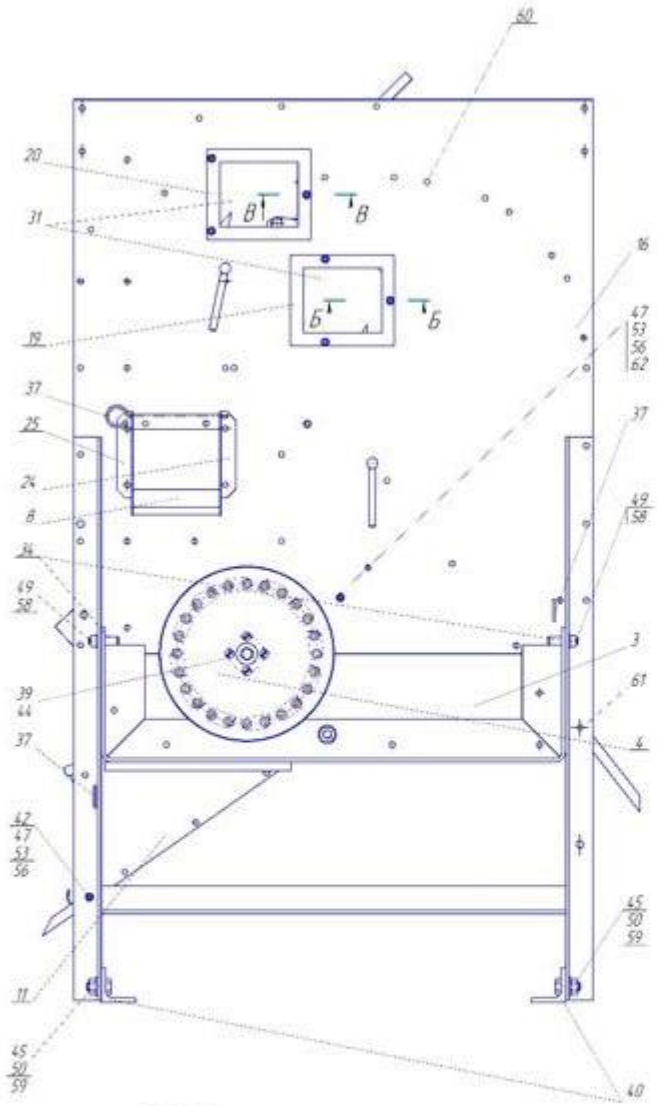
в)

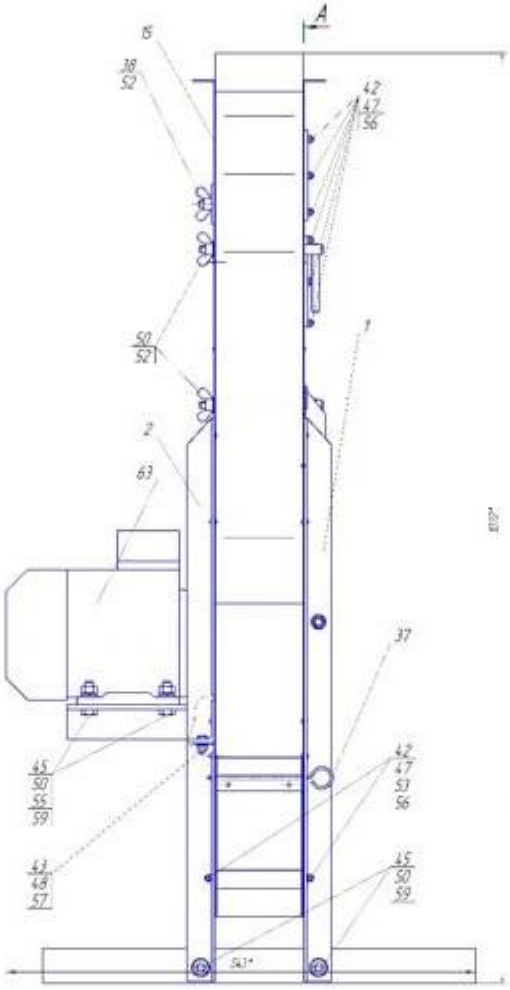
Зміна швидкості руху зерна довжині ділянки напрямної *Lp* при: 1- $q_в$ = 250 кг/дм·год;
2 - $q_в$ = 350 кг/дм·год; 3- $q_в$ = 500 кг/дм·год;
4- $q_в$ = 750 кг/дм·год;
а) - a = 30°; б) - a = 35°; в)- a = 40°

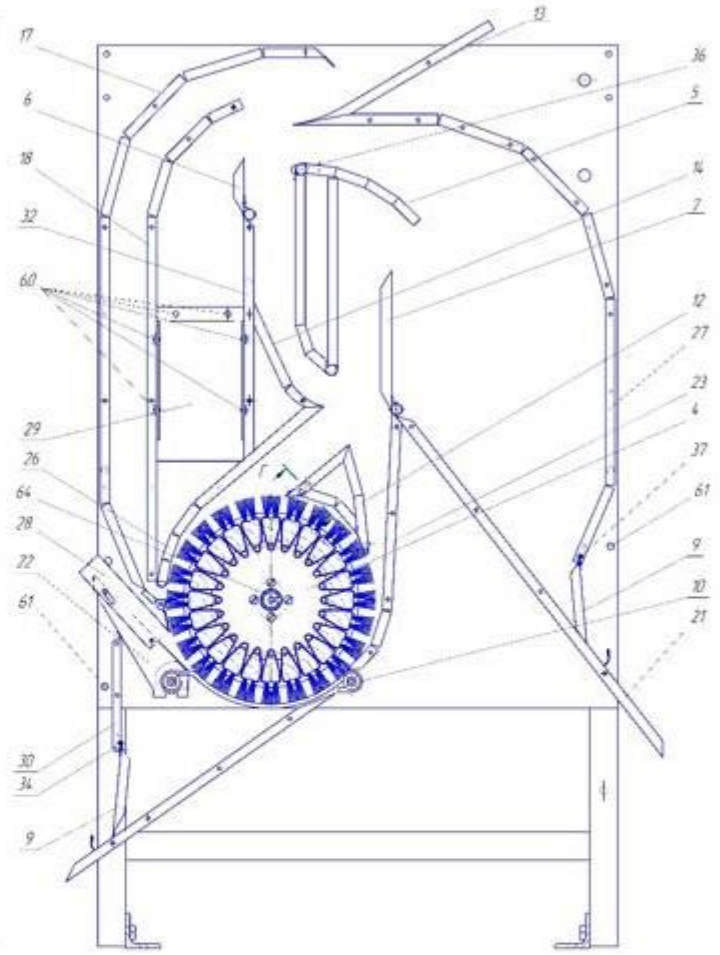


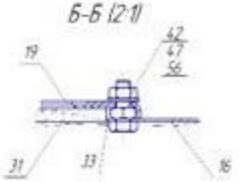
Вплив питомого навантаження на швидкість введення зерна: при *a* = 33° та $L_р$ = 0,2 м;
1- R = 0,1 м; 2- R = 0,15 м; 3 -R = 0,2 м.

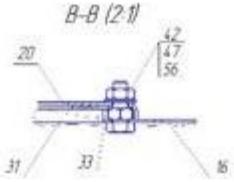
МВГМПС 00.000 НД4-3
Результати експериментальних досліджень
Літ. Маса Масштаб
- -
Лист 1 Листів 1
ЦНТУ гр. АІ 20М (14)
Копіював Формат А1

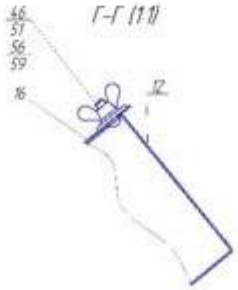






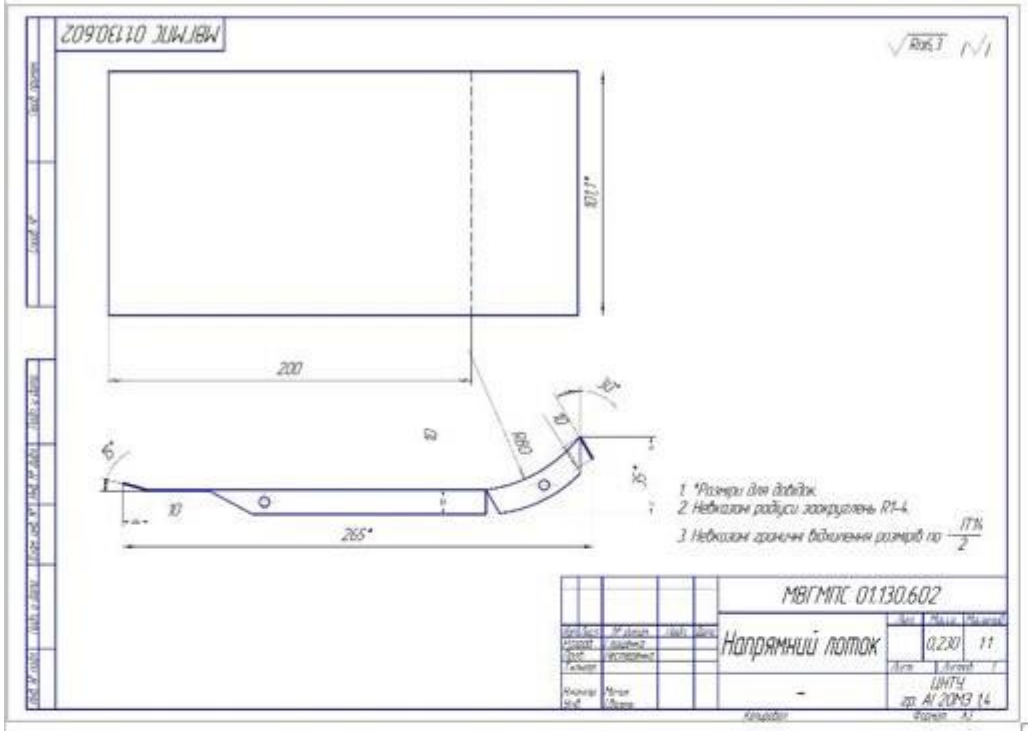


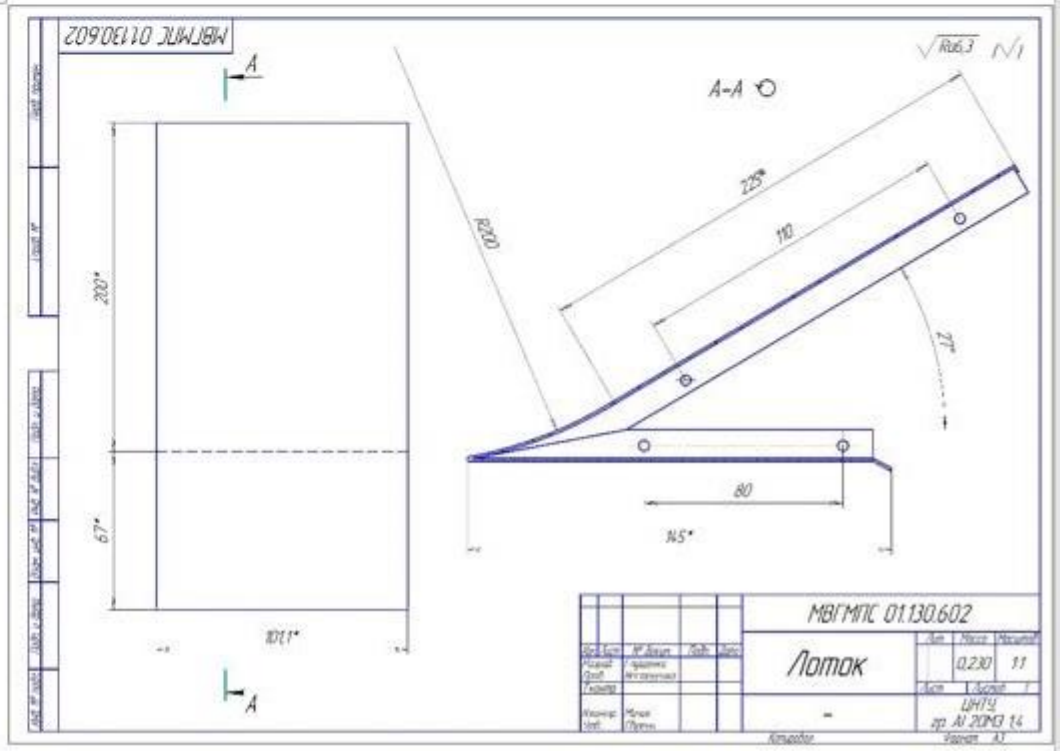




1. Чертеж без подвала.
2. Проекция А-А обозначена по внутренней стороны стенки, поз.18, см. лист поз.3

				МВГМК. 01. 000 СБ	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				Модуль поворотно-решетки	Лит. / Масса / Масштаб: А1 1:2
Пров.					Лист 1 / Листов 1
Т.контр.				–	ФГБОУ ВО ДГТУ (ДГТУ)
Н.контр.					
Утв.					


МВГМПС 01.130.602
Ra6.3
101.1*
200
265*
10
10
10
10
R80
45°
45°
1. *Розміри для довідок.
2. Невказані радіуси заокруглень R1-4.
3. Невказані граничні відхилення розмірів по IT14/2
МВГМПС 01.130.602
Напрямний лоток
0.230
11
ЦНТУ
гр. АІ 20МЗ 14


МВГМПС 01.130.602
Ra6.3
A
A-A
200*
67*
101.1*
225*
110
80
R80
45°
115°
МВГМПС 01.130.602
Лоток
0.230
11
ЦНТУ
гр. АІ 20МЗ 14

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				Документація		
A1			МВГМПС 01. 000 СБ	Складальне креслення	2	
				Складальні одиниці		
A4		1	МВГМПС 01. 010 СБ	Стояк передній	1	
A3		2	МВГМПС 01. 020 СБ	Стояк задній	1	
A3		3	МВГМПС01. 030 СБ	Люк	1	
A3		4	МВГМПС 01. 040 СБ	Барабан	1	
A4		5	МВГМПС 01. 050 СБ	Сектор	1	
A4		6	МВГМПС 01. 060 СБ	Заслінка	1	
A4		7	МВГМПС 01. 070 СБ	Заслінка	1	
A4		8	МВГМПС 01. 080 СБ	Клапан	1	
A4		9	МВГМПС 01. 090 СБ	Клапан	1	
A3		10	МВГМПС 01. 100 СБ	Решітка	1	
A3		11	МВГМПС 01. 110 СБ	Лоток	1	
*		12	МВГМПС01. 120 СБ	Сектор	1	*A4×3
A3		13	МВГМПС 01. 130 СБ	Дільник	1	
A3		14	МВГМПС 01. 140 СБ	Розподільник	1	
				Деталі		
A2		15	МВГМПС 01. 401	Стінка задня	1	
A2		16	МВГМПС01. 402	Стінка передня	1	
A3		17	МВГМПС01. 403	Короб	1	
A3		18	МВГМПС01. 404	Короб	1	
A4		19	МВГМПС01. 405	Рамка	1	
A4		20	МВГМПС01. 406	Рамка	1	
A4		21	МВГМПС 01. 407	Лоток	1	

МВГМПС 01.000

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Глущенко		
Перевір.		Нестеренко		
Н. контр.		Мачок		
Затв.		Свірень		

Модуль повітряно-решітний

Літ.	Аркуш	Аркушів
	1	3

ЦНТУ, гр. АІ 20МЗ (1,4)

Формат А4

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
А3		22	МВГМПС 01. 408	Напрямник	1	
А4		23	МВГМПС 01. 409	Напрямник	1	
А4		24	МВГМПС 01. 411	Боковина клапана	1	
А4		25	МВГМПС 01. 412	Боковина клапана	1	
А3		26	МВГМПС 01. 413	Напрямник	1	
А3		27	МВГМПС 01. 414	Кожух	1	
А4		28	МВГМПС 01. 415	Канал	1	
А4		29	МВГМПС01. 416	Лоток	1	
А4		30	МВГМПС 01. 417	Кронштейн	1	
А4		31	МВГМПС 01. 001	Вікно	2	
А3		32	МВГМПС 01. 418	Короб	1	
А4		33	МВГМПС 01. 002	Прокладка	2	
А4		34	МВГМПС 01. 601	Вісь	2	
А4		35	МВГМПС 01. 605	Вісь	1	
А4		36	МВГМПС 01. 606	Вісь	1	
А4		37	МВГМПС 01. 607	Вісь	3	
А4		38	МВГМПС 01. 419	Шайба	1	
А4		40	МВГМПС 01. 420	Шайба	1	
А4		41	МВГМПС 01. 701	Кутик	2	
				Стандартні вироби		
				Болти ГОСТ 7805-70		
		42		М4-6g×12.66.019	8	
		43		М6-6g×12.66.019	2	
		44		М8-6g×12.66.019	1	
		45		М10-6g×12.66.019	8	
		46		Болт М6-6g×12.66.019 ГОСТ 7802-81	2	
				Гайки ГОСТ 5927-70		
		47		М4-7Н.019	16	
		48		М6-7Н.019	2	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	МВГМПС 01. 000	Арк. 2

Формат А4

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
		49		М8–7Н.019	2	
		50		М10–7Н.019	8	
				Гайки ГОСТ 3032–76		
		51		М6–7Н.019	2	
		52		М8–7Н.019	3	
				Шайби ГОСТ 6402–70		
		53		4.65Г.019	4	
		54		8.65Г.019	1	
		55		10.65Г.019	4	
				Шайби ГОСТ 6402–70		
		56		4.01.10.019	6	
		57		6.01.10.019	4	
		58		8.01.10.019	4	
		59		10.01.10.019	10	
				Заклепки ГОСТ 10302–80		
		60		4×8	79	
		61		4×10	14	
		62		Шпилька М4×110 ГОСТ 22032–76	1	
		63		Електродвигун АИ2М80А4	1	
				ГОСТ 19523–81		
		64		Шпонка 6×6 ГОСТ 10748–79	1	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	МВГМПС 01. 000	Арк. 3

Формат А4