

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., доцент

_____Сергій ЛЕЩЕНКО

« ____ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:**

**"Модернізація просапної сівалки з дослідженням
пневмомеханічного висівного апарата"**

Виконав здобувач вищої освіти __ІІ__ курсу,
групи ГМ-22М-1.1

ОНП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

_____Петренко Владислав Валерійович

« ____ » _____ 2024 р.

Керівник проекту

доцент, канд.техн.наук

_____Володимир АМОСОВ

« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент Олександра БІЛОВОД

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань Механічна інженерія

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма _____

"Галузеве машинобудування"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

«___» _____ 2024 року

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

_____ Петренко Владислав Валерійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) “Модернізація просапної сівалки з дослідженням пневмомеханічного висівного апарата”

2. Керівник роботи (проекту)

_____ Амосов Володимир Васильович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 10.06.2024 р

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) _____

Метою даної магістерської роботи є вдосконалення конструкції просапної сівалки і, зокрема, пневмомеханічного висівного апарата. _____

Задачі дослідження: Визначити раціональні параметри розташування верхньої крайки правої стінки насіннєвої камери відносно крайньої точки скидача зайвого насіння.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1–4, 6	Доцент Амосов В.В.		
5	Доцент Сисоліна Н.П.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розробка та оформлення розділів 1 та 2	29.03.2024 р.	
2	Проведення необхідних розрахунків та оформлення розділу 3	12.04.2024 р.	
3	Проведення необхідних розрахунків та оформлення розділу 4	26.04.2024 р.	
4	Оформлення графічної частини ДР	10.05.2024 р.	
5	Проведення необхідних розрахунків та оформлення розділів 5 та 6	01.06.2024 р.	
6	Нормоконтроль, захист ДР на засіданні ДЕК	Згідно з графіком	

Дата видачі завдання

«___» _____ 20__ р.

Підпис керівника

_____ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 20__ р.

Підпис здобувача

_____ (прізвище та ініціали)

1 ВСТУП

Цукровий буряк—одна з найцінніших просапних культур, яка вирощується на Україні. Перехід на індустріальну технологію її вирощування значно підвищив вимоги до комплекту сільськогосподарських машин, які використовуються при обробці ґрунту, сівбі, догляді за посівами та збиранні цукрового буряка. Тривала криза галузі сільськогосподарського машинобудування суттєво загальмувала процес усунення недоліків робочих органів машин, які випускаються серійно.

Машини для точної сівби не виконують агротехнічних вимог за якістю розподілу насіння за довжиною рядка.

Їх технічний рівень також не відповідає зрослим сучасним вимогам за матеріаломіцністю, надійністю, довговічністю та іншими показниками. Тому актуальною є задача оптимізації параметрів існуючих та створення нових робочих органів сівалок точної сівби. Раціональна комплектація машин робочими органами та пристроями, придатними для використання в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України, дозволить знизити витрати праці на вирощування цукрового буряка, зменшити витрати насіння, гербіцидів, пального та знизити собівартість цукру.

Метою даної магістерської роботи є вдосконалення конструкції просапної сівалки і, зокрема, пневмомеханічного висівного апарата.

					УПС 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Петренко В.				Вступ		Літ.	Аркуш
Перевір.	Амосов							1
							ЦНТУ. гр. ГМ-22М-1.1	
Н.контр.	Мачок							
Затвер	Лещенко							

ЗМІСТ

1 ВСТУП	6
2 НАУКОВА ЧАСТИНА.....	7
3 ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА.....	20
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	41
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	46
6 ВИСНОВОК.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	50
ДОДАТКИ.....	51

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

2 НАУКОВА ЧАСТИНА

2.1 Агротехнічні вимоги до бурякових сівалок

Агротехнічні вимоги до бурякових сівалок спрямовані на підвищення врожайності, зменшення витрат на догляд за посівами, підвищення якості продукції. При посіві насінин з інтервалами по довжині рядка 5 і 6 см, які замірені у відкритій борозні з точністю $\pm 0,5$ см, середньоквадратичне відхилення інтервалів для дражованих насінин не повинно перевищувати $\pm 2,5$ см і звичайних – ± 3 см, а при інтервалах 8, 10, 12 см, відповідно, $\pm 3,5$ і $\pm 4,5$ см. Подрібнення насінин – не більше 0,5%, а подрібнення оболонки драже не більше 3% [4].

Сівбу на одному полі потрібно закінчувати за 1-2 дні, відхилення середньої глибини загортання насіння не повинно перевищувати $\pm 0,5$ см, а ширина стикових міжрядь повинна становити 50 ± 5 см.

2.2. Огляд існуючих конструкцій просапних сівалок

На ринку України зараз присутні просапні сівалки як відомих лідерів сільськогосподарського машинобудування («Амазоне» (Німеччина), «Лемкен» (Німеччина), «Гаспардо» (Італія), «Джон Дір», «Kinze» (США) «Kuhn» (Франція)), так і невеликих зарубіжних («Квернеланд» (Норвегія)) та вітчизняних («Ельворті») фірм.

Розглянемо кілька популярних моделей, їх переваги та недоліки.

Продумана концепція пропонованих фірмою «Кун» універсальних сівалок точного висіву Maxima і Planter дозволяє використовувати їх при будь-якій технології з різним насінним матеріалом. Відмітними рисами знарядь є більша міцність конструкції, висока надійність і оптимальна точність посіву.

Більш проста по пристрою сівалка Planter призначена для нормальної сівби. Вона виготовляється із шириною захвату від 3 до 9 м (ємність насінного ящика – 25–45 л). Ширину міжряддя можна міняти від 38 до 80 см. Окремі

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

моделі обладнуються резервуаром для мінеральних добрив і розкидачем гранулята.



Рис.2.1. Сівалка Planter.

Для великих підприємств «Кун» (Kuhn) робить сівалку Maxima із шириною захвату від 2,5 до 9 м. Вона комплектується насінним ящиком на 52 л і забезпечує ширину міжряддя від 45 до 80 см.

Більша маса висівних модулів (від 120 до 150 кг) забезпечує надійне закладення насінин на будь-якому ґрунті. Maxima може оснащуватися бункером для мінеральних добрив ємністю до 1350 л. Усі знаряддя мають цільну, шарнірну або телескопічну раму й напівавтоматичний зчіпний пристрій. У якості додаткового встаткування пропонуються різні електронні контрольно-вимірювальні пристрої: Hector 3000, KMS 208, KMS 412 або KMD 112.

Представником групи вакуумних пневматичних просапних сівалок з пристроями, встановленими на секціях з дводисковими сіялками з опорними катками, є напівпричепна дванадцятирядна сівалка Maestro, виробництва компанії "GASPARDO" (Італія), з пневматичними висівними пристроями вакуумного типу. Посівна машина призначена для сівби буряка, сої, кукурудзи, соняшнику та інших просапних культур із близькими за розмірами насінням (рис.2.2).

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 2.2. Сівалка "GASPARDO".

Сівалка складається з центральної рами; двох плаваючих секцій, що дозволяють найбільш плавно копіювати рельєф поля; маркерного пристрою; 12 висівних секцій, що складаються з бункера, висівного пристрою, дводискового сошника та загортального пристрою; 8 опорних коліс і 2 коліс для транспортування; робочого і транспортного причіпного пристрою, які дозволяють зменшувати транспортні розміри.

Достоїнства даної конструкції сівалки:

- дводисковий сошник, що дозволяє підвищити робочу швидкість;
- наявність транспортного пристрою, що дозволяє при транспортуванні на великі відстані використовувати дороги загального користування;
- дві плаваючі напіврами поліпшують копіювання рельєфу поля.

Недоліки в конструкції сівалки:

- вакуумний висівний пристрій не забезпечує якісне дозування на швидкостях вище 8 км/год;
- малий об'єм бункерів збільшує кількість заправок протягом зміни;
- відсутність ресивера, що збільшує пульсацію в роздільній системі пневмосистеми.

Представником групи пневматичних просапних сівалок з надлишковим тиском, з пристроями, встановленими на рамі з секціями дискових сошників, є

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

напівпричіпна восьмирядна сівалка EDX 6000-ТС виробництва фірми AMAZONE (Німеччина). Машина призначена для точного висіву насіння кукурудзи, ріпаку, соняшнику, сорго, сої і т.д., одночасно з внесенням мінеральних добрив. Найбільш підходить для роботи на великих за площею полях з легкими піщаними ґрунтами (рис. 2.3

Устаткування сівалки складається з наступного: Т-подібна складна рама значно ускладнила конструкцію, але дозволяє зменшити транспортні розміри до 3 метрів; центральний туковий бункер з функцією автозавантаження, центральний насіннєвий бункер, барабанний дозатор насіння, вісім висівних секцій, два опорних колеса, розподільник добрив.



Рис. 2.3. Сівалка Amazone EDX 6000-ТС.

Переваги даної конструкції сівалки:

- централізований туковий і насіннєвий бункери;
- завантажувальний шнек тукового бункера, призначений для зручності завантаження;
- дводисковий сошник, що дозволяє підвищити робочу швидкість;
- висівний апарат надлишкового тиску забезпечує рівномірний розподіл насіння на підвищених швидкостях;
- причіпний тип агрегату та складна рама збільшують транспортну швидкість.

Недоліки в конструкції сівалки:

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

- близько розташовані робочі органи секції збільшують ймовірність застрягання на глинястих, вологих ґрунтах;
- різна довжина насіннєпроводів призводить до трансформації розподілу насіння в боріздці рядка посіву;
- велика довжина агрегату зменшує маневреність;
- велика маса вимагає для агрегування більш потужного трактора.

Представником групи пневматичних просапних сівалок з надмірним тиском з пристроями, встановленими на секціях з дисковими висівними апаратами з опорними катками, є причіпна восьмирядна сівалка TempoF виробництва фірми VADERSTAD (Швеція), призначена для посіву насіння квасолі, гороху, кукурудзи, соняшника, з одночасним внесенням мінеральних добрив і мікрогранул пестицидів (рис. 2.4). Устрій сівалки: центральна складна рама; причіпний пристрій; центральний туковий бункер для зручності наповнення; вісім висівних секцій, що дозволяють якісно дозувати насіння; чотири опорних колеса; бункер мікродобрив для стартових доз добрив і пестицидів; грудковідвід; вентилятор надмірного тиску.



Рис. 2.4. Сівалка TempoF виробництва фірми VADERSTAD (Швеція)

Переваги даної конструкції сівалки:

- дводисковий сошник, що дозволяє підвищити робочу швидкість;
- висівний апарат надлишкового тиску забезпечує рівномірний розподіл насіння на підвищених швидкостях;

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- централізований туковий бункер;
- бункери мікродобрих для стартових добрив та пестицидів.

Недоліки в конструкції сівалки:

- відсутність шлейфа, який вирівнює поверхню після проходження сошника;
- велика маса потребує більш потужного трактора для агрегування;
- причіпний тип машини зменшує коефіцієнт використання змінного часу.

У Європі є досить велике, але доступне для огляду коло виробників машин точного висіву. Різноманітний асортимент пропонованих на ринку сівалок. Знаряддя відрізняються універсальністю, високою продуктивністю, надійністю й великою точністю виконання робіт. Широко впроваджуються засоби електронного керування й контролю над виконанням робочих операцій. Усі виробники продовжують активно вести роботи з удосконалювання конструкцій машин і підвищенню їх експлуатаційної надійності.

2.3. Видалення зайвих насінин

ВПМБА в загальному виді можна розглядати як механічну систему, що виконує функцію виділення з загальної маси насінин дискретних порцій заданого розміру (звичайно, однієї насінини) і рух їх через рівні проміжки часу в задану точку органів, що загортають.

Процес роботи ВПМБА складається з ряду послідовних операцій:

- надходження насінин із бункера в насінневу камеру;
- захоплення групи насінин присмоктувальним отвором диска;
- рух насінин із диском до відбивача зайвих насінин;
- виділення одиначної насінини з групи захоплених отвором насінин;
- рух одиначної насінини з диском;
- відокремлення насінини від диска;
- рух насінини до дна борозни.

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основна мета операції з видалення зайвих насінин полягає в тому, щоб з присмоктувальних отворів видалити "запасні" насінини, які залишилися після першої операції, залишивши максимальну кількість окремих насінин і уникнувши утворення "пропусків". Для досягнення цієї мети застосовуються скидачі, які переміщують насіння таким чином, щоб одна насінинка опинилася найближче до центру присмоктувального отвору, де утримуюча сила максимальна, а інші знаходяться на граничній відстані від центру отвору, де сила ваги перевищує утримуючу силу. Практика показує, що видалення зайвих насінин полегшується за рахунок надання їм обертального або коливального руху.

У ранніх моделях ВПМБА, скидач мав форму вилки (рис. 2.5,а), яка удосконалилася у апараті SPC-6 (рис. 2.5,б). Час удару вилки був малий, а інтенсивність впливу достатньо велика, що приводило до видалення не лише зайвих, але й одиничних насінин. З метою підвищення тривалості і зменшення інтенсивності взаємодії насінин зі скидачем, вильчастий скидач апарата Unisem був реалізований у вигляді двохступінчатого, з меншими відстанями між штирками другого ступеня в порівнянні з першими.

У овочевій сівалці SV 255 фірми Gaspardo (Італія) застосовується поєднання пластинчастого і вильчастого скидачів.

Довготривалий вібраційний вплив на насіння забезпечує пластинчастий скидач з пилкоподібними зубцями, реалізований у конструкції ВПМБА Pneumaset II (рис. 2.5,г). Інтенсивність впливу зростає в напрямку обертання диска, оскільки вершини зубців поступово наближаються до кола отворів. Аналогічна конструкція скидача використовується у ВПМБА Monoair. У одному з варіантів його робоча поверхня складається з чергових секцій, покритих матеріалами з різними коефіцієнтами тертя.

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

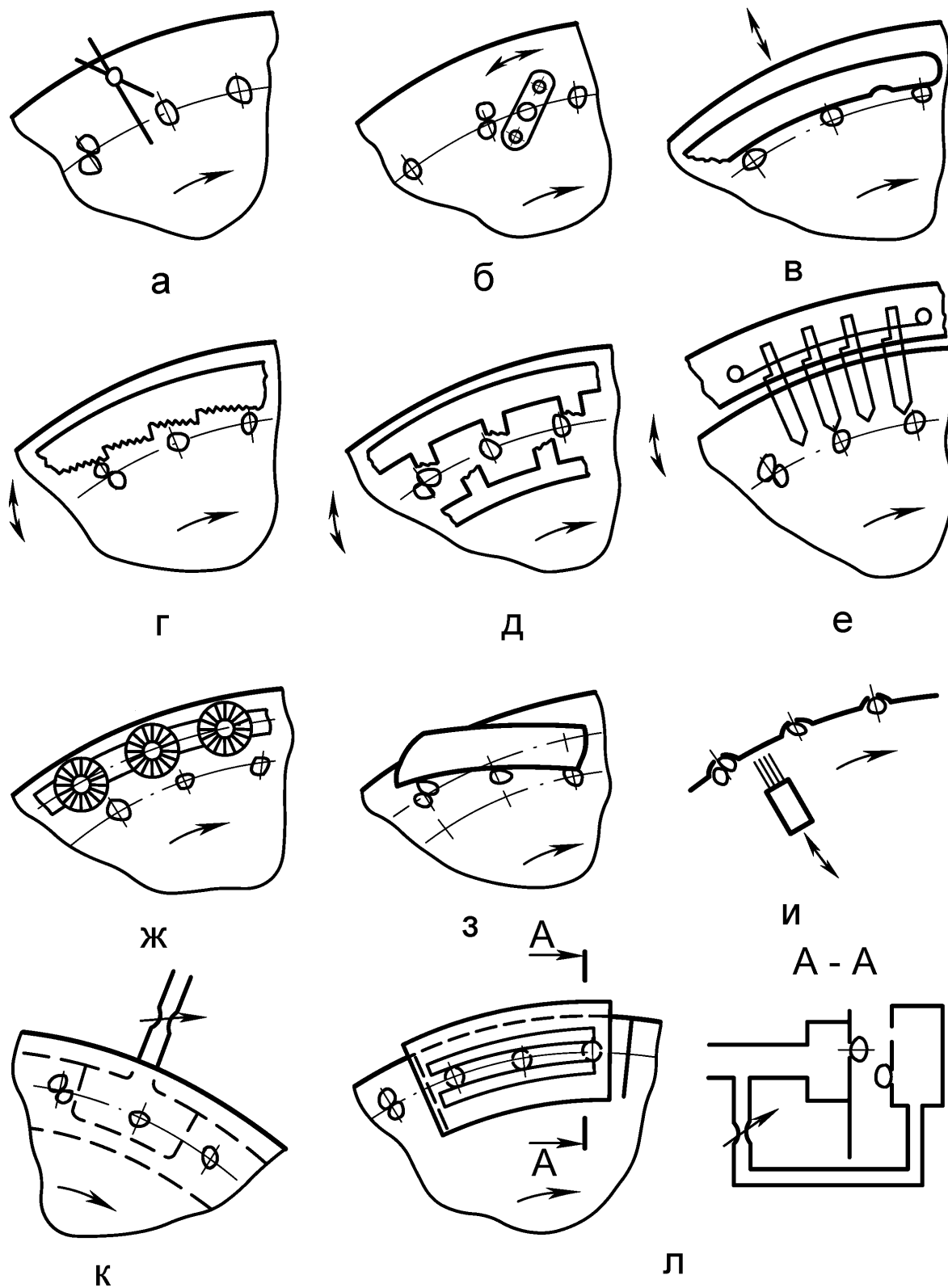


Рис.2.5. Схеми скидачів зайвого насіння ВПМВА: а–Біньковського П.А.; б–СУПН-8, SPC -6; в–Multikorn; г– Pneumasem II; д– Special Legumes; е – Monoair; ж– В-600; з – Monosem P; и – Cyclo-800; к –а.с. 1053771 (СРСР); л – а.с. 784824 (СРСР).

Висока жорсткість пластинчастого скидача може призводити при підвищеній частоті обертання диска до руйнування або пошкодження м'яких і глибоко утягнутих в отвори насінин. Частково цей недолік усувається розбиттям поверхні скидача на короткі секції, що застосоване в овочевій сівалці Special Legumes фірми Nodet Gougis (див. рис. 2.5,д). Чергування секцій з обох боків траєкторії насіння підвищує ефективність операції.

Пластинчасто-роликовий скидач сівалки В-600 фірми Венас (Франція) (див. рис. 2.5,ж) плавно впливає на насіння за допомогою роликів з насічкою по периферії, які вільно обертаються на своїх осях. Осі роликів перпендикулярні до диска і закріплені на платівці, вигнутій по колу, яке концентричне колу присмоктувальних отворів.

Повністю виключає подрібнення щітковий скидач (див. рис. 2.5,и), проте форма його робочої крайки може змінюватися внаслідок зносу і відгину волокон, що вносить невизначеність у процес видалення зайвих насінин. Пружність щіткового і зносостійкість пластинчастого поєднує скидач, що складається з підпружинених пальців, осі яких закріплені на пластині (див. рис. 2.5,е).

Вібраційні скидачі, які були використані, наприклад, в апараті І.Л.Слуцького і у французькому патенті № 2221902, не отримали поширення через низьку ефективність і складність регулювання інтенсивності ударів в залежності від фізико-механічних властивостей насінин.

Зниження вакууму в зоні скидання (див. рис. 2.5,к), значно підвищує ризик скидання не лише зайвих, але й окремих насінин унаслідок випадкових коливань величини вакууму і руху посівної секції по нерівностях поля.

Вакуумні відбивачі інших конструкцій значно ускладнюють ВПМВА. Скидання зайвих насінин струменем стиснутого повітря, використане в висівних апаратах Lange, Isaria Pneumatik і експериментальних моделях, потребує використання додаткового вентилятора й ускладнює пневмосистему сівалки.

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4. Висновки, мета і задачі досліджень

Виходячи з результатів аналізу конструкцій, умов роботи і особливостей процесу висіву пневмомеханічними висівними апаратами, зроблені наступні висновки:

1. Можливості підвищення якості розподілу насінин по довжині рядка вакуумними пневмомеханічними висівними апаратами з вертикальним диском ще не вичерпані. Найкращі перспективи має апарат з пластинчастим скидачем зайвого насіння.

2. Подальше підвищення якості однозернового дозування може бути досягнуто вибором раціональної форми і розмірів пластинчастого скидача зайвого насіння та насінневої камери.

3. Можливості вдосконалення вакуумних пневмомеханічних висівних апаратів з вертикальним диском обмежуються через відсутність, зокрема, теоретичних досліджень процесу скидання зайвих насінин.

4. Параметри пластинчастого скидача зайвого насіння в існуючих апаратах вибрано не раціонально, що приводить до погіршення скидання зайвих насінин та їх пошкодження.

У результаті аналізу робіт по дослідженню факторів, які впливають на якість роботи вакуумних пневмомеханічних висівних апаратів, у відповідності з поставленою метою були визначені наступні задачі дослідження.

1. Встановити зв'язок між взаємним розташуванням скидача зайвого насіння та вертикальної стінки насінневої камери.

2. Визначити раціональні параметри розташування верхньої крайки правої стінки насінневої камери відносно крайньої точки скидача зайвого насіння.

3. Оцінити техніко-економічну ефективність використання пропонуємого висівного апарата з раціональними параметрами насінневої камери та скидача.

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Оптимізація параметрів насінневої камери ВПМВА

У процесі дозування насіння вакуумним пневмомеханічним висівним апаратом (ВПМВА) на етапі відокремлення «зайвих» насінин пластинчастим скидачем можливий виліт цих насінин за межі насінневої камери. Вони потрапляють до борозни та створюють додаткові «двійники». Причиною такого явища є нераціональне розташування вертикальної стінки насінневої камери. Визначимо оптимальне положення верхньої крайки вертикальної стінки насінневої камери. Вважаємо, що «зайва» насінина відокремлюється в крайній точці скидача D (кутова координата φ_c) (рис.2.6) та рухається по траєкторії, дотичній до його поверхні (радіус R_c) [1]. Тому вихідними параметрами траєкторії насінини є координати точки відокремлення її від диска ($x_c = R_0 \sin \varphi_c$; $y_c = R_0 \cos \varphi_c$), вертикальна ($V_{yo} = V_{cem} \sin \varphi_c$) та горизонтальна ($V_{xo} = V_{cem} \cos \varphi_c$) проекції складової початкової швидкості насінини на осі системи координат, пов'язаної з віссю обертання висівного диска.

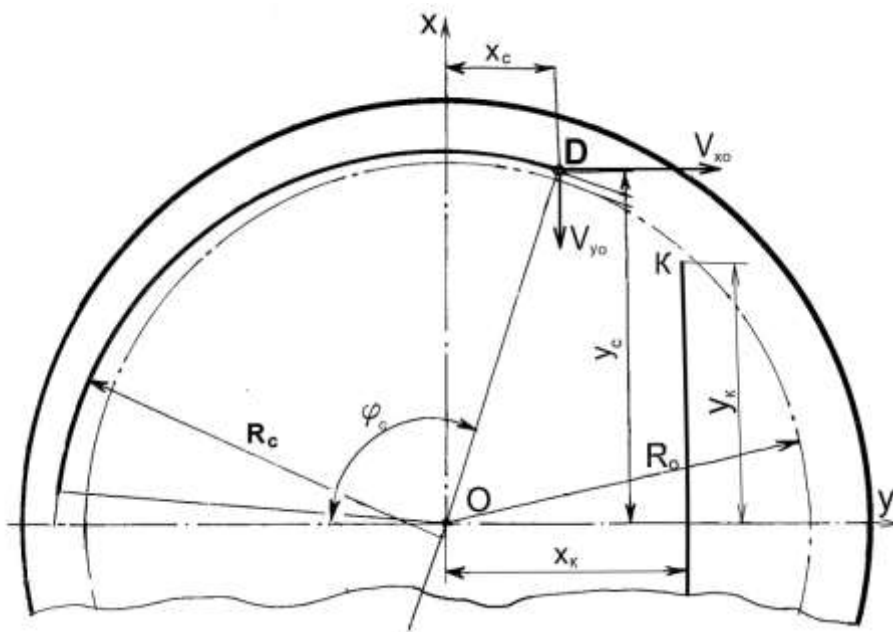


Рис. 2.6 Схема розташування скидача та верхньої крайки вертикальної стінки насінневої камери.

Параметричні рівняння траєкторії насінини:

$$x = R_0 \sin \varphi_c + V_{cem} \cos \varphi_c t, \quad (2.1)$$

					УПС 00.000 ПЗ		Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			

$$y = R_0 \cos \varphi_c - V_{cem} \sin \varphi_c t - gt^2 / 2. \quad (2.2)$$

З рівняння (2.1) можна виразити час руху насінини t_k до досягнення верхньої крайки правої стінки ($x = x_k$).

$$t_k = (x_k - R_0 \sin \varphi_c) / (V_{cem} \cos \varphi_c)$$

і підставивши до (2.2), отримати

$$y = R_0 \cos \varphi_c - V_{cem} \sin \varphi_c (x_k - R_0 \sin \varphi_c) / (V_{cem} \cos \varphi_c) - \\ - (((x_k - R_0 \sin \varphi_c) - R_0 \sin \varphi_c) / (V_{cem} \cos \varphi_c))^2 g / 2$$

Верхня точка стінки насінневої камери має бути на відстані ($r_{cem} + \Delta r$) від кола присмоктувальних отворів, щоб насінини не торкались її. Тому рівняння кола, яке описує множину можливих точок розташування верхньої крайки правої стінки насінневої камери

$$y_k = \sqrt{(R_0 - r_{cem} - \Delta r)^2 - x_k^2}$$

Різниця між ординатами верхньої крайки стінки та точки перетину її траєкторією насінини

$$\Delta y = y_k - y$$

має бути позитивною.

Для аналізу можливого взаємного розташування кінцевої крайньої точки скидача та вертикальної стінки насінневої камери побудуємо графіки (рис. 2.7), використовуючи систему MathCAD.

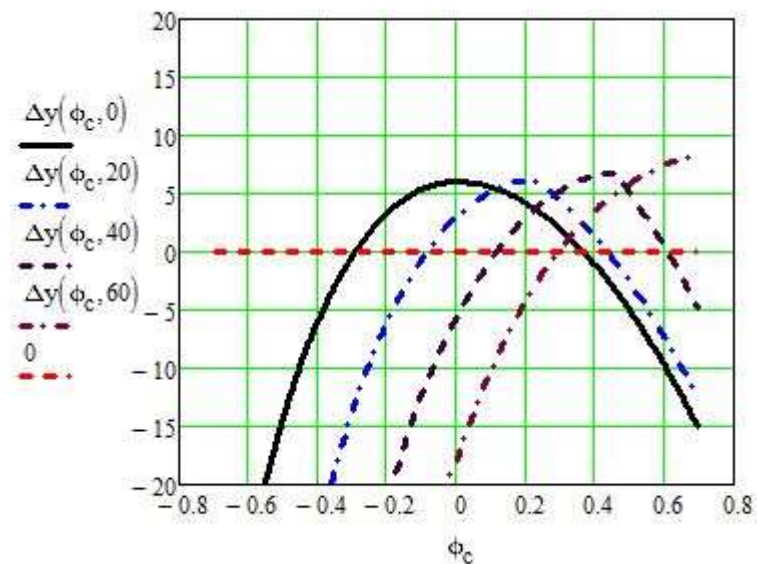
$$\Delta y = f(\varphi_c, x_k).$$

Всі графіки мають точку максимуму, яка зміщується вправо зі збільшенням φ_c . Потрібно вибрати таке значення x_k , при якому $\Delta y \geq 0$, а $\varphi_c \rightarrow \max$. Для такого аналізу функції Δy необхідно взяти від неї частинну похідну Δy_x за змінною x_k та розв'язати чисельно систему нелінійних рівнянь

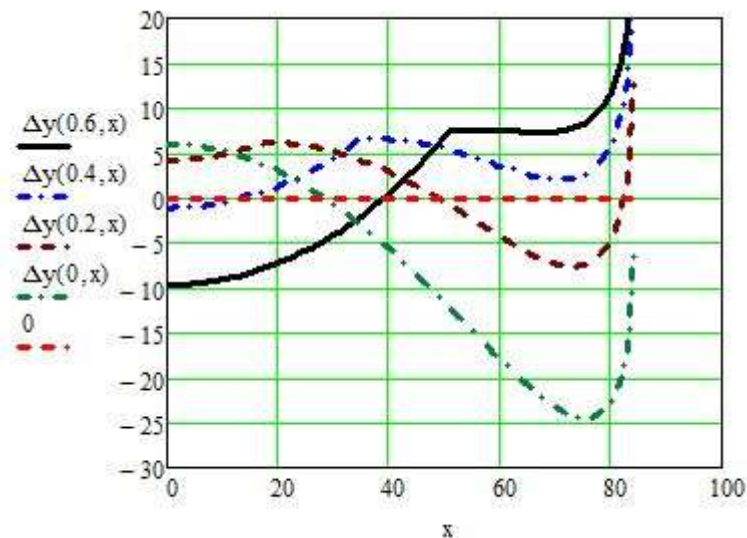
$$\begin{cases} \Delta y = 0 \\ \Delta y_x = 0 \end{cases}$$

Ці операції доцільно виконувати з використанням системи MathCAD.

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		



а



б

Рис. 2.7 Графіки залежності різниці між ординатами верхньої крайки стінки та точки перетину її траєкторією насінини: а) від кутової координати φ_c крайньої точки скидача та б) від абсциси верхньої крайки стінки x_k .

Рациональний кут закінчення скидача ($\varphi_c=20^\circ$) та абсцису верхньої точки вертикальної стінки ($x_c=71,5$ мм) вибираємо за результатами розрахунку по програмі при максимальній швидкості руху насінини ($V_{cem}=0,6$ м/с), її максимальному радіусі ($r_{cem}=3$ мм) та максимальному зазорі між насіниною та стінкою ($\Delta r=3$ мм).

3 ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

3.1. Будова сівалки УПС-12

Сівалка універсальна пневматична УПС-12 призначена для точного висіву каліброваного, дражованого та звичайного насіння цукрового та кормового буряка, кукурудзи, соняшника, ріпаци, сорго, кормових бобів та квасолі з одночасним внесенням у рядки, що засіваються, гранульованих мінеральних добрив.

Сівалка (рис.3.1) складається з наступних частин:

- туковисівної системи, яка в свою чергу складається із бункера 1 для туків, туковисівного апарата 19, тукопровода 16, тукового сошника 15;
- насінневисівної системи, яка складається з бункера для насіння 6, пневматичного висівного апарата 7, наральникового сошника 11;
- системи пневможивлення, яка складається з вентилятора відцентрового типу 3, механізму його привода (поліклінова пасова передача 2) від вала відбору потужності 18, ресивера 4, повітропроводів 5;
- загортаючої системи, яка складається із V-подібного прикочувального котка 10 і шлейфу 9;
- рами 17;
- двох маркерів 8 (лівий і правий);
- двох опорно-приводних коліс 12;
- переднього прикочувального котка 13 з грудковідкидачем 14 (для висіву буряка).

Принцип роботи сівалки полягає у наступному.

Обертання дисків насінневисівних апаратів 7 та шнеків туковисівних апаратів 19 здійснюється від опорно-приводних коліс через ланцюгову передачу і механізм зміни передач.

Вакуум у порожнині кришок висівних апаратів 7 створюється вентилятором 3, який приводиться до обертання від вала відбору потужності

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(ВВП) трактора 18 на 540 об/хв. Для контролю величини розрідження на сівалці встановлений тягомір мембранний .

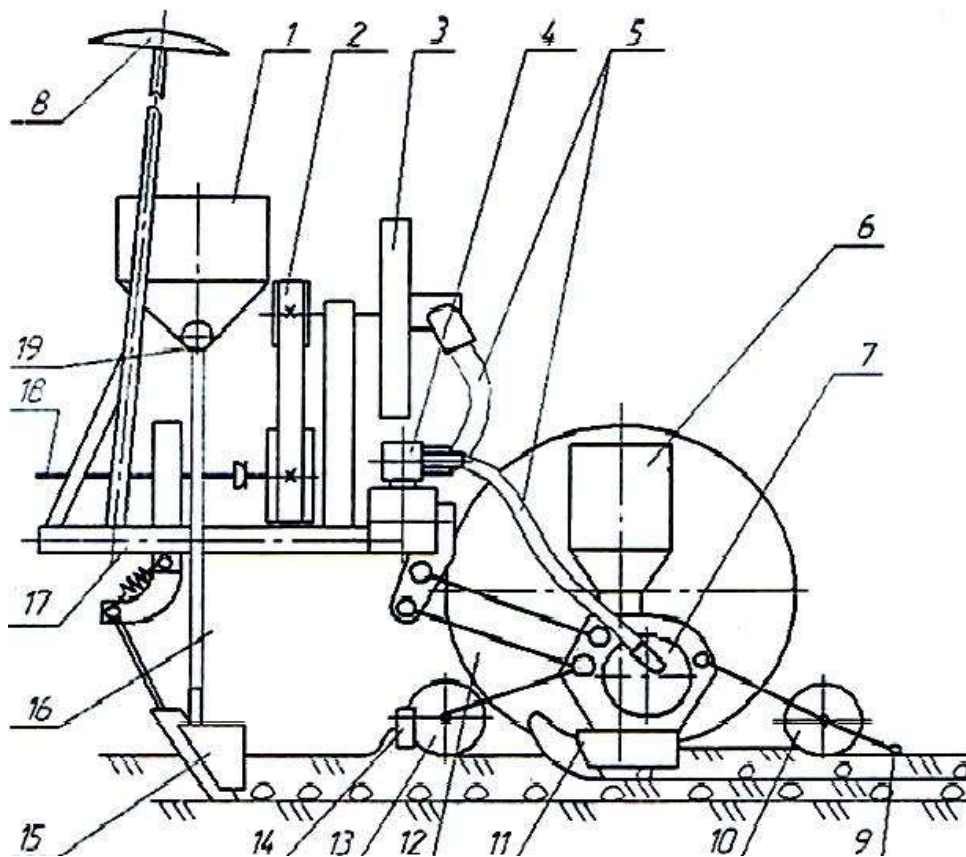


Рис. 3.1 Схема універсальної пневматичної сівалки УПС-12:

1 – бункер для туків; 2 – поліклинова пасова передача; 3 – вентилятор; 4 – ресивер; 5 – повітропроводи; 6 – бункер для насіння; 7 – пневматичний висівний апарат; 8 – маркер; 9 – планчастий шлейф; 10 – задній прикочувальний V-подібний коток; 11 – наральниковий сошник; 12 – опорно-приводне колесо; 13 – передній прикочувальний коток; 14 – грудковідкидач; 15 – туковий сошник; 16 – тукопровід; 17 – рама; 18 – ВВП трактора; 19 – туковисівний апарат.

Насіння присмоктується до отворів диска, який знаходиться у зоні розрідження і обертається, та транспортується із забірної камери до місця викиду. Видалення «зайвого» насіння, яке присмокталося до отворів, (повинна бути одна насінина) назад до забірної камери висівного апарата 7, здійснюється скидачем зайвого насіння. У нижній частині висівного апарата,

					УПС 00.000 ПЗ		Ст.
Зм.	Арк.	№ докum	Підпис	Дата			

при переході отворів з насінням із зони розрідження у зону атмосферного тиску, насінини по одній відокремлюються від отворів і падають на дно борозни, яку залишив сошник 11. Сівалка комплектується двома сошниками: для висіву насіння кукурудзи та насіння цукрового буряка.

Передній коток 13 з грудковідкидачем 14 прикочує та вирівнює ґрунт перед сошником. V-подібний коток 10 закриває ґрунтом борозну з насінням і тим самим ущільнює ґрунт з двох боків від насінини, залишаючи рихлим верхній, над насінною, шар ґрунту для поліпшення проростання насінини. Планчастий шлейф 9, який знаходиться за котком, вирівнює рельєф поля після посіву. На всіх прикочувальних котках встановлені чистики для очистки котків від налиплого ґрунту.

Шнеки туковисівного апарата 19 з лівою та правою навивкою, виносять добрива із бункера в воронки і по тукопроводу 16 потрапляють у туковий сошник і укладаються в ґрунт.

При русі по полю маркер 8, опущений на незасіяну частину поля, залишає слід, який служить орієнтиром трактористу для ведіння агрегату при зворотному русі.

3.1.1 Пропозиції по вдосконаленню конструкції ВПМВА

Уточнено параметри скидача зайвого насіння.

Визначено оптимальне розташування кінцевої крайньої точки скидача та вертикальної стінки насінневої камери.

3.2 Технологічні розрахунки

3.2.1.Розрахунок висівного апарата

Основними параметрами, які впливають на якість висіву, є величина розрідження в вакуумній камері висівного апарата, яку створює вентилятор, аеродинамічні властивості насіння, відстань, з якої

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

здійснюється захоплення насінини, її початкова по відношенню до присмоктувальних отворів висівного диску, коефіцієнт тертя насінини по поверхні диска, питома вага насінини тощо. Умова рівноваги насіння:

$$\sum X = 0: \quad F_n - N \cdot \cos \beta = 0;$$

$$\sum Y = 0: \quad j + m \cdot g \cdot \sin \alpha - N \cdot \sin \beta = 0,$$

де F_n – сила присмоктування насінини, Н;

j – відцентрова сила інерції насінини, Н;

α – кутова координата, град;

N – реакція фаски отвору, Н;

β – кут між N та віссю OX .

Сила F_n залежить від величини розрідження, яке створює вентилятор у вакуумній камері висівного апарата, а значення останньої визначає якість його роботи.

Тому розрахунки зводяться до визначення необхідного розрідження для трьох характерних випадків:

- 1) насінина знаходиться поблизу присмоктувального отвору висівного диска:

$$\Delta H_1 = \frac{\left[1 + 0.8 \cdot \left(\frac{d_c}{2 \cdot d_0}\right)^{-1.4}\right] \cdot \gamma_{\pi} \cdot v_{\text{кр}}^2 \cdot (K - \sin \alpha) \cdot \sqrt{d_c^2 - d_0^2}}{1.15 \cdot \left(\frac{2 \cdot d_c}{d_0}\right)^{-2.8} \cdot \mu^2 \cdot q \cdot d_0}, \text{ Па};$$

- 2) насінина знаходиться в стані присмоктування. схоплена у ребра присмоктувального отвору потоком повітря:

$$\Delta H_2 = \frac{\gamma_{\pi} \cdot v_{\text{кр}}^2 \cdot (K - \sin \alpha) \cdot \sqrt{d_c^2 - d_0^2}}{2 \cdot q \cdot \mu \cdot d_0}, \text{ Па};$$

- 3) насінина присмоктувалась до отвору і обертається разом із диском:

$$\Delta H_3 = \frac{m \cdot g \cdot (K - \sin \alpha)^3 \cdot \sqrt{d_c^2 - d_0^2}}{\pi \cdot d_0^3}, \text{ Па};$$

де в формулах

$$d_c = (0.6 \pm 0.7) \cdot b_c - \text{умовний діаметр насінини, м};$$

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

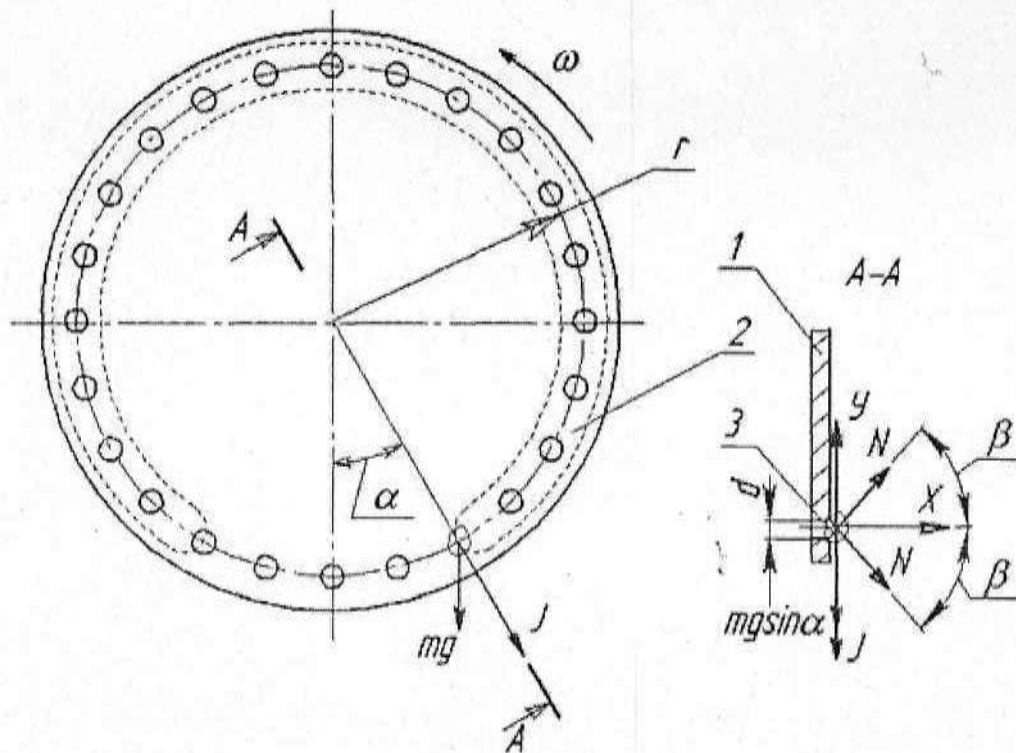


Рис. 3.2. Розрахункова схема сил, що діють на насініну, присмоктану до отвору висівного диска:

1 – висівний диск; 2 – вакуумна камера; 3 – насінина, що присмокталась.

b_c – товщина плоскої насінини, м.

Для цукрового буряку $b_{ck} = 0,0018 \pm 0,0040$ м, приймаємо $b_{ck} = 0,003$ м. Тоді для цукрового буряку $d_c = 0,7 \cdot 0,003 = 0,0021$ м.

d_0 – діаметр присмоктувального отвору висівного диска, м (для цукрового буряку $d_c = 0,0022$ м);

γ_{Π} – питома вага повітря, Н/м³;

$K = \frac{\omega_{\max}^2 \cdot r}{g}$ – коефіцієнт кінематчного руху висівного диска;

r – радіус кола розташування присмоктувальних отворів на висівному диску, м ($r = 0,090$ м);

$\omega_{\max} = \frac{\pi \cdot n_{\max}}{30}$ – максимальна кутова швидкість диска, рад/с;

$n_{\max}$ – максимальна частота обертання висівного диска, об/хв;

тоді $\omega_{\max K} = \frac{3,14 \cdot 83}{30} = 8,7$ рад/с;

$$K_K = \frac{0,090 \cdot 8,7}{9,81} = 0,70;$$

μ – коефіцієнт втрат повітря ($\mu=0,5$);

m – маса однієї насінини, кг (маса однієї насінини цукрового буряку $m=0,0016$ кг).

Тоді:

$$\Delta H_1 = \frac{\left[1 + 0,8 \cdot \left(\frac{0,0021}{2 \cdot 0,0022}\right)^{-1,4}\right] \cdot 11,4 \cdot 14^2 \cdot (0,7 - \sin 30^\circ) \cdot \sqrt{0,0021^2 - 0,0022^2}}{1,15 \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,0021}{0,0022}\right)^{-2,8} \cdot 0,5^2 \cdot 9,81 \cdot 0,0022} = 3934 \text{ Па}$$

$$\Delta H_2 = \frac{11,4 \cdot 14^2 \cdot (0,7 - \sin 30^\circ) \cdot \sqrt{0,0021^2 - 0,0022^2}}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,5^2 \cdot 0,0022} = 1708 \text{ Па};$$

3.3. Кінематичний розрахунок механізму привода висівного апарата

Зв'яжемо параметри висівного апарата через необхідну частоту обертання висівного диска:

$$n_{dj} = 6 \cdot 10^4 \cdot V_{dj} / (\pi d_d) = 6 \cdot 10^3 \cdot V_c / (a_{0j} \cdot K_d), \quad (3.8)$$

де n_{dj} – частота обертання висівного диску при j -й нормі висіву, об/хв;

V_{dj} – колова швидкість висівного диску по центрах присмоктувальних отворів при j -й нормі висіву, м/с;

d_d – діаметр кола диска, по якому розташовані присмоктувальні отвори, мм ($d_d = 180$ мм);

V_c – швидкість сівалки, м/с ($V_c = 6,73$ км/год $\approx 1,9$ м/с);

K_d – кількість присмоктувальних отворів на диску, шт.;

$a_{0j} = 10^2 / q_{pj}$ – відстань між сусідніми насінинами у рядку, см.

де q_{pj} – норма висіву насіння буряка, шт./п.м.

Тоді $a_{0min} = 10^2 / 15 = 6,7$ см ;

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a_{0max} = 10^2/8 = 12,5 \text{ см};$$

$$n_{dmin} = 6 \cdot 10^3 \cdot 1,9/(12,5 \cdot 60) = 15 \text{ об/хв};$$

$$n_{dmax} = 6 \cdot 10^3 \cdot 1,9/(6,7 \cdot 60) = 28 \text{ об/хв};$$

Визначаємо частоту обертання ходового колеса сівалки:

$$n_{xk} = 60 \cdot (1 - \varepsilon) \cdot V_c / \pi \cdot D_k, \quad (3.9)$$

де ε – коефіцієнт сковзання опорно-приводного (ходового) колеса

($\varepsilon = 0,04 \dots 0,3$, приймаємо $\varepsilon = 0,07$);

D_k – діаметр опорно-приводного колеса, м ($D_k = 0,74$ м).

Тоді $n_{xk} = 60 \cdot (1 - 0,07) \cdot 1,9/(3,14 \cdot 0,74) = 46 \text{ об/хв}$.

Визначаємо колову швидкість диска:

$$V_d = \pi \cdot d_d \cdot n_d / 6 \cdot 10^4, \quad (3.10)$$

Тоді: $V_{dmin} = 3,14 \cdot 180 \cdot 15 / (6 \cdot 10^4) = 0,15 \text{ м/с}$;

$V_{dmax} = 3,14 \cdot 180 \cdot 28 / (6 \cdot 10^4) = 0,27 \text{ м/с}$.

Визначаємо загальне передаточне відношення:

$$i_{zagj} = n_{dj} / n_{xk}, \quad (3.11)$$

де i_{zag} – загальне передаточне відношення механізму привода при j -му значенні частоти обертання висівного диска n_{dj} .

Тоді: $i_{zagmin} = 15/46 = 0,33$;

$i_{zagmax} = 28/46 = 0,62$;

Підбираємо необхідну кількість зубів зірочок z_k у механізмі привода (рис.3.3):

$$i'_{zag} = z_1 \cdot z_3 \cdot z_5 \cdot z_7 / (z_2 \cdot z_4 \cdot z_6 \cdot z_8), \quad (3.12)$$

де i'_{zag} – загальне передаточне відношення при підборі зубів зірочок у механізмі привода;

z_1, z_3, z_5, z_7 – число зубців ведучих зірочок, шт.;

z_2, z_4, z_6, z_8 – число ведених зірочок шт.

Тоді: $i'_{zagmin} = 21 \cdot 21 \cdot 13 \cdot 13 / 21 \cdot 19 \cdot 23 \cdot 26 = 0,33$;

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i'_{\text{загmax}} = 21 \cdot 12 \cdot 23 \cdot 13 / 21 \cdot 19 \cdot 23 \cdot 13 = 0,64;$$

Визначаємо нові значення частоти обертання висівного диску n'_{dj} та його колової швидкості V'_{dj} при нових значеннях загального передаточного відношення $i'_{\text{загj}}$:

$$n'_{dj} = n_{xk} \cdot i'_{\text{загj}}, \quad (3.13)$$

$$V'_{dj} = \pi \cdot d_d \cdot n'_{dj} / (6 \cdot 10^4), \quad (3.14)$$

$$\text{Тоді: } n'_{d\min} = 46 \cdot 0,33 = 15 \text{ об/хв};$$

$$n'_{d\max} = 46 \cdot 0,64 = 29 \text{ об/хв};$$

$$V'_{d\min} = 3,14 \cdot 180 \cdot 15 / 6 \cdot 10^4 = 0,14 \text{ м/с};$$

$$V'_{d\max} = 3,14 \cdot 180 \cdot 29 / 6 \cdot 10^4 = 0,28 \text{ м/с};$$

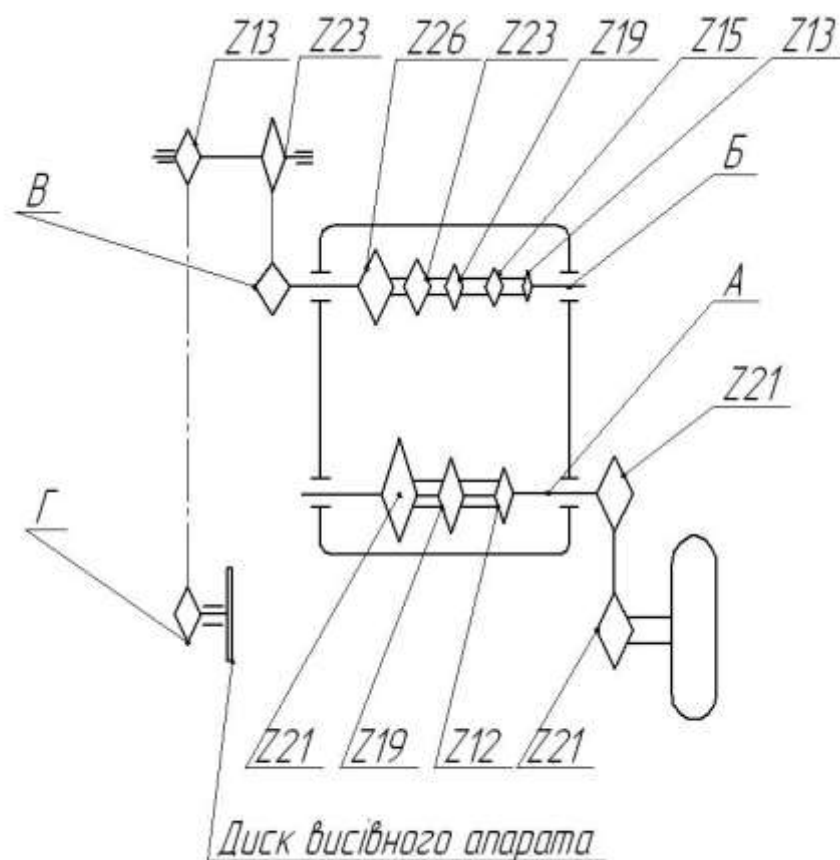


Рис.3.3. Механізм передач від опорно-приводного колеса до висівного апарата.

Визначаємо нові значення норм висіву насіння буряку q'_{pj} при нових значеннях n'_{dj} :

$$q'_{pj} = K_d \cdot n'_{dj} / (60 \cdot V_c), \quad (3.15)$$

$$\text{Тоді: } q'_{pmin} = 60 \cdot 15 / 60 \cdot 1.9 = 8 \text{ шт./п.м.}$$

$$q'_{pmax} = 60 \cdot 29 / 60 \cdot 1.9 = 15.3 \text{ шт./п.м.}$$

Визначаємо нові значення відстані між сусідніми насінинами у рядку a'_{oj} при нових значеннях q'_{pj} :

$$\text{Тоді: } a'_{omin} = 10^2 / 15.3 = 6.5 \text{ см};$$

$$a'_{omax} = 10^2 / 8 = 12.5 \text{ см};$$

Отже, конструкція механізму привода забезпечить висів діапазону заданих норм висіву насіння буряка.

Визначаємо частоти обертання валів механізму приводу висівного апарата

$$n_{mj} = n_{(m-1)j} \cdot z_k / z_{(k+1)}, \quad (3.16)$$

де $n_{(m-1)}$, n_m – частота обертання відповідно на ведучому та веденому валах механізму при j -тій нормі висіву q'_j , об/хв.

z_k ; $z_{(k+1)}$ – число зубів зірочок відповідно на ведучому та веденому валах механізму при відповідному значенні i'_{zagj} , хв.

Тоді:

$$\text{При } q'_{pmin} = 8 \text{ шт./п.м., } i'_{zagmin} = 0,33:$$

$$n_1 = n_{xk} = 46 \text{ об\хв}$$

$$n_2 = n_1 \cdot z_1 / z_2 = 46 \cdot 21 / 21 = 46 \text{ об\хв};$$

$$n_3 = n_2 \cdot z_3 / z_4 = 46 \cdot 21 / 19 = 51 \text{ об\хв};$$

$$n_4 = n_3 \cdot z_5 / z_6 = 51 \cdot 13 / 23 = 29 \text{ об\хв};$$

$$n_5 = n_4 \cdot z_7 / z_8 = 29 \cdot 13 / 26 = 15 \text{ об\хв};$$

$$\text{При } q'_{pmax} = 15.3 \text{ шт./п.м., } i'_{zagmax} = 0.64:$$

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$n_1 = n_{xk} = 46 \text{ об\хв}$$

$$n_2 = n_1 \cdot z_1 / z_2 = 46 \cdot 21 / 21 = 46 \text{ об\хв};$$

$$n_3 = n_2 \cdot z_3 / z_4 = 46 \cdot 12 / 19 = 29 \text{ об\хв};$$

$$n_4 = n_3 \cdot z_5 / z_6 = 29 \cdot 23 / 23 = 29 \text{ об\хв};$$

$$n_5 = n_4 \cdot z_7 / z_8 = 29 \cdot 13 / 13 = 29 \text{ об\хв}.$$

3.4. Силовий розрахунок механізму привода висівного апарата

Визначаємо максимальний крутний момент, який може забезпечити опорно-приводне колесо:

$$M_{\text{опк}} = f \cdot G \cdot D_k / 2k, \quad (3.17)$$

де f – коефіцієнт зчеплення ($f=0,4$);

k – кількість опорно-приводних коліс на сівалці, шт.;

$G = G_c - n \cdot (G_n + R_c)$ – частина ваги сівалки, що припадає на опорні колеса, Н;

тут G_c – сила ваги сівалки з наповненими бункерами насіння та добривами (експлуатаційна вага), Н;

n – кількість посівних секцій на сівалці, шт.,

G_n – сила ваги однієї посівної секції, Н;

R_c – сила тиску стисної пружини, яка притискує посівну секцію до ґрунту, Н.

$$\text{Тоді: } G = 18700 - 8 \cdot (550 + 576) = 9692 \text{ Н};$$

$$M_{\text{опк}} = 0,4 \cdot 9692 \cdot 0,74 / 2 \cdot 2 = 717 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Визначаємо мінімальні та максимальні крутні моменти на валах механізму привода.

Розрахунки мінімальних крутних моментів (при $i'_{\text{загmin}} = 0,33$) потрібні для визначення мінімального крутного моменту на валу висівного апарата, необхідно для забезпечення руйнування насінини в разі її закликання, а максимальних $i'_{\text{загmax}} = 0,64$ – для розрахунків на міцність.

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_m = M_{(m-1)} \cdot \eta \cdot Z_k / Z_{(k+1)}, \quad (3.18)$$

де M_m ; $M_{(m-1)}$ – крутний момент відповідно на веденому та ведучому валах, Н·м

η – ККД проміжної пари передачі (для ланцюгової $\eta=0,90\dots0,93$, приймаємо $\eta=0,92$).

$$\text{Тоді: } M_{1min} = M_{1max} = M_{опк} = 354 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{2min} = M_{2max} = M_{опк} \cdot \eta \cdot Z_1 / Z_2 = 717 \cdot 0.92 \cdot 21 / 21 = 660 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{3min} = M_{2min} \cdot \eta \cdot Z_3 / Z_4 = 660 \cdot 0.92 \cdot 12 / 19 = 383 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{3max} = M_{2max} \cdot \eta \cdot Z_3 / Z_4 = 660 \cdot 0.92 \cdot 21 / 19 = 670 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{4min} = M_{3min} \cdot \eta \cdot Z_5 / Z_6 = 383 \cdot 0.92 \cdot 13 / 23 = 199 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{4max} = M_{3max} \cdot \eta \cdot Z_5 / Z_6 = 670 \cdot 0.92 \cdot 23 / 23 = 97 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{5min} = M_{4min} \cdot \eta \cdot Z_7 / Z_8 = 199 \cdot 0.92 \cdot 13 / 26 = 92 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{5max} = M_{4max} \cdot \eta \cdot Z_7 / Z_8 = 617 \cdot 0.92 \cdot 13 / 13 = 586 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Перевіряємо здатність висівного диску обертатись в разі заклинення насінини:

$$M_{Vmin} > M_{руйн}, \quad (3.19)$$

де $M_{руйн} = F_{руйн} \cdot d_g / 2$ – руйнівний момент насінини, Н·м,

тут $F_{руйн}$ – руйнівне зусилля насінини, Н (для цукрового буряку приймаємо $F_{руйн}=200$ Н).

$$\text{Тоді: } M_{руйн} = 200 \cdot 0,180 / 2 = 18 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Отже умова $M_{Vmin} = 92 \text{ Н} \cdot \text{м} > M_{руйн} = 18 \text{ Н} \cdot \text{м}$ виконується, тобто в разі заклинення насінини вона зруйнується.

3.5. Енергетичний розрахунок

Спосіб агрегаткування й потужності трактора часто бувають визначальними, як по структурі машини, так і по економічності

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

використання цього агрегату. Крім того, необхідно забезпечити безпеку роботи агрегату, яка досягається створенням необхідної його стійкості.

Порушення стійкості руху агрегату може призвести до аварійної роботи (перекидання трактора); порушення керованості трактора; зниження надійності та довголіття коліс та шин; сповзання зі схилу чи боковий занос.

3.5.1 Вибір трактора з умови повздовжньої стійкості агрегату

Вибираємо трактор по тяговим характеристикам – МТЗ-82.

Найбільш нестійким агрегатом в повздовжній площині буде трактор з навісною машиною в транспортному положенні при русі на схил (рис. 3.6).

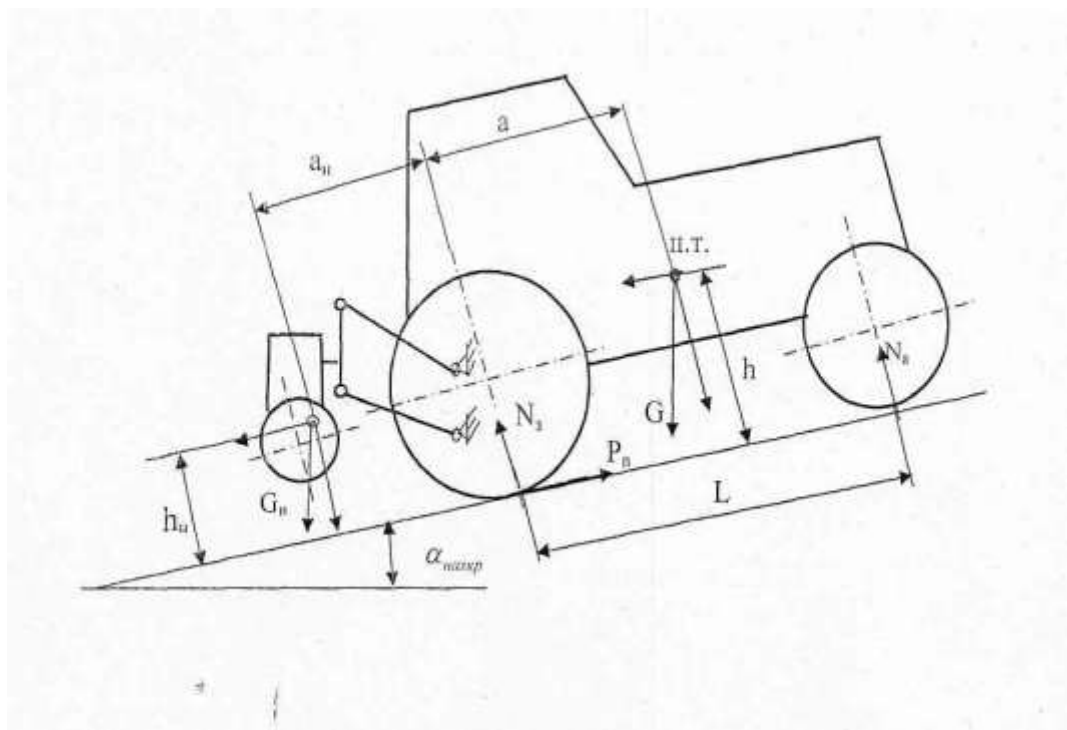


Рис.3.4. Розрахункова схема колісного трактора з навісною сівалкою, який рухається на схил.

Стійкість агрегату з трактором оцінюється коефіцієнтом запасу повздовжньої стійкості X_H . Значення $X_H \leq 0,4$, визначає стійке положення агрегату, а при $X_H > 0,4$ – відбувається різке порушення стійкості.

Коефіцієнт визначається за формулою:

$$X_H = G_H \cdot a_H / G \cdot a, \quad (3.20)$$

G_H – сила ваги навісної сівалки, кН; $G_H = 18,70$ кН

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

a_H – повздовжня координата центра ваги сівалки, м; $a_H = 0,57$ м

G – сила тяжіння трактора, кН; $G = 48,4$ кН

a – повздовжня координата центра ваги трактора відносно вісі ведучих коліс, м; $a = 0,45$ м

Підставивши значення отримаємо

$$X_H = 18,70 \cdot 0,57 / 48,4 \cdot 0,45 = 0,49$$

Значення коефіцієнту запасу повздовжньої стійкості $X_H = 0,5$ перевищує допустиме значення $X_H \leq 0,4$ – умова стійкості не виконується. Необхідно на передню частину трактора встановити додатковий вантаж. Сила ваги додаткового вантажу ΔG повинна бути такою, щоб після їх встановлення вона не перевищувала паспортних даних трактора, а значення коефіцієнта X_H знизилося до допустимих розмірів.

Приймаємо конструктивно $\Delta G_{max} = 2$ кН

З урахуванням додаткових вантажів уточнюємо значення коефіцієнта запасу повздовжньої стійкості за формулою:

$$X_H = G_H \cdot a_H / (G \cdot a + \Delta G \cdot a_x), \quad (3.21)$$

a_x – повздовжня координата центра ваги додаткових вантажів відносно вісі ведучих коліс трактора, м; $a_x = 2,9$ м

Підставивши значення отримаємо:

$$X_H = 18,70 \cdot 0,57 / 48,4 \cdot 0,45 + 2 \cdot 2,9 = 0,39$$

Значення коефіцієнту запасу повздовжньої стійкості $X_H = 0,39$ не перевищує допустиме значення $X_H \leq 0,4$ – умова стійкості виконується.

При виборі трактора необхідно перевірити навантаження на його колеса, для того щоб впевнитися у відсутності їх перенавантаження.

Допустимі навантаження на передні колеса $[N_p] = 12$ кН, на задні – $[N_z] = 33,7$ кН.

Навантаження:

на передні колеса:

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{\text{п}} = (G \cdot a + \Delta G \cdot a_x - G_H \cdot a_H - (G + \Delta G + G_H) \cdot f \cdot r_k) / L \quad (3.22)$$

на задні колеса:

$$N_{\text{з}} = G + \Delta G + G_H - N_{\text{п}} \quad (3.23)$$

f – коефіцієнт перекочування (для культиваторного поля $f = 0,2$);

r_k – радіус кочення ведучих коліс трактора, м; $r_k = 0,73$ м;

L – поздовжня база трактора, м; $L = 2,45$ м.

Підставивши значення, отримаємо:

$$N_{\text{п}} = 48,4 \cdot 0,45 + 2 \cdot 2,9 - 18,70 \cdot 0,57 - (48,4 + 2 + 18,70) \cdot 0,2 \cdot 0,73 / 2,45 \\ = 2,79 \text{ кН}$$

$$N_{\text{з}} = 48,4 + 2 + 18,70 - 2,79 = 66,31 \text{ кН}$$

При агрегуванні сівалки УПС-12 трактором МТЗ-82 навантаження на передні колеса відповідають умові $N_{\text{п}} = 2,79 \text{ кН} < [N_{\text{п}}] = 12 \text{ кН}$, а навантаження на задні колеса $N_{\text{з}} = 66,31 \text{ кН} < [N_{\text{з}}] = 33,7 \text{ кН}$ умові не відповідають.

Умова перенавантаження задніх коліс:

$$\delta = \frac{N_{\text{з}} - [N_{\text{з}}]}{[N_{\text{з}}]} \leq [\delta] = 40\% ;$$

$$\delta = \frac{66,31 - 33,7}{33,7} = 96\% \leq [\delta] = 40\% .$$

Умова не виконується.

Оскільки конструкція сівалки спроектована не раціонально відносно її ваги.

Перевіримо агрегат на поздовжню стійкість.

Критичний кут нахилу схилу

$$\alpha_{\text{кр}} = \arctg \left(\frac{\text{tg} \alpha_{\text{гр}} \cdot (1 - x'_H)}{1 + \delta_H} - f \right) < \varphi \text{ або } \text{tg} \alpha_{\text{кр}} < \text{tg} \varphi, \quad (3.24)$$

де $\alpha_{\text{гр}}$ – граничний кут нахилу схилу, град; $\text{tg} \alpha_{\text{гр}} = \frac{a}{h}$;

h – вертикальна координата центра ваги трактора, м;

$\delta_H = \frac{\zeta_H}{\zeta - \Delta \zeta}$ – коефіцієнт;

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$tg\varphi = f_c = 0,4$ – коефіцієнт зчеплення ведучих коліс трактора з ґрунтом, що підготовлений під посів нормальної вологості.

$$\text{Тоді } tg\alpha_{гр} = \frac{0,45}{0,821} = 0,548 \rightarrow \alpha_{гр} = 28,73^\circ;$$

$$\delta_H = \frac{18,70}{48,4+2} = 0,371;$$

$$\varphi = arctg 0,4 = 20,36^\circ;$$

$$\alpha_{кр} = arctg \left(\frac{0,548 \cdot (1-0,39)}{1+0,378} - 0,1 \right) = 8,18^\circ < \varphi = 20,36^\circ;$$

$$tg\alpha_{кр} = 0,144.$$

Отже, умова $tg\alpha_{кр} = 0,14 < tg\varphi = 0,4$ виконується, а агрегат заїде на схил з кутом $\alpha_{кр} \leq 8,12^\circ$ не зсуваючись.

3.6.Розрахунок деталей на міцність

3.6.1. Розрахунок вала висівного апарата

Силовий розрахунок вала висівного апарата виконуємо з максимально можливого крутного моменту, що може розвинути приводне колесо.

Максимальний крутний момент, який може забезпечити опорно-приводне колесо, буде

$$M = f \cdot Q \cdot D / 2 \cdot K, \quad (3.25)$$

де Q – вага сівалки з наповненими бункерами насінням та добривами, Н

D – діаметр опорно-приводного колеса, м

K – кількість коліс на сівалці

f – коефіцієнт зчеплення, для пневматичних коліс

приймаємо $f=0,4$

$$M = 0,4 \cdot 2020 \cdot 0,74 / 2 \cdot 2 = 149,48 \text{ Н}$$

Обертальний момент на валу висівного апарата

$$\mu_a = M \cdot \eta / i = 149,48 \cdot 0,9 / 0,64 = 210,21 \text{ Н}; \quad (3.26)$$

де η – ККД ланцюгової передачі, приймаємо $\eta=0,9$

i – передаточне відношення з опорного колеса на вал апарата ($i=0,64$)

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Необхідний розрахунок зусилля, що діє на зірочці висівного апарата

$$P_a = 2 \cdot \mu_a / d_3 , \quad (3.27)$$

де d_3 – діаметр зірочки

$$d_3 = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z}} = \frac{15.875}{\sin \frac{180^\circ}{23}} = 116 \text{ мм} ; \quad (3.28)$$

тоді

$$P_a = \frac{2 \cdot 210.21}{0.116} = 3624.21 \text{ Н} ;$$

Так як від одного колеса виконується привід шести висівних апаратів, то на валу кожного апарата зусилля буде складати

$$P_{a_1} = \frac{P_a}{6} = \frac{3624.21}{6} = 604.04 \text{ Н} ;$$

Креслимо схему навантаження вала висівного апарата.

Для побудови епюри моменту згину знаходимо реакції опор в точках А і В.

$$P_{a_1} \cdot l_1 - R_B \cdot l_2 \quad \text{звідки}$$

$$R_B = \frac{P_{a_1} \cdot l_1}{l_2} = \frac{604.04 \cdot 60}{17} = 2132 \text{ Н} ;$$

$$P_{a_1} (l_1 + l_2) - R_A \cdot l_1 \quad \text{звідки}$$

$$R_A = \frac{P_{a_1} (l_1 + l_2)}{l_2} = \frac{604.04 \cdot (60 + 17)}{17} = 2736.04 \text{ Н}$$

Перевіряємо вірність розрахунків

$$R_A - P_{a_1} - R_B = 0 ,$$

$$2736.04 - 604.04 - 2132 = 0 ;$$

Таким чином, розрахунки виконано вірно.

Будуємо епюру згинаючого моменту.

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Матеріал для вала приймаємо сталь 35, для якої $[\delta]_3 = 100 \text{ кг/мм}^2$

Приймаємо під підшипником вал діаметром 20 мм, тоді

$$W = 0.1 \cdot d^3 = 0.1 \cdot 20^3 = 800 \text{ mm} ;$$

Розраховуємо коефіцієнт запасу міцності

Запасу міцності достатньо для працездатності висівного апарата.

3.6.2. Розрахунок ланцюгової передачі

Для приводу висівних апаратів приймаємо механізм передач, в якому використовується ланцюг з кроком 15,875.

Визначаємо максимальне відношення механізму передач:

$$i_{\max} = \frac{Z_{23}}{Z_{13}} = 1,77 ; \quad (3.30)$$

Визначаємо коефіцієнт експлуатації:

$$K_c = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (3.31)$$

де K_1 – навантаження поштовху – 1,25;

K_2 – нерухома опора – 1,0;

K_3 – попередньо призначаємо – 1,0;

K_4 – по лінії нахилу ланцюгової передачі до ободів – 1,0;

K_5 – змащення періодичне – 1,5;

K_6 – робота двозмінна – 1,25.

$$K_c = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 1,25 = 2,35 ;$$

Середній тиск в шарнірі визначаємо по табл.

$$[p] = 19,3 \text{ Н/мм}^2 ; \quad (3.32)$$

Орієнтовне значення кроку ланцюга t визначаємо з формули:

$$t = 2,82 \cdot \sqrt[3]{\frac{M \cdot K_a}{Z_1 \cdot [p]}} , \quad (3.33)$$

де M – з попередніх розрахунків **149.48 Н·м**

$$t = 2,82 \cdot \sqrt[3]{\frac{149,48 \cdot 2,35 \cdot 10^3}{21 \cdot 19,3}} = 26,8 \text{ мм} ;$$

По ГОСТ 13568-75 підбираємо ланцюг ПР-25,4 – 600, який має $t=25,4\text{мм}$,

Силові параметри ланцюга:

руйнівне навантаження $Q=56700 \text{ Н}$, $q=2,6 \text{ кг/м}$, $F=179,7 \text{ мм}^2$

Рекомендована міжосьова відстань:

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A=40 \cdot t=40 \cdot 25,4=1016 \text{ мм} .$$

Виходячи з компоновки сівалки, враховуючи, що начіпна сівалка повинна мати невелику масу, приймаємо $A=160$ мм, тоді:

$$At=\frac{160}{25,4}=6,3$$

Кут нахилу гілки ланцюга до лінії центрів:

$$\sin \gamma = \frac{1}{2 \cdot At} \cdot \left(\frac{1}{\sin \frac{180^\circ}{Z_1}} - \frac{1}{\sin \frac{180^\circ}{Z_2}} \right) = \frac{1}{2 \cdot 6,3} \cdot \left(\frac{1}{\sin \frac{180^\circ}{21}} - \frac{1}{\sin \frac{180^\circ}{13}} \right) = 0,2 ,$$

звідки $\gamma=11^\circ$

Кількість ланок ланцюга:

$$Lt=2 \cdot At \cdot \cos \gamma + \frac{Z_1}{2} \cdot (i_{\max} + 1) + \frac{\sin \gamma \cdot Z_2}{\pi} \cdot (i_{\max} - 1) \quad (3.34)$$

Підставивши значення, отримуємо:

$$Lt=2 \cdot 6,3 \cdot \cos 11^\circ + \frac{21}{2} \cdot (1,77 + 1) + \frac{\sin 11^\circ \cdot 13}{3,14} \cdot (1,77 - 1) = 44,8 \text{ мм} ;$$

З урахуванням наявності натяжного пристрою для забезпечення працездатності механізму при всіх передаточних відношеннях, приймаємо $Lt=70$ шт.

Визначаємо швидкість гілки:

$$g = \frac{Z_1 \cdot t \cdot n_1}{6 \cdot 10^3} , \quad (3.35)$$

де Z_1 – кількість зубців зірочки;

t – крок ланцюга, мм;

n_1 – кількість обертів ведучого валу.

$$g = \frac{21 \cdot 6,3 \cdot 46}{6 \cdot 10^3} = 1,01 \text{ м/с} ;$$

Колове зусилля:

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$P = \frac{N \cdot 10^3}{g}, \quad (3.36)$$

де N – потужність, яку передає ланцюг.

$$N = \frac{\dot{I} \cdot \pi \cdot n}{30} = \frac{149,48 \cdot 3,14 \cdot 46}{30} = 0,72 \text{ кВт}; \quad (3.37)$$

$$P = \frac{0,72 \cdot 10^3}{1,01} = 712,9 \text{ Н};$$

Середнє питоме навантаження в шарнірах:

$$p = \frac{P \cdot K_a}{F} = \frac{712,9 \cdot 2,35}{179,7} = 9,32 \text{ Н}; \quad (3.38)$$

Згідно табл. $[p]=30 \text{ Н}$

Отже, прийнятий ланцюг відповідає вимогам міцності.

Визначаємо зусилля від провисання ланцюга:

$$P_f = 5 \cdot q \cdot l \cdot \cos \beta = 5 \cdot 2,6 \cdot 0,102 \cdot \cos 15^\circ = 1,28 \text{ Н}; \quad (3.39)$$

Зусилля від відцентрових сил:

$$P_{\text{ц}} = q \cdot g^2 = 2,6 \cdot 1,01^2 = 2,65 \text{ Н}; \quad (3.40)$$

Розрахунок коефіцієнта запасу міцності:

$$n = \frac{Q}{p + p_f + p_{\text{ц}}} = \frac{56700}{712,9 + 1,28 + 2,65} = 79,098; \quad (3.41)$$

де Q – руйнуюче навантаження ланцюга, значення $[n]=10,5$. Отже умова $n > [n]$ виконується.

Таким чином, ланцюг з $t = 25,4 \text{ мм}$ задовольняє вимогам міцності.

3.6.3. Розрахунок підшипників

Проведемо перевірочний розрахунок підшипників опорно-приводного колеса на довговічність.

Для проведення розрахунку вибираємо підшипник радіальний однорядної серії з двох сторін з ущільнювачами 180204 ГОСТ 882-75 з параметрами:

- зовнішній діаметр – 47 мм;
- внутрішній діаметр – 20 мм;

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

— ширина — 14 мм.

Динамічна вантажоспроможність — 12,7 кН.

Номінальна довговічність розраховується по формулі:

$$L_{\gamma} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{c}{P} \right)^3, \quad (3.42)$$

де n — число обертів внутрішнього кільця підшипників:

$$n = \frac{60 \cdot V_c}{7,2 \cdot 2 \cdot R_{cm}}, \quad (3.43)$$

де V_c — швидкість сівалки, $V_c = 1,9$ м/с;

R_{cm} — статичний радіус колеса, $R_{cm} = 0,241$ м;

P — еквівалент навантаження на підшипник:

$$P = F_2 \cdot \gamma \cdot k_{\sigma} \cdot k_t, \quad (3.44)$$

F_2 — навантаження на найбільш навантажений підшипник:

$$F_2 = \sqrt{R_B^x{}^2 + R_B^y{}^2} = \sqrt{1055^2 + 836^2} = 1374 \text{ Н};$$

γ — коефіцієнт обертання при обертанні внутрішнього кільця, $\gamma = 1,0$;

k_{σ} — коефіцієнт безпеки вузлів, які потребують підвищення довговічності;

k_t — температурний коефіцієнт, $k_t = 1,1$

$$P = 1347 \cdot 1,0 \cdot 1,8 \cdot 1,1 = 2668 \text{ Н}$$

$$n = \frac{60 \cdot 1,9}{7,2 \cdot 2 \cdot 0,241} = 32,85 \text{ об/хв}$$

$$L_{\gamma} = \frac{10^6}{60 \cdot 32,85} \left(\frac{12700}{2668} \right)^3 = 56118,4 \text{ год.}$$

Розрахункова довговічність задовольняє умови служби на весь строк служби машини.

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Характеристика і аналіз ризиків виникнення небезпечних та шкідливих факторів під час експлуатації сівалки

У процесі виконання робіт агрегатом з сівалкою на механізаторів можуть діяти небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- рухомі машини й механізми (рух самого агрегату з сівалкою, рух інших агрегатів);
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена чи знижена температура поверхні обладнання;
- підвищена чи знижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена чи знижена вологість повітря;
- підвищена чи знижена рухомість повітря;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюгу, замикання якого може пройти через тіло людини (виконання робіт під лініями електропередач);
- підвищений рівень статичної електрики;
- відсутність або нестача природного освітлення, недостатня освітленість робочої зони (виконання робіт в темний час доби);
- підвищена яскравість світла, понижена контрастність, прямий і відбитий блискіт;
- гострі краї, задирки, шорсткість на поверхнях рами та робочих органів культиватора;
- розміщення робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі.

Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- подразливі, та такі, що впливають на репродуктивну функцію (пестициди, агрохімікати, відпрацьовані гази, підвищені концентрації пилу, ПММ).

Психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- фізичні перевантаження (статичні й динамічні під час регулювання робочих органів та виконання робіт);

- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці).

Джерелами шкідливих і небезпечних факторів можуть бути:

- зовнішні метеорологічні фактори (вітер, опади, гроза, сонячна радіація, низька або висока температура зовнішнього повітря, ожеледиця тощо);

- транспорт, що рухається;

- машини і механізми технологічних систем для обробітку ґрунту, догляду за рослинами;

- пестициди і агрохімікати, що застосовуються;

- інвентар, інструмент та обладнання, не придатні до застосування при виконанні робочих операцій;

- ручні роботи, що викликають фізичні і нервово-психічні перевантаження.

- відкриті обертові і рухомі частини трактора;

- відсутність на тракторах захисних кабін (каркасів);

- несправність системи запуску двигуна з кабіни;

- несправність або відсутність блокуючого пристрою запуску пускового двигуна при включеній передачі;

- несправність гальмової системи машин;

- несправність муфти зчеплення;

- несправність рульового керування;

- несправність або відсутність освітлювальних і контрольно-вимірювальних приладів;

- відсутність на тракторах автоматичних тягово-зчіпних пристроїв для агрегаткування причіпних машин;

- підтікання палива, мастил, охолоджувальної та інших технологічних рідин;

- відсутність пристроїв для запобігання попаданню технологічної сировини і рослинних решток на поверхні теплообмінних елементів радіаторів, системи охолодження й елементів випускної системи відпрацьованих газів двигуна;

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- відсутність попереджувальних знаків і написів про існуючі небезпеки на культиваторі;
- відсутність інструкцій з охорони праці, пожежної безпеки, технічних описів та інструкції з експлуатації.

4.2. Заходи по забезпеченню нормальних санітарно-гігієнічних умов праці на модернізованому культиваторі в агрегаті з трактором

Гідросистема машини з'єднується з гідросистемою трактора за допомогою розривних муфт, які попереджають розбризкування мастила в лице механізатора. Регулювання робочих органів під час руху виконується з кабіни трактора. Елементи конструкції сівалки не перешкоджають і не обмежують огляд з робочого місця об'єктів постійного спостереження. Для доступу механізатора на робоче місце і виходу з нього передбачені спеціальні підніжки.

У важкодоступних місцях застосовано одноразове змащення підшипників на весь міжремонтний період. Місця розташування точок змащення позначені кольоровими покажчиками, які відрізняються від загального кольору машини.

Сівалка комплектується інструментом, який відсутній у комплекті тракторів. Для ручного очищення робочих органів передбачені спеціальні чистики. Розташування робочих органів забезпечує безпеку очищення і доступ до них. Допустимі значення рівня шуму на робочому місці оператора не перевищує вимог санітарних норм.

Кольорове оформлення сівалки відповідає наступним вимогам:

- загальний фон кольору відрізняється від основного фону, на якому він експлуатується (фону поля);
- зовнішні поверхні, які у процесі експлуатації постійно знаходяться у полі зору оператора, покриті фарбою з матовою фактурою.

На сівалці приведені відповідні написи, які забороняють або попереджають про можливі аварійні ситуації у випадку неправильних дій обслуговуючого персоналу.

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри вібрації у вертикальному та горизонтальному напрямках: на сидінні та робочій площадці оператора - відповідають вимогам санітарних норм. Робоче місце механізатора захищене від викидання ґрунту з-під коліс та робочих органів машини.

4.3. Заходи по забезпеченню безпечних умов праці

Для забезпечення повздовжньої стійкості і безпечного керування агрегатом передбачений кронштейн з вантажами для закріплення їх на передньому брусі рами. Кути поперечної статичної стійкості для машини у агрегаті з трактором не менше 30°.

Сівалка у відчепленому стані зберігає стійкість при застосуванні до нього зусиль більше 200 Н. Для транспортування дорогами загального призначення в темний час доби сівалка обладнана світловідбивачами: задні червоного кольору, передні – білого, позаду з лівої сторони нанесений знак обмеження максимальної швидкості.

Для стропування сівалки під час завантаження на транспортні засоби, ремонту і збирання передбачені спеціальні петлі, які позначені фарбою, відмінного кольору від загального фону машини. Конструкція сівалки забезпечує можливість приєднання її до трактора одним оператором. Зусилля для переміщення важелів регулювання глибини обробітку не перевищує – 200 Н. Елементи конструкції машин не обмежують оператору огляд з робочого місця об'єктів постійного спостереження. Схеми зачалування і місць встановлення домкратів наведені на машині та вказані в експлуатаційній документації.

При переїздах на великі відстані використовувати транспортне пристосування. При транспортуванні сівалки поганими дорогами і на містках швидкість не повинна перевищувати 5 км/год. Переведення сівалки із робочого положення в транспортне виконувати тільки при опущеній транспортній підставці на рівній ділянці поля з нахилом не більше 5°. Для забезпечення переведення із робочого положення в транспортне і навпаки одним механізатором, необхідно виконувати налагодження начіпного

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристрою трактора перед агрегуванням у відповідності з рекомендаціями, приведеними в інструкції з експлуатації.

4.4. Заходи по пожежній безпеці

Встановлення первинних засобів пожежогасіння передбачено в кабіні трактора. Місця для встановлення первинних засобів пожежогасіння легкодоступні і забезпечують їх знімання без використання додаткових пристроїв. Час на знімання не перевищує 8 с.

Агрегат комплектується вогнегасником марки ОП-5 – 1шт, санітарною лопатою – 1шт. В кабіні також передбачено місце для закріплення бачка з питною водою ємкістю – 3 л.

4.5. Висновки по розділу

Конструктивне виконання сівалки та здійснення нею функціонального призначення відповідає вимогам технічних регламентів ДСТУ2189-93 з урахуванням загальних вимог безпеки згідно з НПАОП 01.41-1.01-01; пожежної безпеки згідно з ДСТУ ISO 6309:2007, ДСТУ ІЕС 80416-1:2005, ДСТУ ISO 3864-1:2005. та «Загальними правилами пожежної безпеки для об'єктів сільськогосподарського виробництва».

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Визначення економічної ефективності модернізованої машини

Так як в магістерській роботі модернізувалася сівалка УПС-12, то ми обираємо цю машину за базу порівняння для визначення економічної ефективності модернізованої машини та зміни її техніко-економічного рівня.

Базова машина – УПС-12 виготовляється на ПрАТ «Едворті» у м. Кропивницькому. За даними планово-економічного відділу за останні 3 роки програма середньорічного випуску цих машин дорівнювала 50 штук, а середній коефіцієнт завантаження робочих місць, на яких вона виготовляється, відповідав серійному типу виробництва.

В процес модернізації нами були внесені зміни до конструкції висівного апарата. Ці зміни дозволяють зменшити масу машини на 3 кг, підвищити середню швидкість посіву з 7,2 до 8,7 км/год., зменшити витрати часу на технічне обслуговування машини на 6 хвилин у робочу зміну.

Для оцінки техніко-економічного рівня та економічної ефективності модернізованої машини використовуємо вихідні дані, які наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Техніко-економічні показники порівнюваних машин

№ п/п	Показники	Один. вимір.	Умовні позн.	Машина	
				базова	модерніз.
1	2	3	4	5	6
1	Агрегаткування (марка трактора)	шт.		МТЗ-100	
2	Кількість машин в агрегаті	грн.		1	1
3	Оптова ціна: машини трактора	грн.	C_{on} C_{onm}	335000 1300000	1300000
4	Собівартість виготовлення машини	грн.	C	285044	284543

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
5	Вартість покупних виробів у собівартості машини	грн.	C_n	45405	45405
6	Маса машини	кг	M	1695	1692
7	Маса покупних виробів	кг	M_n	260	260
8	Робоча ширина захвату	м	B	5,4	5,4
9	Середня робоча швидкість	км/год	V	7,2	8,7
10	Коефіцієнти використання часу зміни: - робочого експлуатаційного		$K_{вр}$ $K_{ек}$	0,67 0,61	
11	Нормативне річне завантаження: - машини - трактора	год.	$P_{зм}$ $P_{зм}$	80 1350	80 1350
12	Норма відрахувань на реновацію: - машини - трактора	%	$H_{ам}$ $H_{ам}$	15,0 15,0	15,0 15,0
13	Норми відрахувань на ремонти та техогляд: - машини - трактора	%	$H_{рм}$ $H_{рм}$	9,0 14,9	9,0 14,9
14	Середньогодинна зарплата: - тракториста - конструктора (технолога)	грн.	$З_{нт}$ $З_{ск}, З_{ст}$	8,2/65 14,2/65	8,2 14,2
15	Кількість деталей в машині	шт.	H_z	4885	4912
16	Кількість найменувань деталей в машині всього, в т.ч.: - оригінальних - стандартних	шт.	D_z $D_{ор}$ $D_{ст}$	322 62 96	32 68 94
17	Кількість найменувань деталей, які розроблені в процесі модернізації	шт.	$H_{ор}$		14
18	Середньорічна програма випуску машин	шт.	$H_{ср}$		100

Величини основних абсолютних та відносних показників, які характеризують вплив виконаних у інженерній частині роботи розробок на техніко-економічний рівень базової машини, визначимо у Додатку А.

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Очікуваний річний економічний ефект виробника

$$E_{pv}=252,9 \text{ грн.}$$

Очікуваний річний економічний ефект споживача модернізованої машини

$$E_{pcn}=52310,1 \text{ грн.}$$

Як видно із розрахунків, і виробник і споживач модернізованої машини можуть отримати значний позитивний економічний ефект, що свідчить про ефективність конструкторських розробок, які виконані в магістерській роботі. Тому ці розробки доцільно рекомендувати до впровадження у виробництво.

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

6. ВИСНОВКИ

В магістерській роботі були внесені зміни до конструкції висівного апарата просапної сівалки.

Вивчення результатів досліджень висівних апаратів просапних сівалок дозволило змінити їх параметри, що покращило якість розподілу насінин по довжині рядка.

Створена математична модель руху насінин після відокремлення від поверхні скидача. Визначено раціональні параметри розташування верхньої крайки правої стінки насінневої камери відносно крайньої точки скидача зайвого насіння.

Зміни, внесені до конструкції висівного апарата, зменшують кількість «двійників», підвищуючи таким чином якість розподілу насіння по довжині рядка та зменшуючи витрати насіння.

Вдосконалення обґрунтовано інженерними розрахунками.

Запропоновано заходи по покращенню умов праці механізатора.

За результатами проведених економічних розрахунків споживач модернізованої сівалки УПС-12 прогнозовано одержить річний економічний ефект в сумі 52310,1 грн., а виробник – 252,9 грн.

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Амосов В.В., Косінов М.М., Осипов І.М. Вплив відбивача зайвого насіння на якість виконання посіву. *Техніка в с.-г. виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація* : Зб. наук. пр. Кіровоград. нац. техн. ун-ту. Кіровоград : КНТУ, 2009. Вип. 22. С. 74–79. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/42032047.pdf>

2. Петренко В.В., Амосов В.В. Оптимізація параметрів насінневої камери ВПМВА. *Мат. Всеукр. наук.-практ. конф. «Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки та зберігання сільськогосподарської продукції»*. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. С.17–19.

3. Амосов В.В., Петренко В.В. Рациональное розташування вертикальної стінки насінневої камери. *Мат. XXIV Міжнар. наук.-практ. конференції «Modern technologies among us in the environment»* (17-19 червня 2024 р.). Рим, Італія. С. 377–380. URL: <https://eu-conf.com/en/events/modern-technologies-among-us-in-the-environment/>

4. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування : Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. „Машини та обладн. с.-г. вир-ва”. Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропивний; За ред. М.І. Черновола. Київ : Урожай, 2001. 384 с.

5. Сільськогосподарські та меліоративні машини : Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2004. С. 63-79.

6. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навч. посібник для студ. машинобуд. спец. усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. Харків : НТУ «ХПІ», 2020. 275 с.

7. Войналович О.В., Білько Т.О., Марчишина Є.І. Охорона праці у сільському господарстві : навч. посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2020. 424 с.

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					УПС 00.000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

[illegible]

Форм	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк	Примітка	
		12	УПС 01.180	Болт	1		
		13	УПС 01.190	Корпус	1		
		14	УПС 01.140	Важіль	1		
				Деталі			
		15	УПС 01.615	Штир	1		
		16	УПС 01.016	Ролик	1		
		17	УПС 01.217	Кришка	1		
		18	УПС 01.818	Втулка	1		
		19	УПС 01.019	Ущільнення	1		
		20	УПС 01.020	Прокладка	1		
		21	УПС 01.621	Ексцентрик	1		
		22	УПС 01.522	Планка	1		
		23	УПС 01.423	Циферблат	1		
A2		24	УПС 01.401	Диск	1		
		25	УПС 01.525	Кронштейн	1		
				УПС 01.100			Арк.
							2
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис				Дата

Форм	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк	Примітка	
		26	УПС 01.026	Фланець	1		
		27	УПС 01.427	Заслінка	1		
		28	УПС 01.628	Шатун	1		
		29	УПС 01.429	Шайба	1		
		30	УПС 01.630	Вал	1		
		31	УПС 01.631	Штир	1		
		32	УПС 01.632	Штир	1		
		33	УПС 01.633	Гвинт	3		
		34	УПС 01.634	Вісь	1		
		35	УПС 01.635	Пружина	2		
		36	УПС 01.636	Пружина	1		
		37	УПС 01.637	Пружина	1		
		38	УПС 01.638	Пружина	1		
		39	УПС 01.639	Вісь	1		
		40	УПС 01.640	Кільце	1		
				УПС 01.100			Арк.
							3
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

Форм	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк	Примітка
				<u>Стандартні вироби</u>		
		41		Болт М8-6gx25.58.019	4	
				ГОСТ 7796-70		
				Болти ГОСТ 7798-70		
		42		М6-6gx14.58.019	1	
		43		М6-6gx30.58.019	1	
		44		Болт М8х20.58.019	1	
				ГОСТ 7802-81		
				Гвинти ГОСТ 17473-80		
		45		ВМ4-6gx12.58.019	4	
		46		ВМ5-6gx20.58.019	2	
		47		ВМ6-6gx16.58.019	2	
		48		Гайка М8-6НК433-8-Ф	4	
				ГОСТ 3032-76		
				Гайки ГОСТ 5915-70		
						Арх.
			УПС 01.100			4
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Форм	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк	Примітка
		49		М6-6Н.8.019	2	
		50		М8-6Н.8.019	3	
				Шаїди ГОСТ 6402-70		
		51		6 65Г 019	5	
		52		8 65Г 019	5	
				Шаїди ГОСТ 6958-78		
		53		С6.01.10.019	1	
		54		С8.01.10.019	6	
				Шаїди ГОСТ 11371-78		
		55		С6.01.10.019	7	
		56		С10.01.10.019	1	
		57		С12.01.10.019	1	
		58		С20.01.10.019	1	
						Арк.
			УПС 01.100			5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]

Просапні сівалки



Сівалка Planter



Сівалка Elvorty



Сівалка GASPARDO



Сівалка Amazone EDX 6000-TC



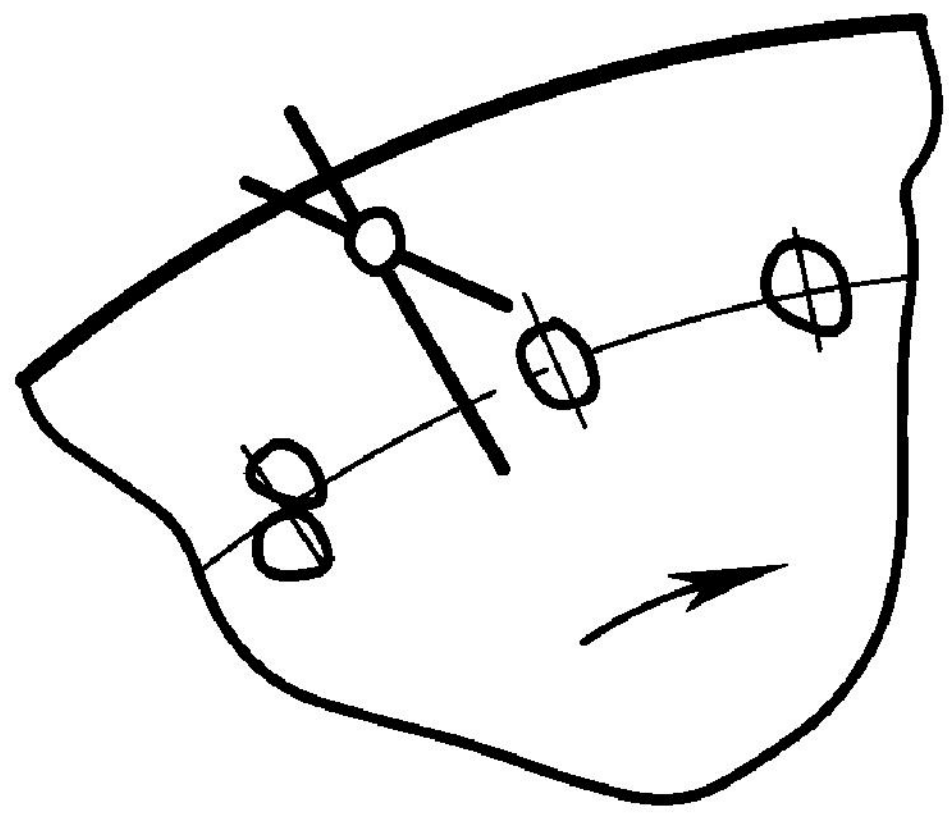
GreatPlains



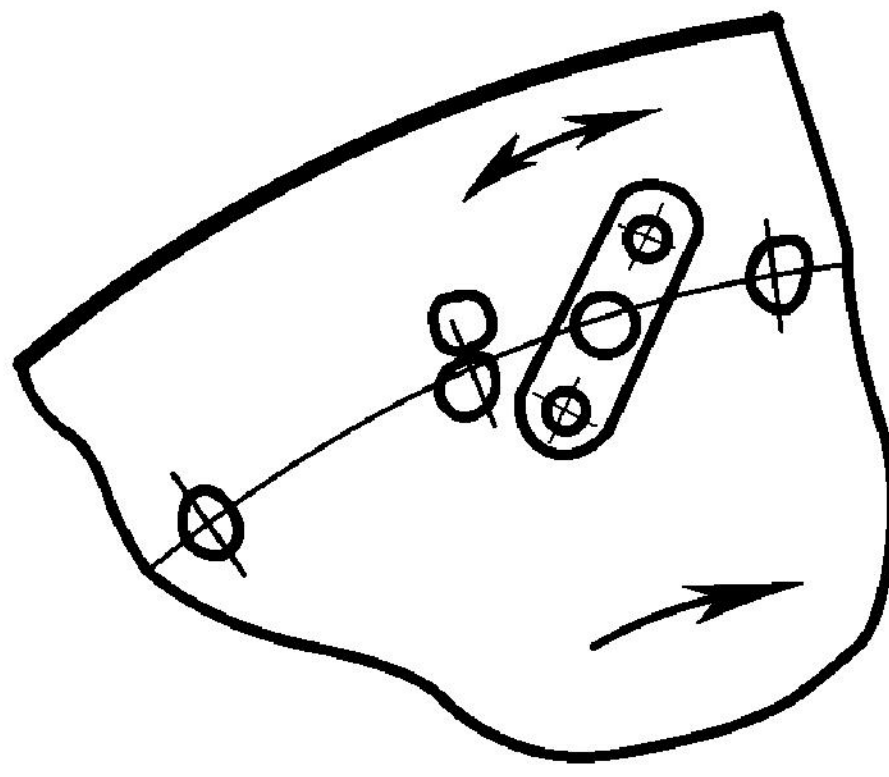
MamepMax

Схеми скидачів зайвого насіння

УПС 00. 000 Н42



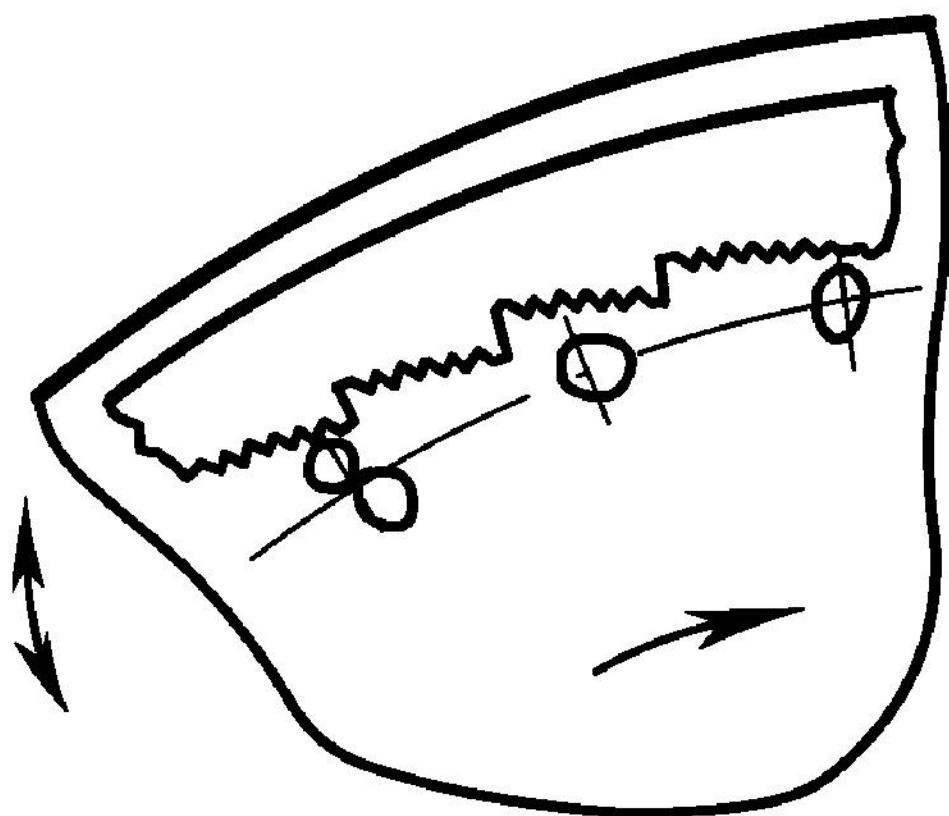
а



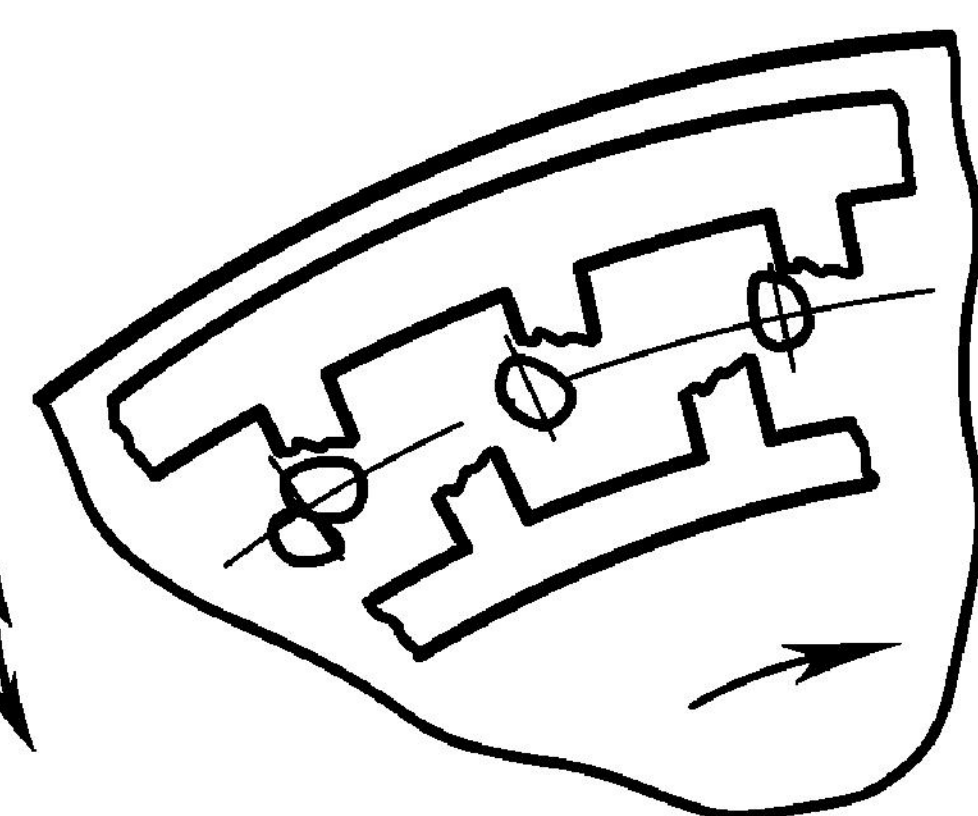
б



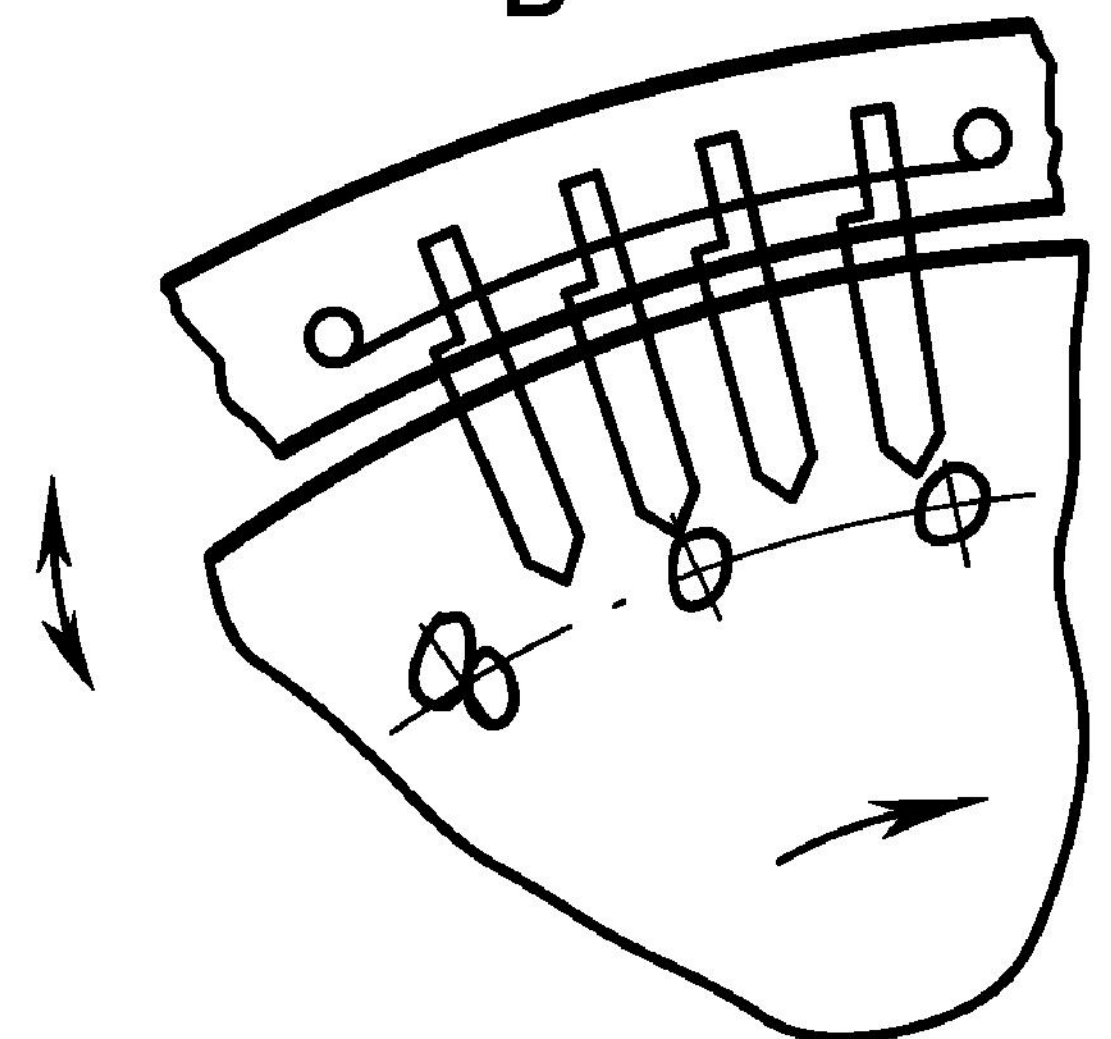
в



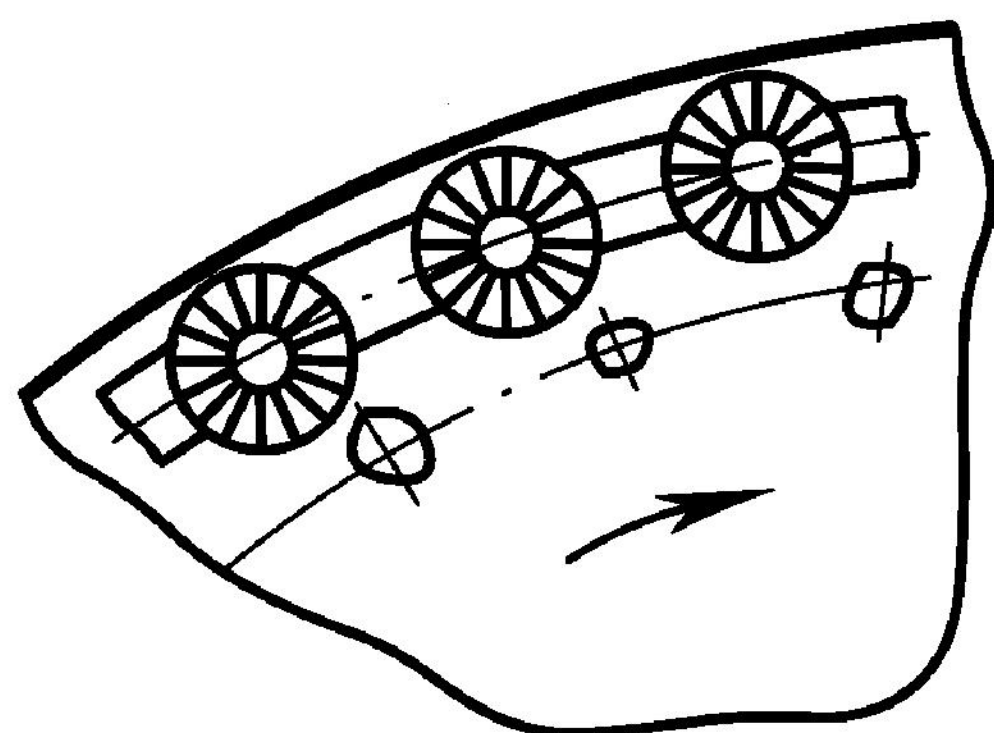
г



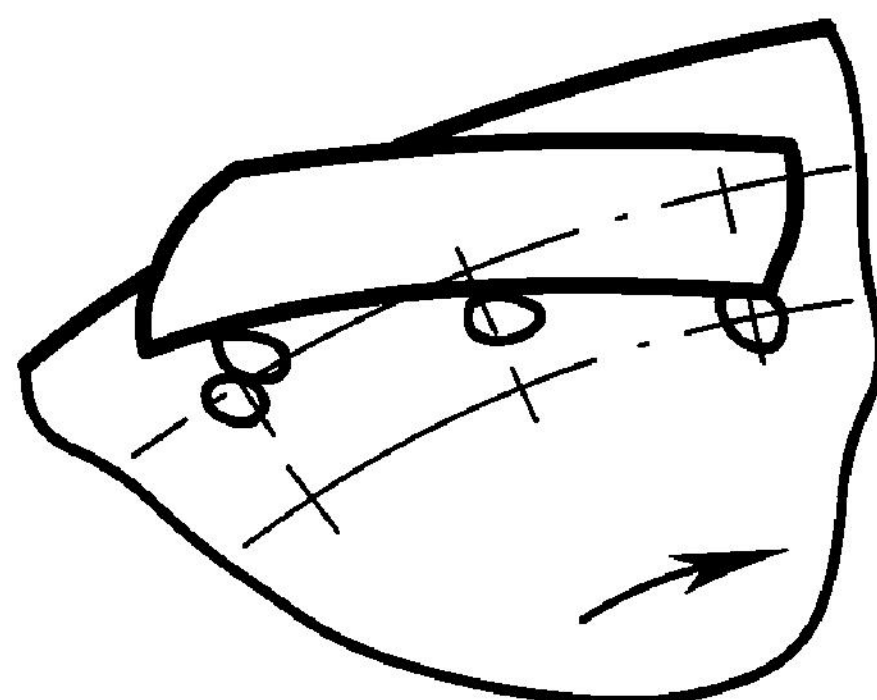
д



е

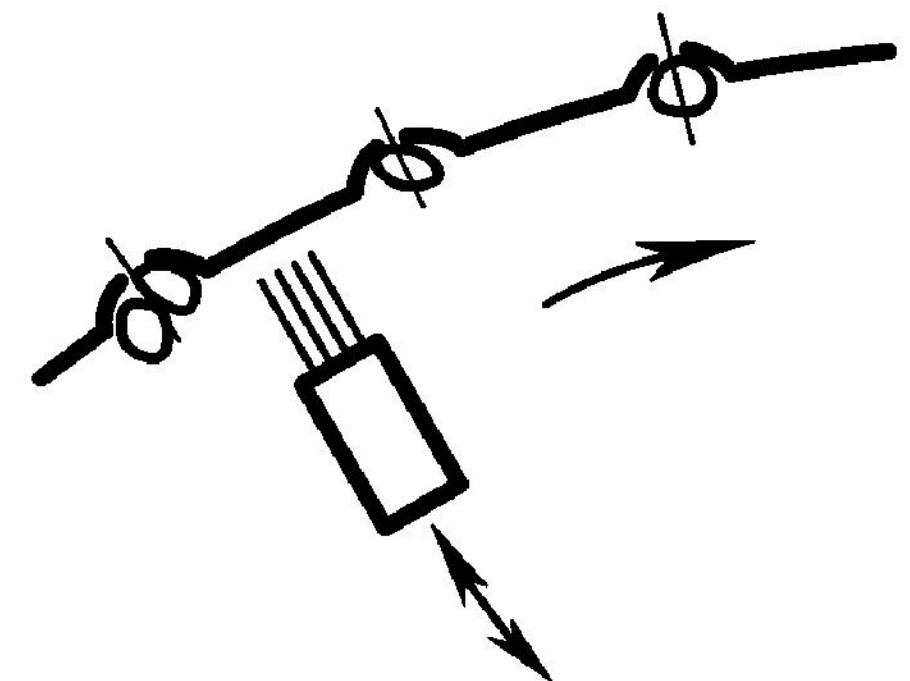


ж



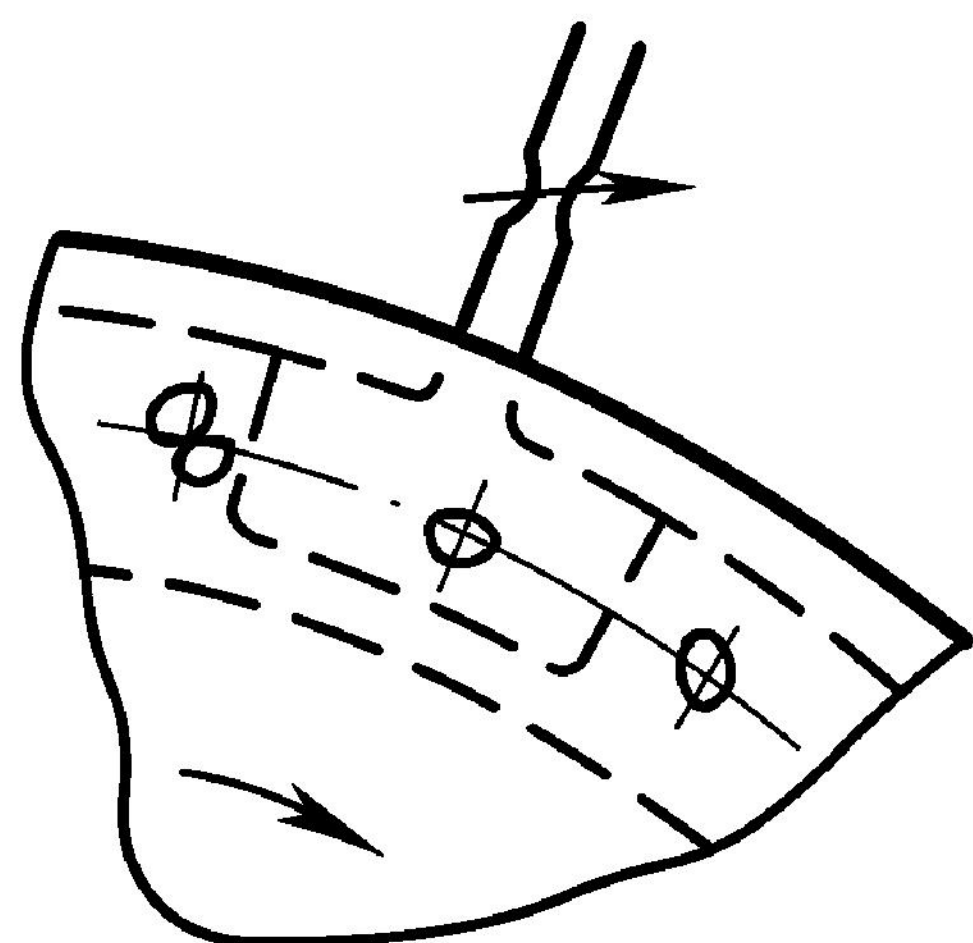
з

А

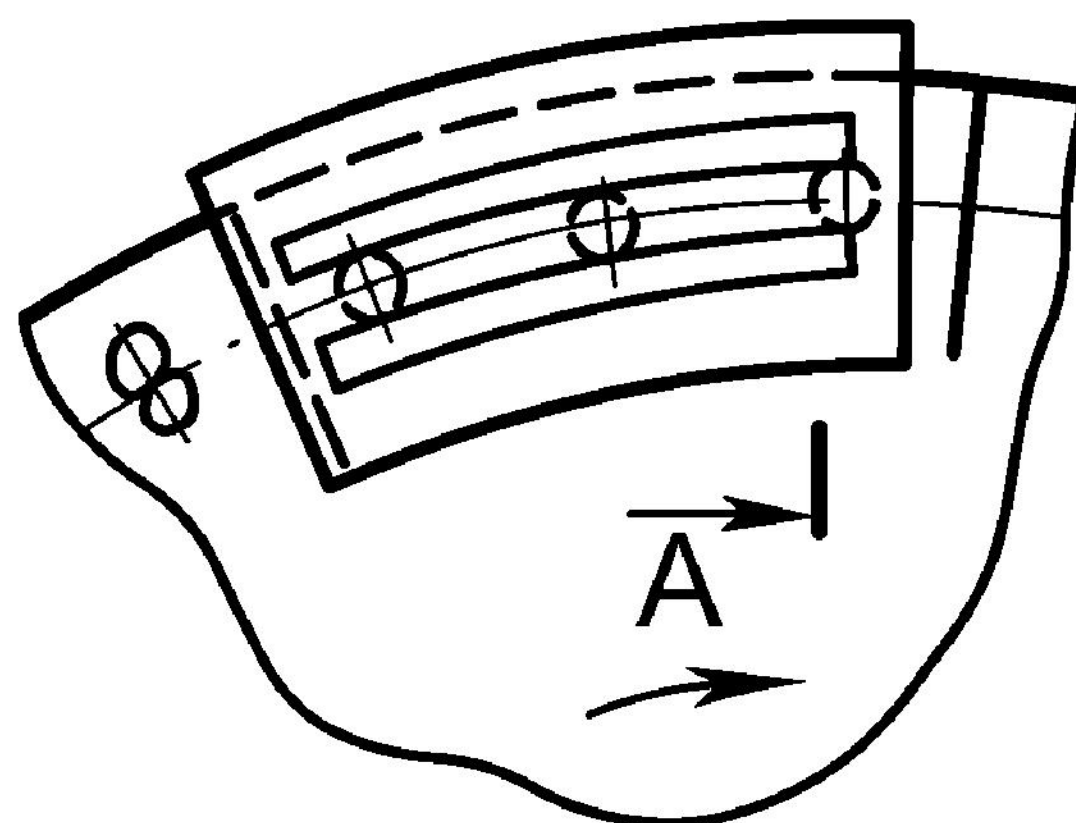


и

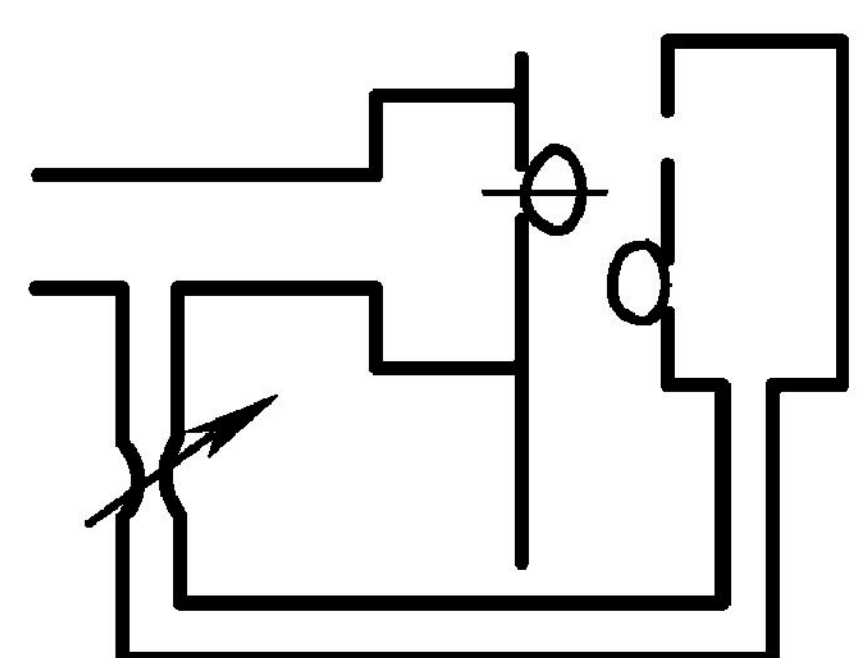
А - А



к



л

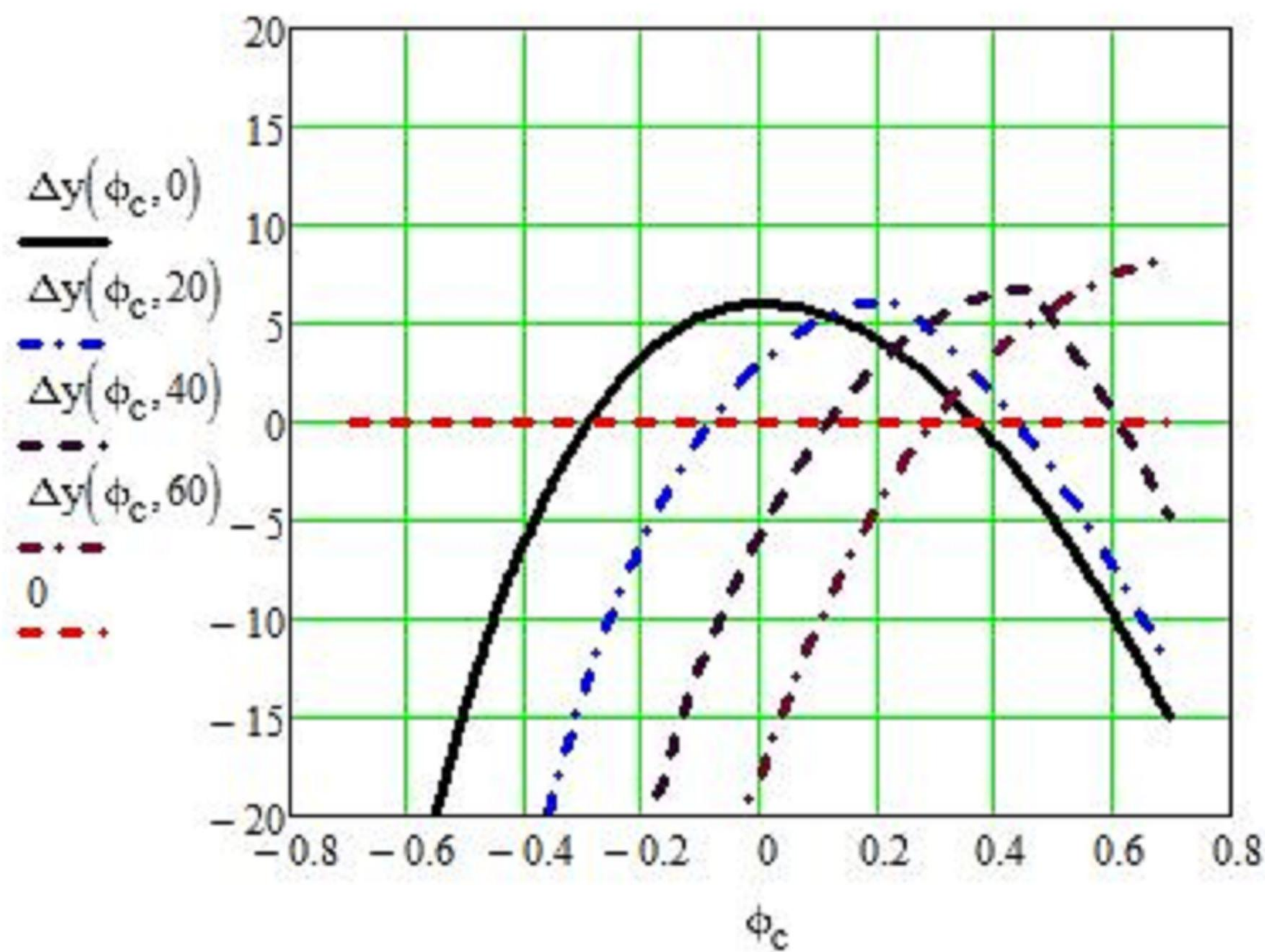


а-Біньковського П.А.; б-СУПН-8, СПС -6; в-Multikorn;
г- Pneumaset II; д- Special Legumes; е - Monodair;
ж- В-600; з - Monosem P; и - Cyclo-800;
к - а.с. 1053771 (СРСР); л - а.с. 784824 (СРСР)

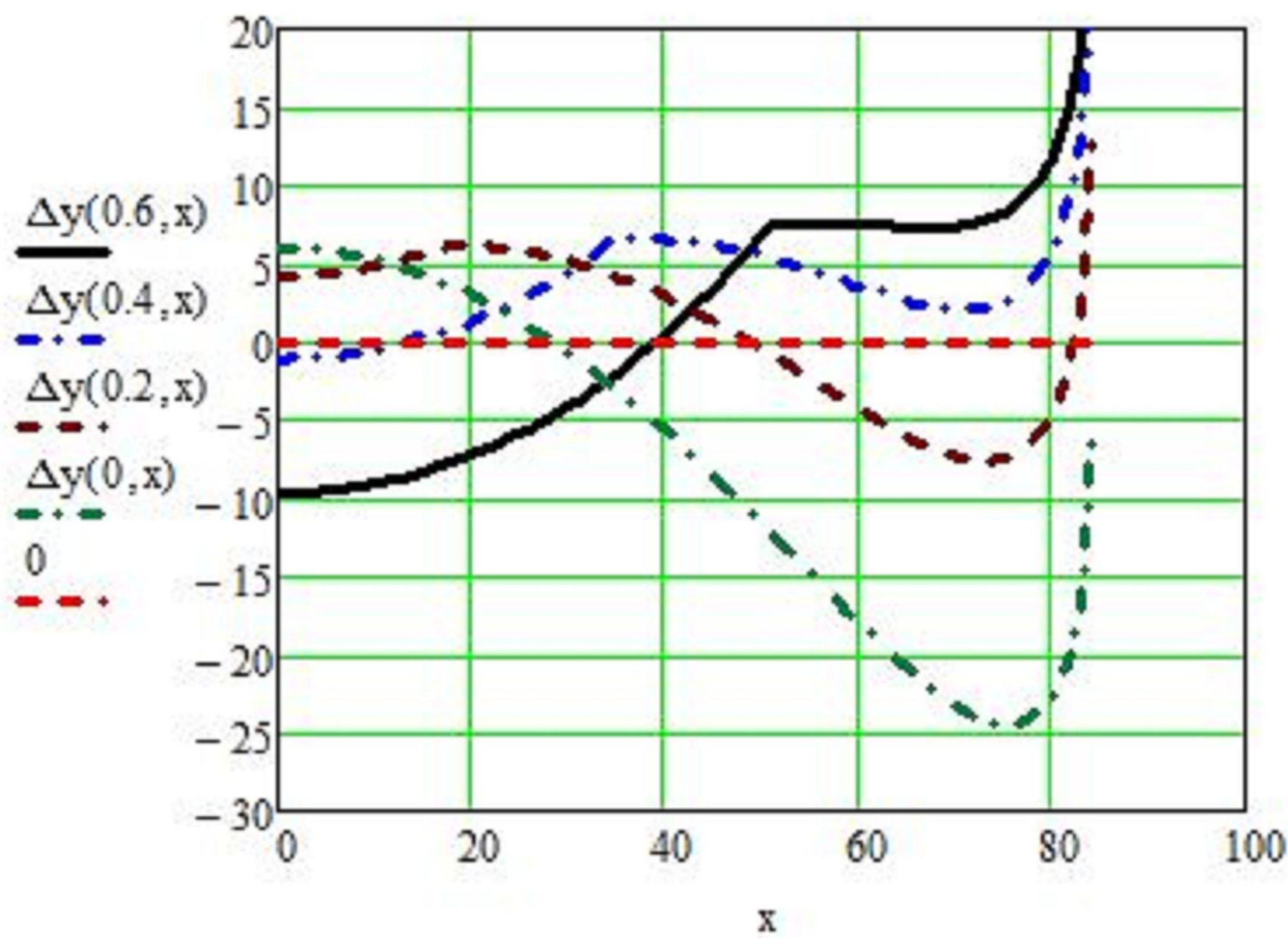
УПС 00. 000 Н42				Лист	Масштаб	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Лист		
Разраб.	Петренко В.В.					
Проб.	Амосов В.В.					
Т.контр.						
И.контр.	Мачок Ю.В.					
Утв.	Лещенко С.М.					
Схеми скидачів зайвого насіння				Лист	Листов	1
-				ЦНТУ		
-				гр. ГМ-22М-1.1		
Копіював				Формат А1		

Результати теоретичних досліджень

УПС 00.000 НЧ4



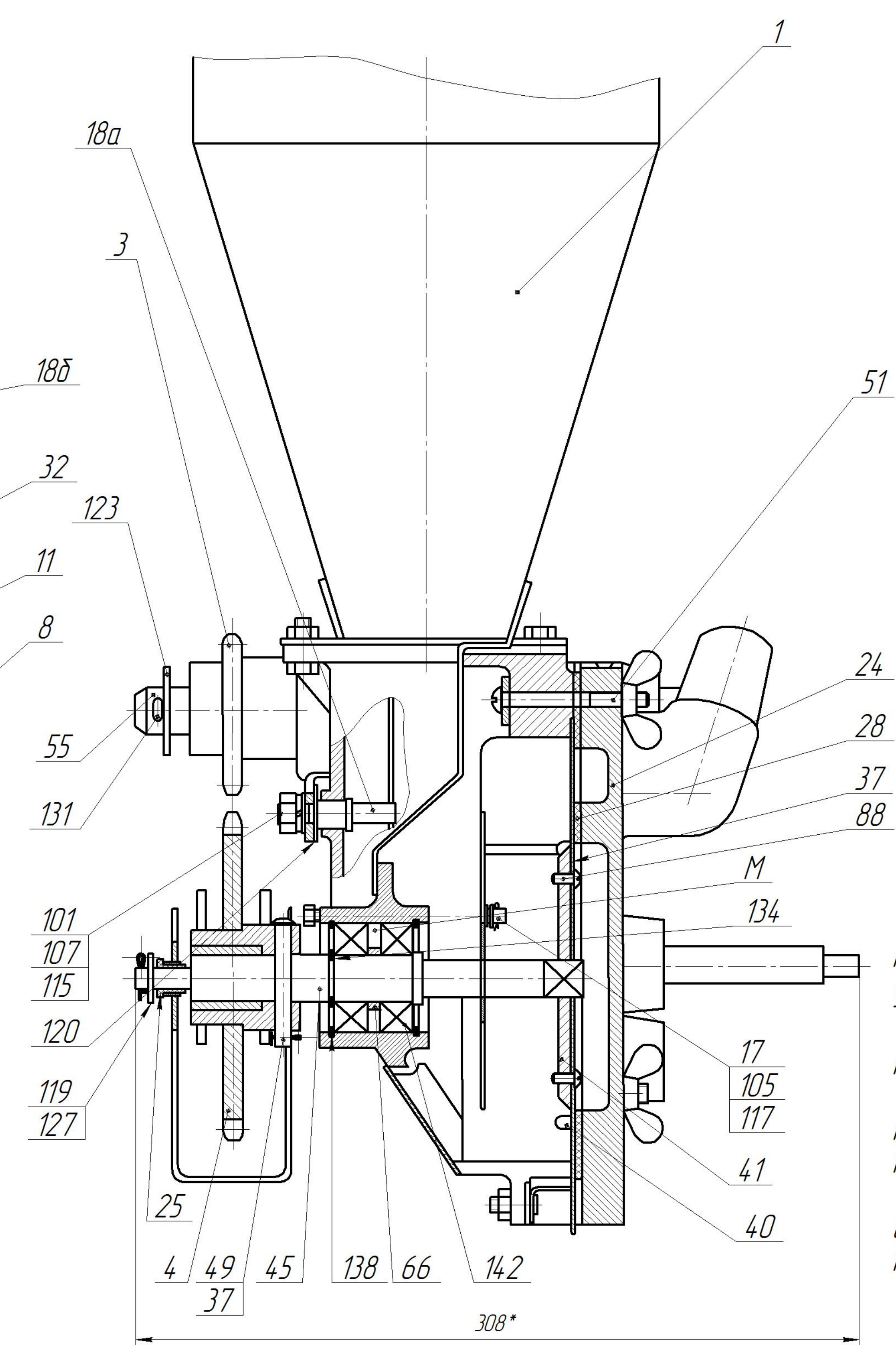
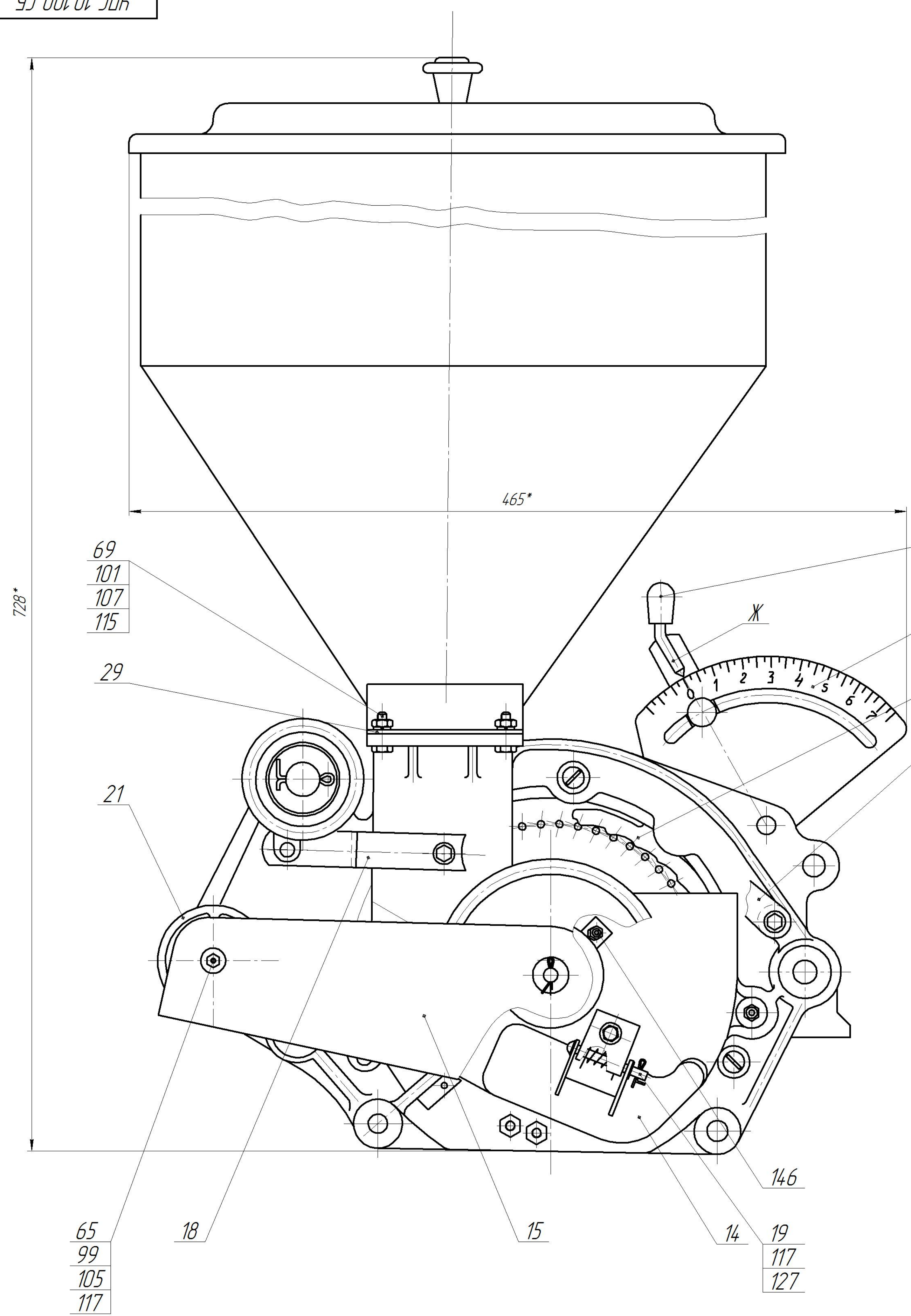
a



б

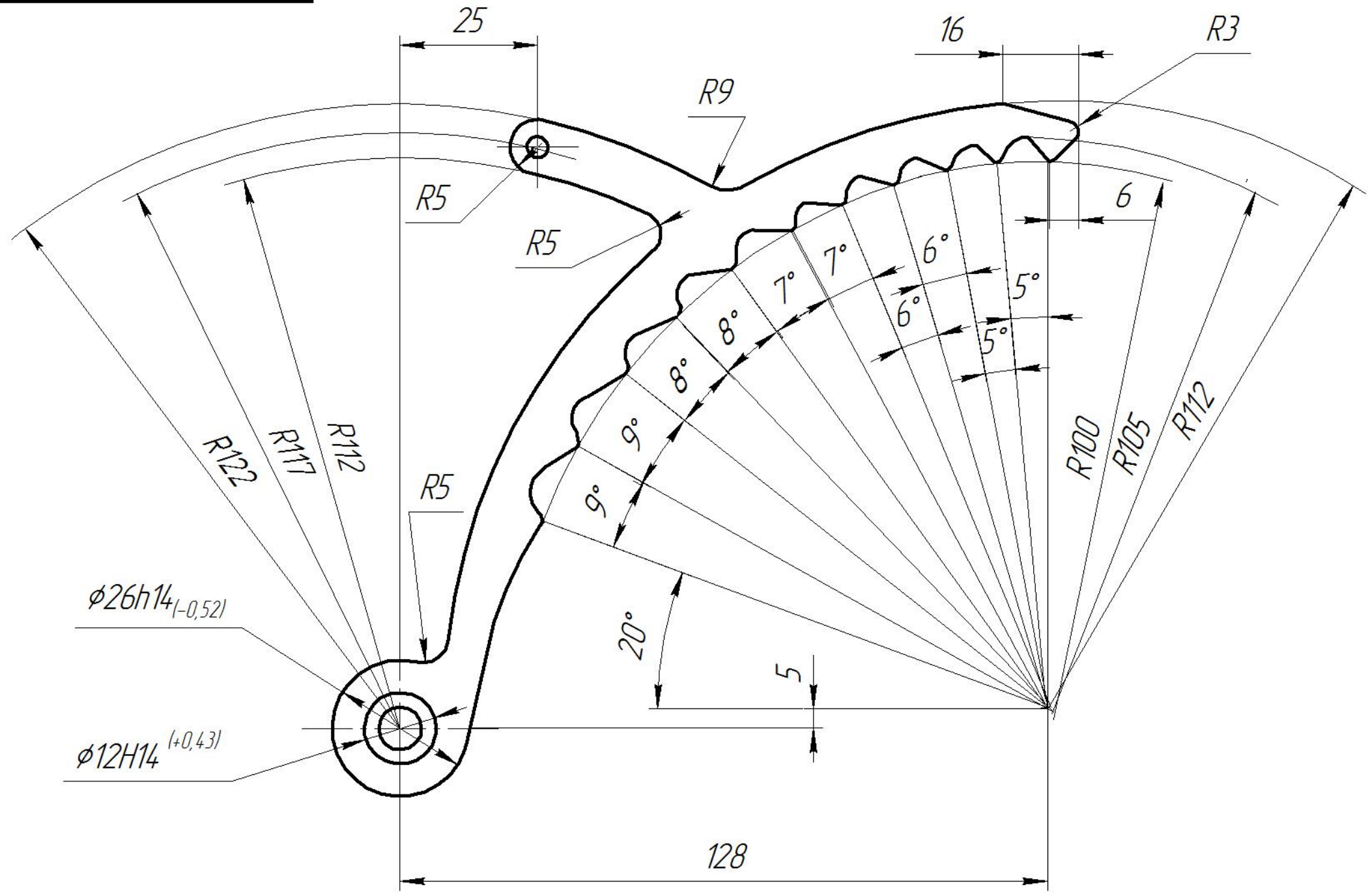
Графіки залежності різниці між ординатами верхньої крайки стінки та точки перетину її траєкторією насінини: а) від кутової координати ϕ_c крайньої точки скидача та б) від абсциси верхньої крайки стінки x_k .

					УПС 00.000 НЧ4			
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Результаты теоретических исследований		Лист	Масса	Масштаб
Разработ.	Петренко В.В.						-	-
Проб.	Аносов В.В.							
Т.контр.						Лист	Листов	1
Н.контр.	Мочал Ю.В.			-		ЦНТУ		
Утв.	Лещенко С.М.					гр. ГМ-22М-1.1		



1. При установці циферблату поз.32 нульове ділення його шкали повинне співпадати з штирем Ж ручки поз.18δ.
2. Вал поз. 45 повинен обертатися під дією моменту, що крутить, не більш 5Н•м (0,51кгс•м).
3. Зусилля переміщення ручки поз.18δ не повинно перевищувати 14Н (1,43 кгс).
4. Висівні диски не фарбувати, а покривати мастилом гарматним по ГОСТ19537-85.
5. Порожнину М заповнити мастилом солідол Ж ГОСТ1033-79 або солідол 3 ГОСТ4366 -76.
6. * Розміри для довідок.

УПС 10.100 СБ				Апарат висівний		
Лист	№ док.	Лист	Лист	Лист	Маса	Масштаб
1	1	1	1	1	16,32	1:2
Разраб.	Лещенко В.В.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Проб.	Амосов В.В.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Т.контр.		Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Н.контр.	Мачок Ю.В.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Утв.	Лещенко С.М.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
ЦНТУ				гр. ГМ-22М-11		
Формат А1				Копіював		

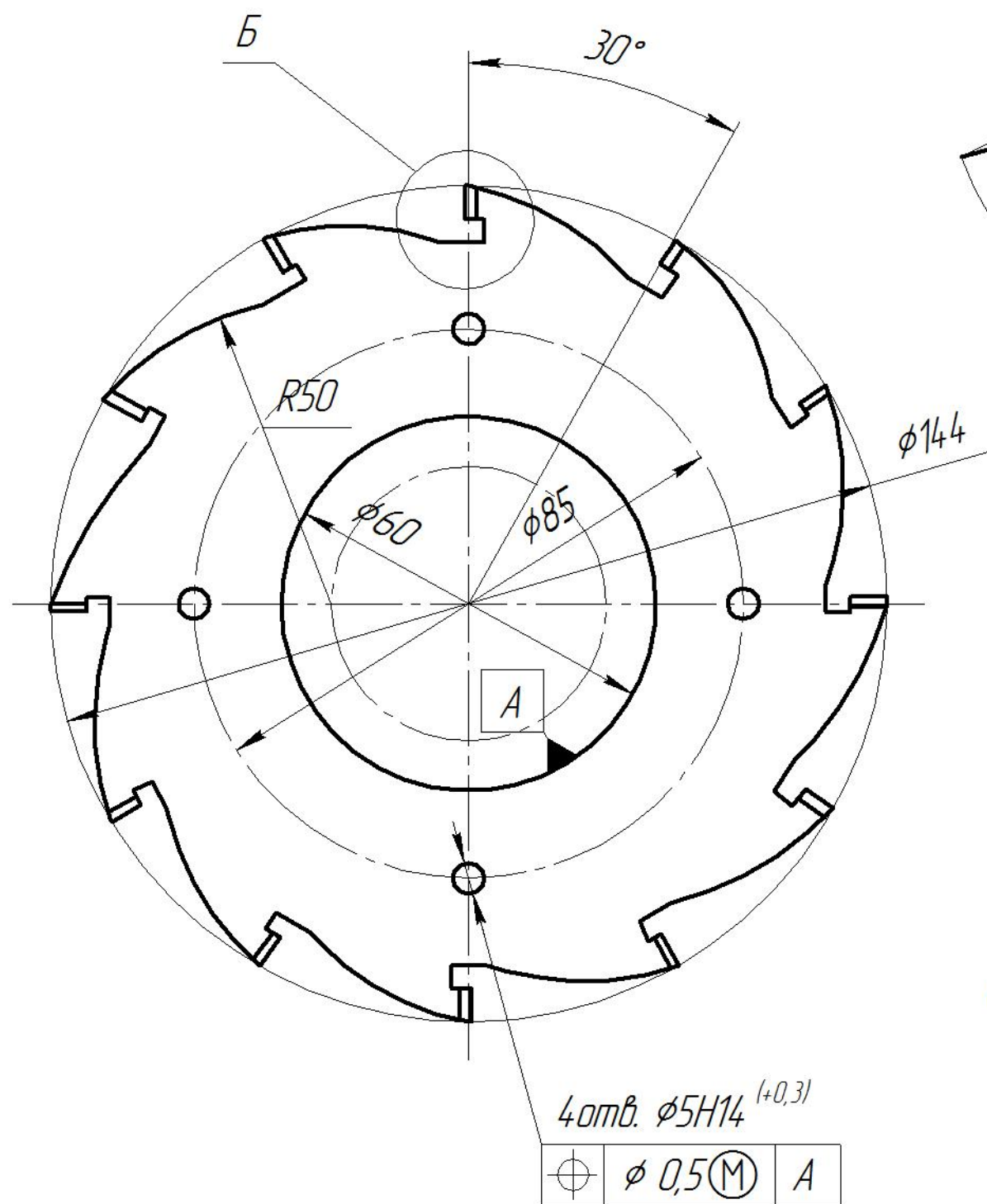
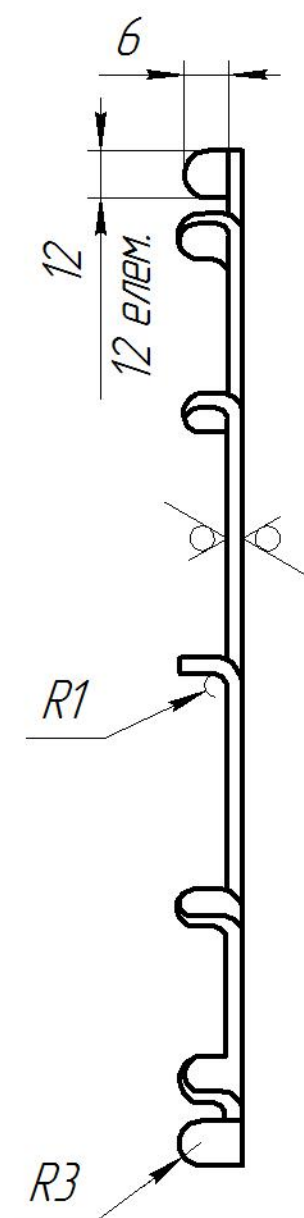


- 1. Цементувати h 0,7...0,9мм: 50...56HRC₃
- 2. Останні технічні вимоги по Н126.00.000ДТ.

					УПС 10.402			
					Скидач	Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Петренко В.В.						0,094	1:1
Пров.	Амосов В.В.							
Т.контр.						Лист	Листов 1	
Н.контр.	Мачок Ю.В.				Лист	Б-ПН-06,0 ГОСТ 19903-74 К2608-5-IV-08кп-св ГОСТ 1465-69		
Утв.	Лещенко С.М.					ЦНТУ гр. ГМ-22М-1.1		

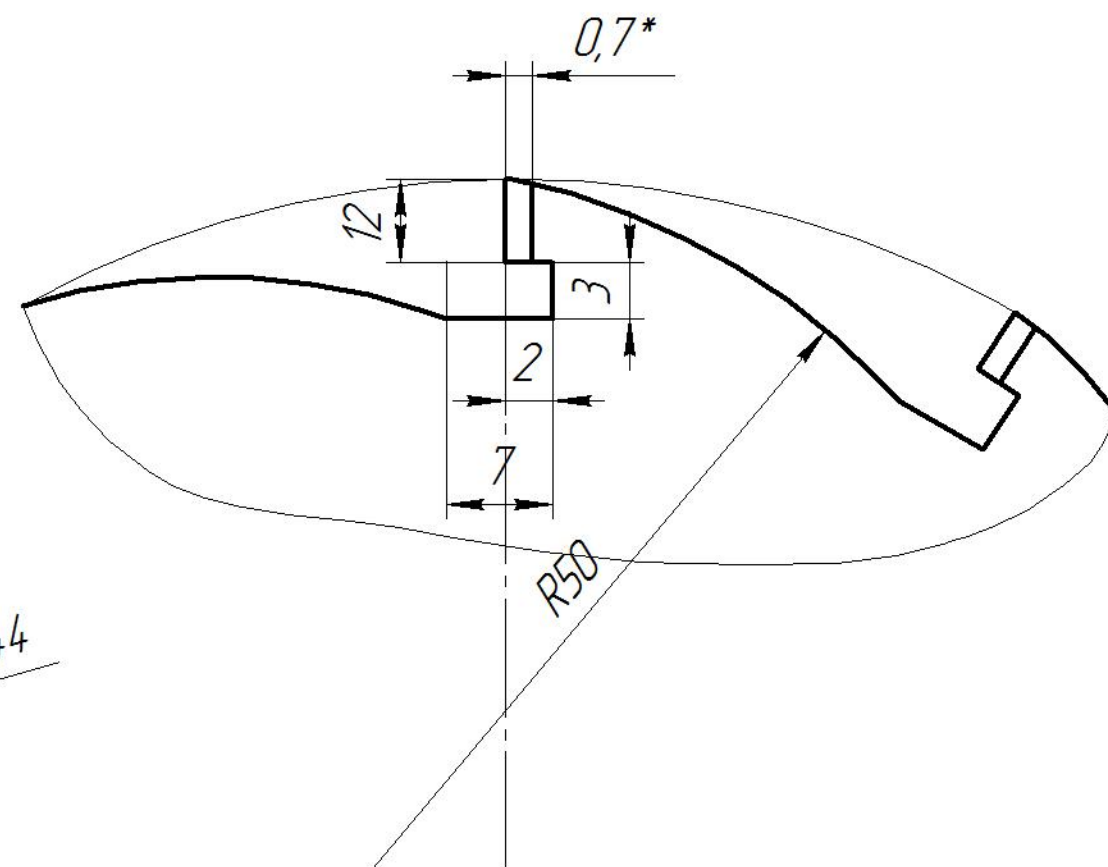
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Петренко В.В.		
Пров.		Амосов В.В.		
Т.контр.				
Н.контр.		Мачок Ю.В.		
Утв.		Лещенко С.М.		

УПС 10.4.03



1. На поверхні деталі задирки не допускаються.
2. Невказані граничні відхилення розмірів по ОСТ 234.209-82.
3. * Розміри для довідок.
4. Допускається виготовлення з матеріалу:

Лист $\frac{6T-0-ПН-0,2 \text{ ГОСТ } 19904-90}{12413-M2a \text{ ГОСТ } 5582-75}$



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дудл.

Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

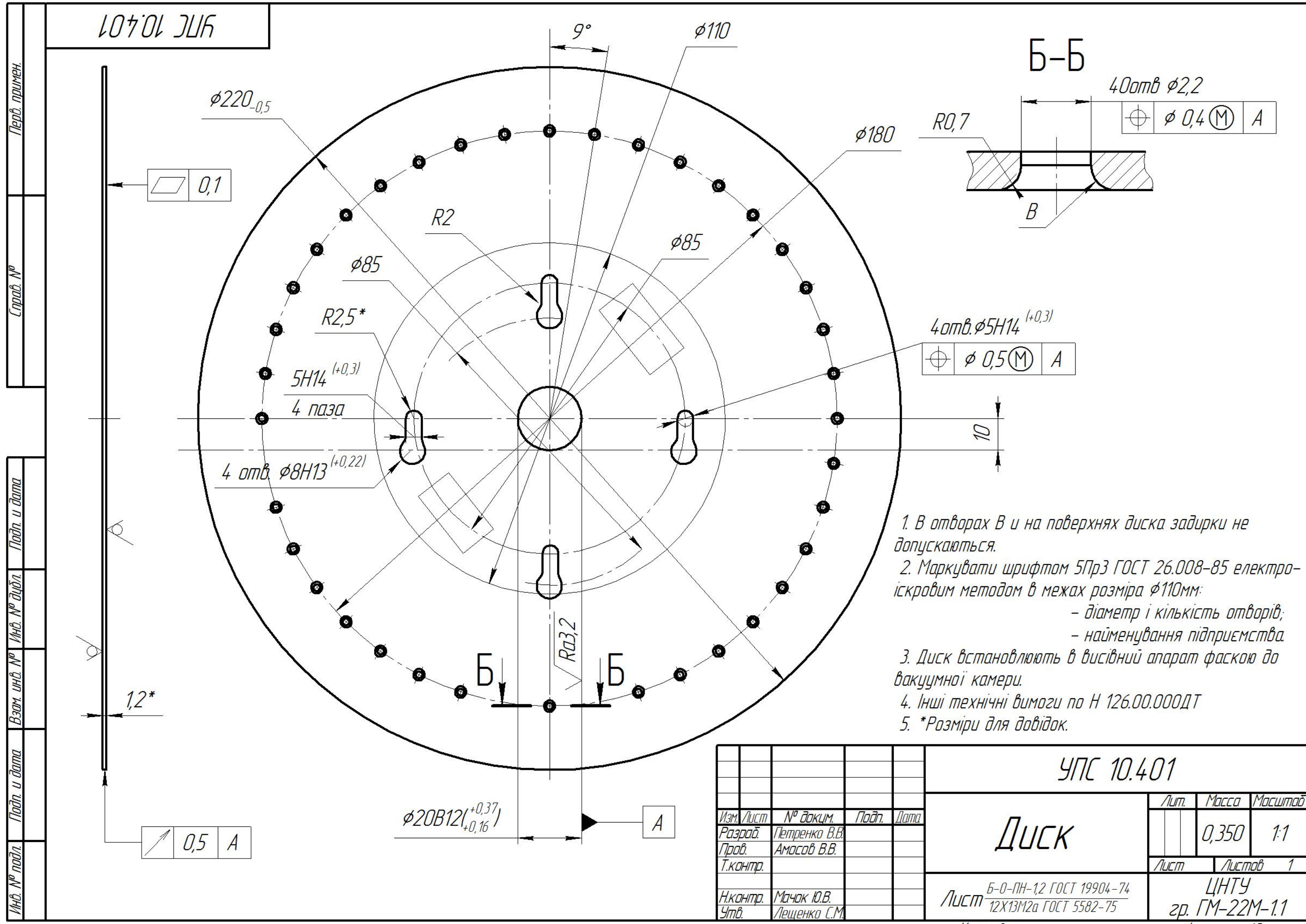
УПС 10.4.03

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Ворушилка		
Разраб.		Петренко В.В.			Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Амосов В.В.				0,120	1:1
Т.контр.					Лист	Листов	1
Н.контр.		Мачок Ю.В.			ЦНТУ		
Утв.		Лещенко С.М.			гр. ГМ-22М-1.1		

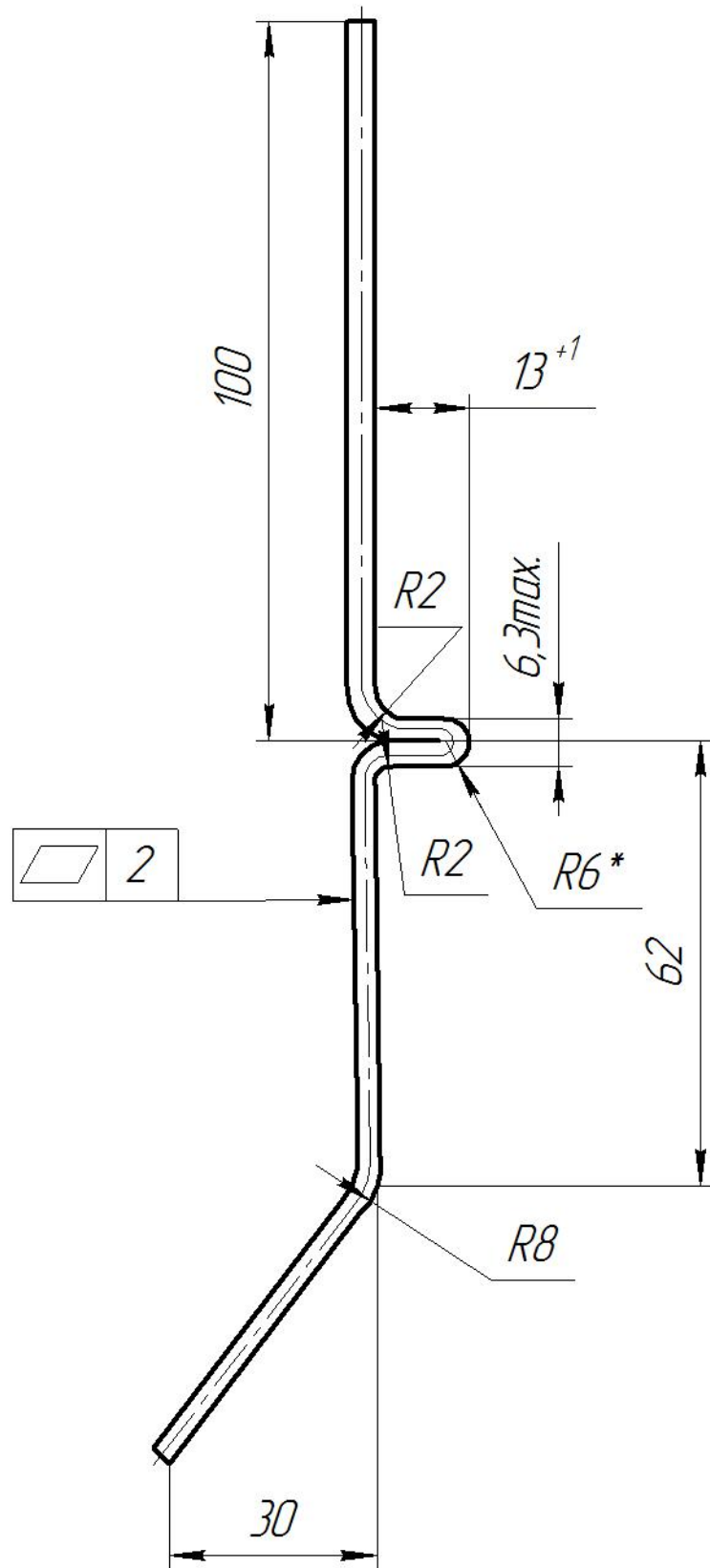
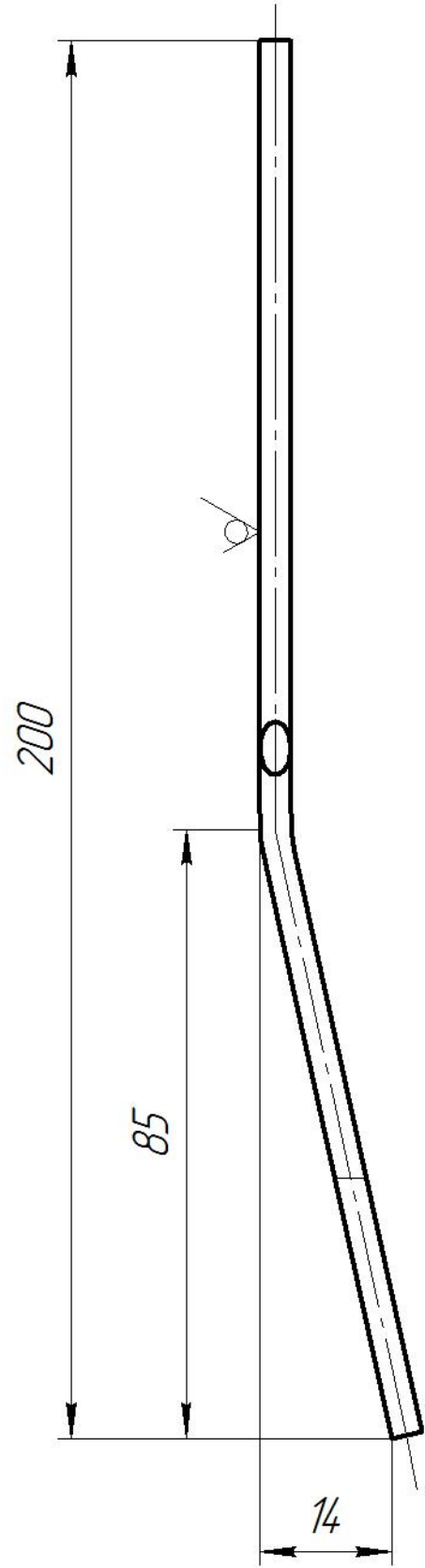
Лист $\frac{6T-0-ПН-0,2 \text{ ГОСТ } 19904-74}{12413-M2a \text{ ГОСТ } 5582-75}$

Копировал

Формат А3



УПС 10.602				
Інв. № подл.	Подп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дідл.	Подп. і дата
Справ. №	Перв. примен.			



- 1.Покриття Ц15хр.
- 2.Торці деталі не повинні мати гострих кромek.
- 3.Невказані граничні відхилення розмірів по ОСТ23.4209-82.
- 4.*Розмір для довідок.

УПС 10.602				
Ізм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Петренко В.В.			
Проб.	Амосов В.В.			
Т.контр.				
Н.контр.	Мачок Ю.В.			
Утв.	Лещенко С.М.			
Ворушилка				
Лист 6Т-0-ПН-0,2 ГОСТ 19904-74 12413-М2а ГОСТ 5582-75				
Формат А3				