

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проекту
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ МЕХАНІЗАЦІЇ ВНЕСЕННЯ
МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ З ОБГРУНТУВАННЯМ
КОНСТРУКЦІЇ РОЗКИДАЧА**

Виконав: студент групи МС-4-20

_____ Скирко Єгор Володимирович

Керівник: _____ Сокол Сергій Петрович

Рецензент: _____

Дніпро 2023

АНОТАЦІЯ

Скирко Є.В. Удосконалення процесу механізації внесення мінеральних добрив з обґрунтуванням конструкції розкидача/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2023. – 74 с.

В проекті представлено аналіз основних фізико-механічних характеристик мінеральних добрив, способів внесення їх в ґрунт і конструкцій машин для виконання технологічного процесу. Проведено патентний аналіз робочих органів і машин для внесення добрив.

Розроблена конструкція вдосконаленої машини РУМ-5 і проведені розрахунки по визначенню оптимальних параметрів і режиму роботи машини.

Представлені заходи по охороні праці при зберіганні, підготовці і внесенні мінеральних добрив. Визначено економічний ефект при запровадженні проекту, який становить 107,86 грн/га. Затрати на удосконалення машини окупаються протягом першого року експлуатації. Ключові слова: мінеральні добрива, машини, робочі органи, параметри, режим роботи.

З М І С Т

В С Т У П.	6
1 ОСНОВНІ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ.	8
2 СПОСОБИ ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ.	19
3 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ.	22
3.1 Машини для поверхневого внесення добрив.	22
3.2 Патентний аналіз.	35
4 ОБГРУНТУВАННЯ І РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОГО РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ.	39
4.1 Обґрунтування актуальності вдосконалення машини.	39
4.2 Розрахунок параметрів і режиму роботи.	40
4.2.1 Розрахунок основних параметрів бункера.	40
4.2.2 Вибір параметрів вентилятора.	41
4.2.3 Розрахунок проміжної ланцюгової передачі.	46
4.2.4 Розрахунок вала на міцність.	50
4.3 Описання розробленої машини. ТО машини.	56
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.	58

5.1 Правила зберігання мінеральних добрив.	58
5.2 Заходи безпеки при транспортуванні і внесенні мінеральних добрив.	59
6 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЕКТУ.	65
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	72
Д О Д А Т К И.	75

В С Т У П

Застосування мінеральних добрив – один із основних важелів підвищення врожайності сільськогосподарських культур, отримання високоякісної продукції та відновлення родючості ґрунтів. Науковий досвід показує, що між рівнем застосування мінеральних добрив і валовим збором сільськогосподарської продукції існує кореляційна залежність. Найбільш використовуваним способом внесення добрив є розкидний: його застосовують як для основного їх внесення, так і для підживлення сільгоспкультур. Спосіб цей полягає у розкиданні добрив по поверхні спеціальними машинами – розкидачами. Враховуючи велику вартість мінеральних добрив, яка значно зросла в останній період, якість виконання технологічного процесу внесення добрив розкидачами має бути дуже високою задля оптимального впливу добрив на формування врожаю.

Мінеральні добрива містять поживні речовини у вигляді різних мінеральних солей. Залежно від того, які поживні елементи містяться в них, добрива підрозділяють на прості і комплексні (складні). Прості (односторонні) добрива містять один який-небудь елемент живлення. До них відносяться фосфорні, азотні, калійні і мікродобрива. Комплексні (складні), або багатосторонні, добрива містять одночасно два або більше основних поживних елементів.

Мінеральні добрива за змістом основних компонентів бувають азотними, фосфорними, калієвими, складними і мікродобривами. Вони є продукцією хімічного виробництва і містять в собі одне або кілька поживних речовин у високій концентрації [1, 2].

Обсяги виробництва мінеральних добрив в Україні поступово знижуються. Якщо у 2011 році на частку імпорту у продажі добрив припадало менше ніж 30%, то у 2017 році – понад 70% [1, 2]. З початком війни, яку розв'язала росія, ситуація із наявністю мінеральних добрив для агровиробників значно погіршилася і ціни виросли до 30 і більше тис. грн. за тону мінеральних добрив.

На ринку сільськогосподарської техніки в Україні представлено широкий арсенал зарубіжних та вітчизняних розкидачів мінеральних добрив – як простої, так і складної конструкції. Світовими лідерами у розробленні та виготовленні машин для поверхневого внесення мінеральних добрив є фірми New Leader (США), Kuhn (Франція), Amazone, Rauch (Німеччина) та інші. У цьому сегменті сільськогосподарської техніки українські виробники також займають свої позиції. Серед вітчизняних машинобудівників у цій галузі слід відзначити ТОВ «Оріхівсільмаш», що пропонує нову машину для внесення мінеральних добрив РМД-3000. Вартість цього розкидача порівняно з імпортними аналогами (вантажопідйомність – 3000 кг, ширина розкидання – 24 м, продуктивність – до 36 га/год.) набагато нижча. Тому для споживача, який зацікавлений у придбанні техніки для внесення мінеральних добрив, важливо знати основні особливості цих розкидачів та

їх технічний рівень. Аналіз результатів досліджень із оцінювання роботи машин для поверхневого внесення мінеральних добрив свідчить, що основним показником якості роботи розкидачів є точність розподілу добрив по ширині захвату та напрямку руху агрегату. Нерівномірне внесення добрив призводить до зниження врожайності до 10 і більше відсотків, нерівномірності дозрівання врожаю, полягання рослин і зниження якості продукції. Крім того, не менш актуальним є питання швидкого і точного встановлення норми внесення певної необхідної дози добрив.

Метою даного дипломного проекту є удосконалення механізації основного внесення мінеральних добрив і конструкції кузовного розкидача, що дасть змогу підвищити якість внесення добрив, продуктивність процесу і урожайність сільськогосподарських культур.

1 ОСНОВНІ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

До найбільш характерних фізико-механічних властивостей мінеральних добрив, які впливають на роботу машин, відносять об'ємну масу, гранулометричний склад, сипучість, гігроскопічність (вологоемність), липкість, кут природного укосу, злежуваність, розсіюваність, коефіцієнт парусності, швидкість витання, кут тертя, коефіцієнт тертя та ін. [3].

Об'ємна маса. Під об'ємною масою розуміють масу одиниці об'єму при наявності проміжків і пор між частками. Вона, в основному, залежить від щільності, вологості, розмірів часток, гранулометричного (фракційного) складу.

Дослідні дані показують, що найбільший вплив на зміну об'ємної маси таких мінеральних добрив, як гранульована аміачна селітра, карбамід і

хлористий калій, оказує вологість. В меншій мірі впливає вологість на зміну об'ємної маси силвініту, калійної солі, гранульованого суперфосфату. Крім того, для кожного виду добрив існує певна вологість, якій відповідає мінімальне значення його об'ємної маси. Для деяких добрив значення такої вологості коливається в великих межах, наприклад, для гранульованого суперфосфату від 6 до 10 %, для гранульованої аміачної селітри від 10 до 14%. Необхідно відмітити, що оптимальна вологість, при якій краще всього зберігаються фізичні властивості добрив, не співпадає з вологістю, яка відповідає мінімальній об'ємній масі.

Залежність між об'ємною масою, щільністю і вологістю виражається рівнянням:

$$\gamma = \gamma_y \frac{1 - \Pi}{1 - \omega}, \quad (1.1)$$

де γ - об'ємна маса;

γ_y - щільність твердих часток добрив;

Π - пористість мінеральних добрив, яка визначається як відношення

об'єму пор до всього об'єму добрив (в долях одиниці);

ω - відносна вологість (в долях одиниці).

Основні показники фізико-механічних характеристик деяких мінеральних добрив при оптимальній вологості приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Основні показники фізико-механічних характеристик мінеральних добрив

Добрива	Оптимальна вологість, %	Розмір часток, мм	Щільність, г/см ³	Мінімальна об'ємна маса, т/м ³	Коефіцієнт динамічного ущільнення
Аміачна селітра: гранульована	1 – 2	2 – 3	1,66-1,72	0,87- 0,89	1,12

кристалічна	1 - 2	1 - 2	1,66-1,72	0,80- 0,82	1,08
Карбамід	1 - 2	0,5 - 1	1,33-1,34	0,61- 0,63	1,07
Сильвініт	4,6 – 5,6	2 - 5	1,89-1,99	1,12- 1,13	1,15
Калійна сіль	3 - 4	0,5 - 3	1,89-1,99	0,89- 0,90	1,18
Хлористий калій	4,5 – 5,5	0,5 - 1	1,81- 1,92	0,72- 0,74	1,34
Суперфосфат:					
гранульований	4 – 5	2 – 3	2,51- 2,55	1,02- 1,03	1,16
подвійний	3	2 – 3	2,52	1,1	1,32
гранульований	14 - 16	0,25–	2,51- 2,55	0,88- 0,91	1,32
порошковидний		0,5			
Фосфоритна мука	1 - 2	0,25- 0,5	2,93-2,96	1,36-1,40	1,38
Нітрофоска	2 - 3	3 - 5	2,0	0,96- 0,98	1,13

Але в ряді випадків при вирішенні практичних задач застосування мінеральних добрив недостатньо тільки даних про об'ємну масу добрив. Наприклад, при переміщенні машини по нерівному полю, а також в процесі взаємодії робочих органів з добривами останні піддаються значним статичним і динамічним навантаженням, в результаті чого відбувається ущільнення добрив і збільшення їх об'ємної маси. Щоб оцінити ці зміни, прийнято спеціальний коефіцієнт, який називається коефіцієнтом ущільнення. Коефіцієнт ущільнення $K_{д.у}$ тим менший, чим вища неоднорідність гранулометричного складу, і з підвищенням вологості дещо зростає. Таким чином, з врахуванням коефіцієнта ущільнення об'ємна маса динамічно ущільнених добрив дорівнює:

$$\gamma_{д.у} = \gamma_{у} \frac{1 - \Pi}{1 - \omega} \cdot K_{д.у}$$

(1.2)

Гранулометричний (фракційний) склад добрив характеризує середній процентний вміст в ньому різних по величині часток. Його визначають за даними механічного аналізу, використовуючи систему коливаючих сит, розташованих одно над одним, розмір яких зменшується від верхніх до нижніх. В результаті дослідження знаходять кількість добрив, які залишаються на кожному ситі, в відсотках до загальної пропущеної через систему сит кількості матеріалу.

Величина складових частин добрив в деякій мірі визначає їх сипучість, схильність до створення порожнин і до ущільнення всередині ємкостей. Прийнято, що задовільними властивостями для розсівання володіють добрива, розмір часток яких знаходиться в межах від 1 до 5 мм.

Але величину деяких мінеральних добрив встановлюють іноді, виходячи з агротехнічних вимог. Наприклад, фосфоритна мука дає тим більший ефект, чим тонший її помол.

Дані гранулометричного складу деяких мінеральних добрив, отримані в результаті ситового аналізу в НДІМЕСХ, приведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Гранулометричний склад деяких добрив

Добрива	Гранулометричний склад (%) при величині часток, мм							
	7 і >	7-5	5-3	3-2	2-1	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25 і менше
Суперфосфат:								
порошковидний	6,1	6,2	10,6	8,7	9,8	18,1	21,0	20,5
гранульований	-	2,0	38,0	36,0	16,0	5,0	2,0	1,0
Аміачна селітра	-	0,8	3,7	11,5	50,5	34,0	-	-
Хлористий калій	2,0	4,0	11,0	12,0	9,0	15,0	21,0	26,0
Калійна сіль	15,0	6,0	8,0	8,0	6,0	52,0	5,0	-

Розкидання добрив, які містять частки діаметром більше 5 мм, приводить до нерівномірного розподілу добрив по полю з усіма негативними наступними явищами.

Сипучість. Відрізняють активну і пасивну сипучість. При активній сипучості частки, які складають тіло, зв'язані між собою тільки силами тертя. В цьому випадку матеріал, насипаний на горизонтальну площину, приймає форму конуса. До тіла пасивної сипучості відносяться такі, частки яких утримуються в рівновазі не тільки силами тертя, але і зчеплення. Більшості мінеральних добрив властива пасивна сипучість. На сипучість добрив сильно впливає їх вологість і гранулометричний склад.

Показник сипучості при оцінці різних розкидачів дає можливість порівнювати результати і частково судити про очікувану якість розподілу добрив по полю. В таблиці 1.3 приведені дані про сипучість деяких мінеральних добрив.

Кут природного укосу створюється між горизонтальною площиною, на якій в вигляді конусного тіла знаходиться добриво, і дотичною до бокової поверхні конуса.

Дані про кути природного укосу використовуються при виборі форми кузова розкидачів, бункерів, а також враховують в випадку безтарного зберігання добрив. Значення кутів природного укосу приведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.3 - Показники сипучості мінеральних добрив

Назва добрив	Показник сипучості
Суперфосфат (15 % вологості)	42
Фосфатна мука (4 % вологості)	45
Хлористий калій (3 % вологості)	20
Аміачна селітра (0,7 % вологості)	35

Сильвініт (3 % вологості)	45
---------------------------	----

Таблиця 1.4 - Кути природного укусу деяких добрив

Назва добрив	Кут природного укусу, град.
Суперфосфат порошковий (15,5 % вологості)	45
Суперфосфат гранульований (5 % вологості)	32
Аміачна селітра (1,5 % вологості)	42
Мочевина (1,6 % вологості)	35 – 40
Хлористий калій (4 % вологості)	35 – 40

Гігроскопічність – здатність тіла поглинати вологу з повітря – впливає на злежуваність, кут природного укусу, розсіюваність і інші властивості мінеральних добрив. Гігроскопічність характеризується гігроскопічною точкою і коефіцієнтом швидкості поглинання вологи.

Гігроскопічною точкою прийнято називати відносну вологість повітря (в відсотках), при якій настає рівновага між вологістю добрив і навколишнього повітря (тобто добриво не поглинає і не віддає вологу при даному стані навколишнього середовища).

По коефіцієнту швидкості поглинання судять про інтенсивність поглинання добривом вологи з повітря.

Прийнято користуватися 10-бальною шкалою гігроскопічності, по якій добривам більш високої гігроскопічності відповідає більший бал. Гігроскопічність важливо враховувати при проектуванні, будівництві і експлуатації складів мінеральних добрив. Оцінка деяких добрив по гігроскопічності приведена в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Показники гігроскопічності добрив

Назва добрив	Бал по шкалі
--------------	--------------

	гігроскопічності
Аміачна селітра (0,2 – 2,2 % вологості)	5,3
Моче вина 2 (6 % вологості)	5,4
Сульфат амонію (0,8 % вологості)	6,5
Суперфосфат (15 % вологості)	2,1
Суперфосфат подвійний (12,3 % вологості)	4,0
Сильвініт (2 % вологості)	3,7
Калійна сіль (2 % вологості)	3,4
Хлористий калій (2 % вологості)	3,2

Липкість. Вологим мінеральним добривам (калійні і фосфорні) властива порівняно велика липкість, яка в ряді випадків може стати настільки значною, що перешкоджає правильній і економічній роботі машини. Найменше значення липкості вологих мінеральних добрив відповідає їх контакту з гумовими і полімерними поверхнями.

Злежуваність – властивість добрив, яка характеризує їх схильність створювати суцільну масу різної міри твердості. На злежуваність мінеральних добрив впливають такі фактори, як підвищена вологість, ступінь розчинності в воді, здатність до кристалізації, температура, кліматичні умови, гігроскопічність, час і умови зберігання, висота шару, величина і форма часток, змішування різних форм і видів добрив. Наприклад, гранульовані добрива злежуються мало (мочовина) або майже не злежуються (гранульований суперфосфат), в той час як у деяких порошковидних добрив (аміачна селітра) ця властивість виражена досить сильно. Тому такі добрива випускають в гранульованому виді або з добавками різних речовин, які зменшують злежуваність.

Розсіюваність характеризує схильність добрив до рівномірного розподілу по полю в процесі їх внесення. Цей показник часто використовують при порівнянні розкидаючих апаратів машин. Найбільш

зручна з цієї точки зору оцінка добрив за 10-бальною шкалою розсіюваності (таблиця 1.6).

Таблиця 1.6 - Характеристики розсіюваності деяких добрив

Назва добрив	Бал за шкалою розсіюваності
Суперфосфат порошковидний (15 % вологості)	7
Фосфоритна мука (1 % вологості)	7
Аміачна селітра (1 % вологості)	5
Мочевина	6,5
Хлористий амоній (1 % вологості)	5
Сильвініт (2 % вологості)	6
Калійна сіль (2 % вологості)	7,5

Для визначення розсіюваності порошковидних мінеральних добрив рекомендується орієнтовний спосіб, згідно якого при куті природного укоосу, менше 40° , розсіювання рівномірне, без труднощів; при кутах $40-45^{\circ}$ розсіювання досить рівномірне; $45 - 55^{\circ}$ – розсіювання нерівномірне; більше 55° – розсіювання неможливе для багатьох типів машин.

Швидкість витання і коефіцієнт парусності. Критичною швидкістю або швидкістю витання називають таку швидкість вертикального повітряного потоку, при якій частки добрив, поміщені в нього, будуть знаходитися в підвішеному стані.

Коефіцієнт парусності, що також характеризує аеродинамічні властивості тіла, визначають за формулою [4]:

$$K_{\Pi} = \frac{k \cdot \rho \cdot S}{m}, \quad (1.3)$$

де k – коефіцієнт опору повітря;

S – міделевий розріз (площа проекції тіла на площину, перпендикулярну напрямку повітряного потоку);

m – маса тіла;

ρ – об'ємна маса повітря.

Аеродинамічні характеристики деяких добрив представлені в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Аеродинамічні характеристики добрив

Показника	Аеродинамічна характеристика в залежності від розмірів частки, мм						
	С у п е р ф о с ф а т					Аміачна селітра	Калійна сіль
	1	2	3	4	5	1,47	0,93
Критична швидкість, м/с	3,7	6,3	8,8	9,6	11,3	6,7	4,9
Коефіцієнт парусності	0,73	0,24	0,12	0,10	0,07	0,22	0,41

Для основних видів мінеральних добрив критична швидкість коливається в межах від 2,5 до 12,5 м/с, а коефіцієнт парусності – від 0,063 до 0,73. Ці значення менше всього залежать від виду добрив, а більше всього – від розмірів часток.

Коефіцієнт тертя ковзання визначає силу, необхідну для переміщення добрив по поверхні матеріалів різної обробки, і характеризує міру опору добрив переміщенню.

Сила, необхідна для переміщення добрив по певній поверхні, дорівнює

$$T = G \cdot \psi, \quad (1.4)$$

де G – маса добрива, яке пересувається;

ψ - коефіцієнт тертя ковзання.

Результати по визначенню коефіцієнта тертя ковзання приведені в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 - Коефіцієнти тертя ковзання деяких мінеральних добрив

Д о б р и в а	Коефіцієнти тертя по поверхнях					
	С т а л ь		дерево	гума	Органічне скло	Поліетилен
	Непофарбована	Пофарбована				
Суперфосфат 17 % вологості	0,58-0,67	0,70	0,58-0,61	0,80	0,50	0,45
Аміачна селітра 0,9 % вологості	0,51-0,59	0,60	0,33-0,55	0,72	0,42	0,49
Хлористий калій 1,9 % вологості	0,43	0,55	0,50	0,50	0,53	0,61

Коефіцієнт тертя необхідно враховувати при виборі матеріалу робочих органів машин.

Вологість – основний показник, який характеризує стан добрив. Відрізняють абсолютну і відносну вологість мінеральних добрив.

Абсолютна вологість – це відношення маси вологи, яка міститься в матеріалі, до маси абсолютно сухої речовини, виражене в відсотках:

$$W_{\text{абс}} = \frac{a-b}{b} 100 \%$$

(1.5)

де a – маса добрива до сушки;

b - маса абсолютно сухого матеріалу, тобто висушеного до постійної маси при температурі 105⁰С.

Відносна вологість – це відношення маси вологи, яка міститься в матеріалі, до маси матеріалу до сушки, виражене в відсотках

$$W_{\text{відн}} = \frac{a-b}{a} 100 \%$$
 (1.6)

В таблиці 1.9 приведені значення стандартної (заводської) вологості деяких мінеральних добрив.

Таблиця 1.9 - Значення стандартної вологості добрив

Назва добрив	Вологість, %
Суперфосфат гранульований	3
Фосфоритна мука	до 5
Мочевина	1,6
Аміачна селітра	до 2
Хлористий амоній	до 3
Сильвініт	до 3
Хлористий калій	до 3
Калійна сіль (30 і 40 %)	до 5

При збільшенні вологості різко погіршується ряд важливих властивостей добрив.

Пружність гранульованих мінеральних добрив характеризується коефіцієнтом відновлення, який визначають як відношення швидкості руху

після удару частки до швидкості її падіння. При вертикальному падінні гранул і горизонтально розташованої відображаючої поверхні коефіцієнт відновлення визначається рівнянням:

$$k = \frac{V}{V_0} = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{2gH}} = \sqrt{\frac{h}{H}} \quad (1.7)$$

де h – висота, яку гранула досягає після удару;

H – висота падіння.

Досліди показують, що при збільшенні вологості коефіцієнт відновлення зменшується.

Впровадження інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур, спрямоване на збереження та підвищення родючості ґрунтів за рахунок внесення добрив і хімічних меліорантів. Добрива містять в собі основні елементи живлення рослин: фосфор Р, калій К, азот N і речовини, які покращують фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту і сприяють підвищенню врожайності сільськогосподарських рослин.

Промисловість випускає мінеральні добрива у вигляді гранул розміром 1-5 мм, кристалів, порошків або рідин [4]. Залежно від вмісту поживних речовин мінеральні добрива бувають прості (вміщують один елемент) і складні (вміщують два або три поживних елементи). Рідкі мінеральні добрива, до складу яких входить кілька поживних елементів, одержали назву комплексних (РКД).

Способи внесення добрив визначаються агротехнікою вирощування культур. Залежно від періоду внесення розрізняють передпосівний, припосівний і післяпосівний (підживлення) способи внесення добрив.

Передпосівний спосіб (його також називають основним, суцільним або розкидним) застосовують для внесення основної маси туків, всіх меліорантів. Рівномірно розкидані (розсіяні) по полю добрива при суцільному внесенні заробляють в ґрунт на глибину 10 – 20 см плугом або культиватором.

Припосівне внесення виконують одночасно з посівом. Вносять добрива в ґрунт разом з насінням або поблизу нього.

Підживлюють сільськогосподарські культури одночасно з культивацією міжрядь; культури суцільного висіву – наземними агрегатами, для пересування яких при сівбі утворюють технологічну колію, за несприятливих умов прохідності при підвищеній вологості – авіацією. Все ширше застосовують передпосівне внутрішньоґрунтове внесення туків, які розміщують стрічками, рядками, гніздами у волого забезпеченому шарі

грунту. Це дозволяє знизити витрати добрив, зменшити їх змивання стічними водами, полегшити керування розвитком рослин.

Для механізації всіх операцій технологічного процесу внесення добрив складають технологічні комплекси. Залежно від виду добрив, віддалі до поля і наявного набору машин застосовують прямоточну, перевантажувальну і перевалочну технології внесення добрив.

При прямоточній технології добрива завантажують на складі в розкидач, який транспортує їх до поля і вносить у ґрунт. При перевантажувальній – добрива із сховища завантажують у транспортні засоби, вивозять в поле, перевантажують в польовий розкидач і вносять в ґрунт. При перевалочній технології добрива із сховища вивозять в поле і вивантажують в купи або в пересувні місткості. У встановлені агротехнікою строки добрива з куп завантажують в розкидачі і вносять у ґрунт.

Машина для внесення добрив класифікують за такими ознаками:

- за призначенням – для підготовки і навантаження мінеральних добрив; внесення твердих, пиловидних і рідких мінеральних добрив;
- за способом агрегування – самохідні, причіпні, начіпні та напівначіпні;
- за кількістю виконуваних операцій – машини для внесення добрив і комбіновані агрегати.

При внесенні добрив дотримують таких агротехнічних вимог. Злежалі мінеральні добрива перед використанням подрібнюють і просіюють. Розмір частинок після подрібнення повинен бути не більше 5 мм, вміст частинок розміром 1 мм допускається до 6 %.

Під час розтарювання втрати добрив з паперовою мішкотарою не повинні перевищувати 1 %, а з поліетиленовою – 0,5 %. Вміст шматків мішкотари в подрібнених добривах не повинен перевищувати 3 % від маси паперових і 0,8 % від маси поліетиленових мішків.

При змішуванні добрив вологість вихідних компонентів не повинна відрізнятись від стандартної більш як на 25 %. Відхилення від заданого

співвідношення поживних елементів у тукосуміші допускається не більше $\pm 5\%$, а неоднорідність суміші – не більше $\pm 10\%$.

Відхилення фактичної дози від заданої при внесенні мінеральних добрив допускається не більше $\pm 5\%$, нерівномірність розподілу добрив по ширині захвату – до $\pm 15\%$, необроблені поворотні смуги і пропуски між суміжними проходами агрегату не допускаються. Розрив між внесенням добрив і їх зароблюванням в ґрунт не повинен перевищувати 12 годин.

3 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

3.1 Машини для поверхневого внесення добрив

Тверді мінеральні добрива вносять за допомогою тарілчастих сівалок РТТ-4,2, відцентрових 1РМГ-4, КСА-3, МВУ-0,5, МВУ-5, МВУ-8, МВУ-16 та РУМ-5-03 і СТТ-10 розкидачів [4, 5].

Для внутрішньогрунтового локально-стрічкового внесення основних доз мінеральних добрив використовують комбіновану машину МКП-4.

Розкидач–сівалка тукова РТТ-4,2 призначена для суцільного розсівання по поверхні ґрунту мінеральних добрив та їх сумішей під оранку або культивуацію, а також для підживлення зернових культур і луків.

Рама сівалки спирається на чотири пневматичні колеса 4 і 17 (рис. 3.1). Передні опорні колеса – самоустановні, задні ходові колеса – опорно-приводні. На рамі закріплений туковий ящик 1 місткістю 700 дм³, у нижній частині якого змонтовані тарілчасті туковисівні апарати.

Висівний апарат складається з штампованої тарілки 10, прикріпленої гвинтами до косозубого вінця 11, двох лопатевих скидачів 7 на приводному валу 9, напрямника туків і чистика тарілки. При обертанні тарілки добрива, завдяки тертю, виносяться з ящика до лопатевих скидачів, які знімають їх з тарілки і скидають на поверхню ґрунту. Вал скидачів приводиться в дію від правого ходового колеса. Норму висівання добрив регулюють (від 50 до 1100 кг/га) зміною частоти обертання тарілки і розміру щілини між дном тарілки та заслінками. Для зміни розміру щілини на ящику змонтовано регулятор висіву, який складається з важеля, циферблату і тяги, до якої шарнірно прикріплені заслінки всіх апаратів. При повороті важеля за стрілкою годинника (якщо дивитись у напрямку руху) висів збільшується, а при повороті проти ходу стрілки годинника – зменшується. Частоту обертання

тарілок апаратів зменшують перестановкою шестерень редуктора, ведучий

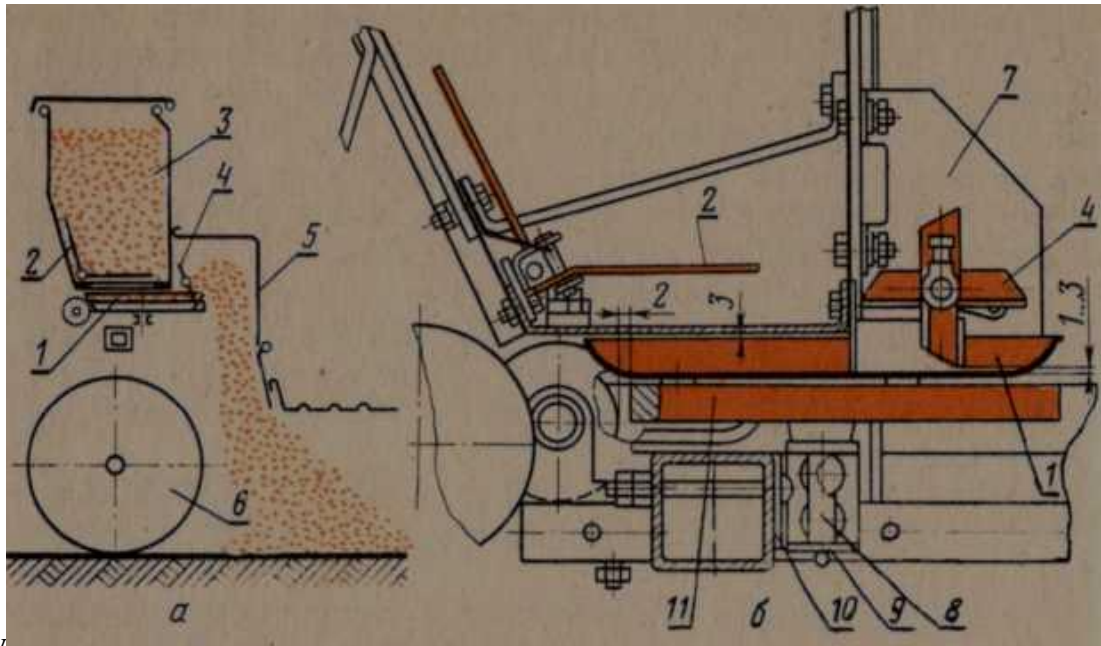


Рисунок 3.1 – Гозкидач і сівалка тукова ГТТ-4,2. а – загальний вигляд,
 б – тарілчастий висівний апарат: 1- тарілка апарату; 2- зворушувач;
 3- туковий ящик; 4- скидач; 5- щиток; 6- колесо опорне;
 7- кронштейн; 8 - вісь; 9 - скоба; 10 - кутник; 11- вінець

вал якого приводиться в рух через ланцюгову передачу від осі лівого ходового колеса.

У процесі роботи висівних апаратів у туках можуть утворюватися пустоти (склепіння), що погіршує рівномірність висівання. Тому над дном ящика біля передньої стінки є ворушилка, яка складається з двох штанг, до яких приварені паралельно до дна і передньої стінки плоскі пальці. Під час роботи сівалки штанги здійснюють зворотно-поступальний рух, руйнуючи пальцями склепіння. Щоб запобігти поломкам ворушили, в механізмі її привода змонтовано запобіжну муфту, яка припиняє передачу руху при недопустимому збільшенні крутного моменту.

На осях ходових коліс закріплені храпові обгінні муфти, які приводять в дію механізм сівалки тільки тоді, коли вона рухається вперед, що запобігає поломкам. Включаються і виключаються робочі органи сівалки виносним гідро циліндром ЦС-75, шток якого зв'язаний з

двоплечим важелем (одне плече тросами з'єднується з важелями муфт ходових коліс).

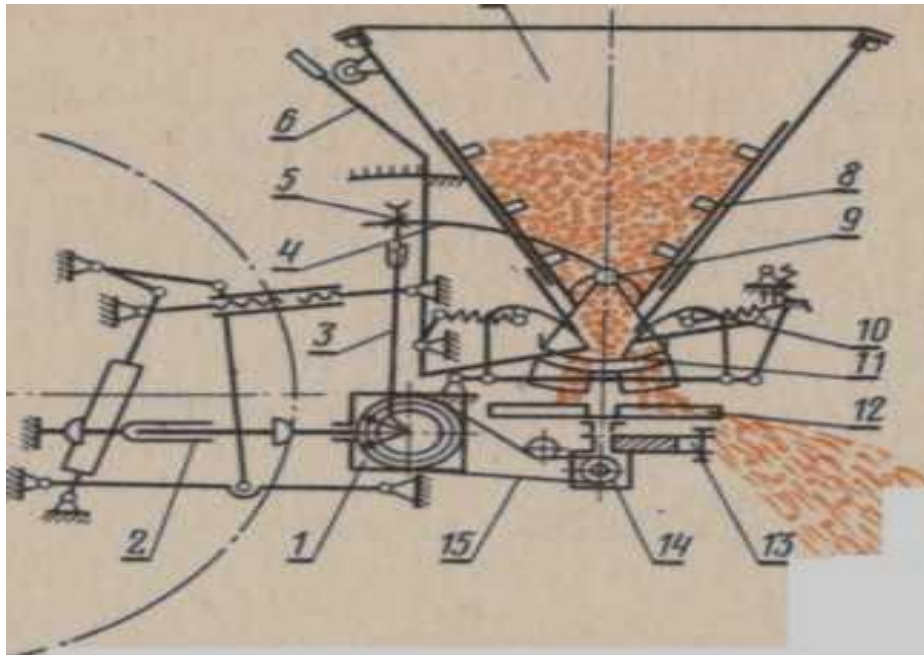


Рисунок 3.2 - Схема начіпного розкидача мінеральних добрив НРУ-0,5:

1- редуктор; 2 - карданний вал; 3 - кривошипно-шатуний механізм; 4 - коромисло; 5- повзун; 6- важіль; 7- бункер; 8- ворушилка; 9- коливальний вал; 10 - заслінка; 11- висівна планка; 12 - розкидальний диск; 13 - причіпна скоба; 14 - кінцевий редуктор диска; 15 - ланцюгова передача

Під час руху штока двоплечий важіль повертається, троси натягуються і муфти виключаються. Основні регулювання сівалки такі. Щоб запобігти просипанню туків і зменшити дію шкідливих сил тертя, між дном ящика 1 та верхньою кромкою тарілки 10 встановлюють зазор у межах 1-2 мм. Для цього піднімають або опускають кутники з кронштейном 14 до одержання необхідного зазору і закріплюють їх на брусі рами болтами. Зазор між дном тарілки та лопатями скидача 7 (1 – 3 мм) регулюють пересуванням косинок підшипників вала скидача ввєрх або вниз, а зазор між западиною кінцевої шестерні 16 і головкою зуба косозубого вінця 11 (1,5-2 мм) – перестановкою шестерень 16 на валу.

При частих включеннях запобіжної муфти вала контрприводу ворушилки та відсутності в ящику сторонніх предметів і спресованих туків під планкою ворушили пружину муфти підтискають на 3 – 5 мм.

Агрегатують сівалку з тракторами класу 0,6; 0,9 і 1,4, а за допомогою зчіпки СП-16 – з тракторами класу 3, складаючи шеренговий агрегат з чотирьох сівалок загальною шириною 16,8 м. Сівалку можна агрегатувати і за допомогою зчіпки С-11У. Робоча швидкість сівалки 10-12 км/год., маса - 890 кг, продуктивність – 4,2 га/год.

Машина НРУ-0,5 призначена для розсіювання по поверхні ґрунту мінеральних добрив на полях і в плодоносних садах. А також для розкидної сівби насіння трав (сидератів). Машину навішують на трактори Т-25А, МТЗ-50, МТЗ-52, ЮМЗ-6 і Т-40А.

Розкидач складається з бункера (рис. 3.2) місткістю 410 дм³, дозувального пристрою, двох розкидальних дисків, механізму привода (карданного вала та редукторів) і вітрозахисного пристрою. Дозувальний пристрій складається з двох поворотних клапанів, завдяки яким змінюється висота висівної щілини, і висівної планки, що має зигзагоподібну форму і шарнірно укріплюється на підвісках. При коливальному русі планка переміщується між дном бункера і клапанами, виштовхуючи своїми активними вирізами з передньої і задньої щілини матеріал, що його висівають. Щоб зруйнувати склепіння і досягти безперервного опускання добрив на дно, в бункері змонтовано коливні ворушили. Добрива, що їх висівають, по лотках надходять на диски, які обертаються в різні боки ($n = 625-805 \text{ хв}^{-1}$), і розкидаються ними з шириною захвату до 12 м. У вітряну погоду до розкидача прикріплюють вітрозахисний пристрій, виготовлений з брезенту. Ширина захвату при цьому становить 6 м. Висівання добрив регулюють від 40 до 2000 кг/га, змінюючи висоту висівних щілин і амплітуди коливань висівної планки. Норма висіву насіння трав 8 – 150 кг/га. Робоча швидкість машини близько 10 км/год., її маса 300 кг, продуктивність до 10 га/год.

Машина 1РМГ-4 для внесення мінеральних добрив призначена для поверхневого розсівання мінеральних добрив, вапна та гіпсу. Вона складається з шасі одновісного тракторного причепа 1-ПТС-4 і кузова 1 (рис. 3.3) вантажопідйомністю 4 т. На дні кузова змонтований прутковий конвеєр 2, який приводиться в рух від опорного колеса 7 причепа через пневматичний ролик і механізм привода 4. Прутковий конвеєр подає добрива через

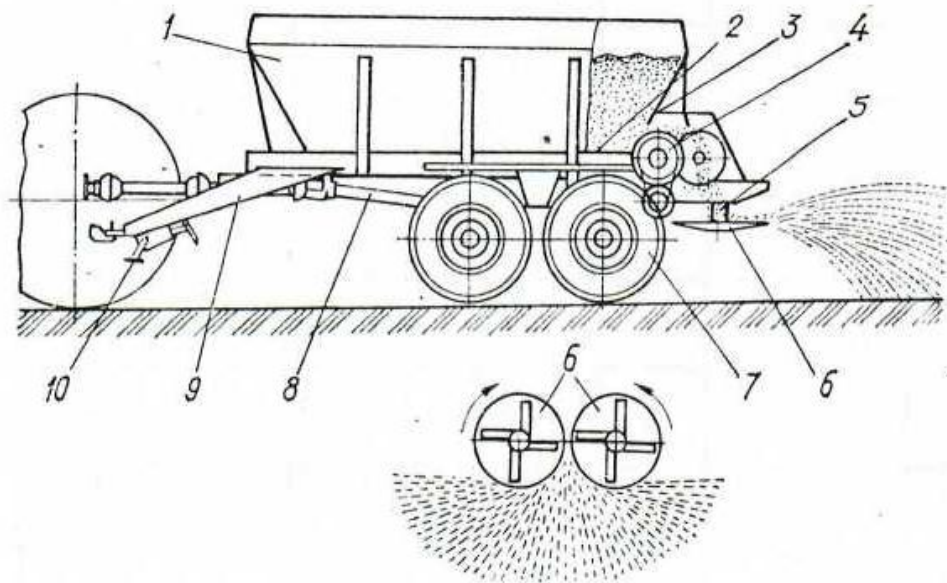


Рисунок 3.3 - Схема розкидача мінеральних добрив 1РМГ- 4:

a – функціональна схема; *б* – схема розподільника туків

дозатор-заслінку шиберного типу до тукоподільника, по якому вони надходять на розкидальні диски 5. Диски приводяться в обертовий рух від двох гідродвигунів МНШ-46. Під час роботи у вітряну погоду кузов закривають тентом, а розкидальні диски захищають вітрозахисним пристроєм. Норму висіву (від 70 до 570 кг/га) регулюють, змінюючи положення шиберної заслінки, а також швидкість пруткового конвеєра. Розкидач агрегують з тракторами КЛАСУ 1,4, обладнаними гідрогаком та приводом гальмівної системи. Робоча швидкість машини близько 12 км/год., її маса 1460 кг, продуктивність до 12 га/год.

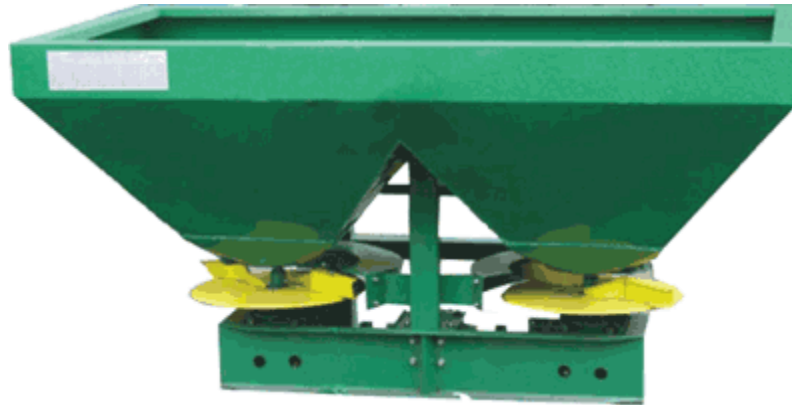


Рисунок 3.4 - Машина МВУ-5

Машина для внесення добрив МВУ-5 призначена для поверхневого (суцільного) внесення мінеральних добрив, їх сумішей, вапна та гіпсу. Являє собою напівпричіп, що складається з кузова (рис. 3.4), ходової системи, транспортера, привода робочих органів, дозувальної заслінки, туконапрямника, розсівальних дисків, пневмогальмівної системи і електрообладнання. Агрегатують з тракторами МТЗ-80/82. Обслуговує агрегат один тракторист (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 - Характеристики машин для внесення добрив

Технічні характеристики:	МВУ-0.5	МВУ-1000
Продуктивність за 1 годину основного часу, га/год.	9-18	10-25
Вантажопідйомність, кг/м. куб	600	1000
Місткість бункера, м. куб	0,5	0,9
Робоча ширина захвату, м	8-24	14-24
Габаритні розміри (Д×Ш×В), м	1350×1350×1350	2200*1180*1070
Маса машини, кг	160	340
Використання з тракторами	МТЗ, ЮМЗ	МТЗ-80, 82

Кузов машини є основою для кріплення робочих органів та допоміжних складальних одиниць і виконує функції приймального пристрою для мінеральних добрив. Рама складається з двох балок,

з'єднаних поперечинами. Задній борт має вікно для виходу добрив і напрямні для встановлення дозувальної заслінки.

У передньому борту кузова передбачено вікно для контролю за розвантаженням кузова. Для запобігання пульсаціям при подачі добрив транспортером при малих дозах внесення днище кузова перед туконапрямником виконане у вигляді лотка.

Ходова система являє собою безресорний балансірний візок типу “тандем” і складається з двох балансірів, з'єднаних центральною віссю на підшипниках ковзання.

Усі колеса ходової системи обладнані колодковими гальмами. Привод гальм – пневматичний, виконаний за однопровідною схемою і спрацьовує при натисканні на гальмівну педаль трактора, бо гальмівна магістраль машини приєднується до гальмівної магістралі трактора.

Транспортер машини являє собою замкнутий безконечний ланцюг, що складається з окремих прутів і лапок, з'єднаних між собою. Нижні грані лапок скошені для утворення гострих кутів з днищем кузова і спрямовані за рухом транспортера, що сприяє активній очистці напрямних жолобків у днищі кузова. Транспортер виносить добрива з кузова до дозувальної заслінки і далі на розсію вальні диски.

Привод робочих органів здійснюється від ВВП трактора і ходового колеса машини. Він складається з приводів розсію вального пристрою і транспортера.

Привід транспортера може здійснюватись від правого заднього ходового колеса машини або від ВВП трактора. Керують механізмом включення транспортера за допомогою гідросистеми з кабіни трактора. Після редуктора привод транспортера включає три ланцюгових контури і ведучий вал транспортера. Передостанній ступінь ланцюгового контуру дозволяє одержати дві швидкості транспортера для внесення мінеральних

добрих і вапнякових матеріалів шляхом перестановки ланцюга на блоках зірочок.

При внесенні значних (понад 5000 кг/га) доз добрив і розвантаженні сипких матеріалів на місці конструкцією машини передбачене переобладнання привода транспортера від ВВП трактора шляхом з'єднання блока півмуфти, що складається з труби із зубчастими дисками, який кріпиться до зубчастих маточин центрального вала трансмісії, і вхідного вала центрального редуктора за допомогою ланцюга і захисних ковпаків. При цьому ланцюг зірочок змінних контурів повинен знаходитись на зовнішніх зірочках з кількістю зубів 12 і 45. Півмуфта редуктора привода транспортера від ходового колеса повинна бути відключена гідросистемою трактора.

Процес роботи машини відбувається так. Під час руху по полю машини з завантаженими добривами і включеним ВВП трактора розсіювальні диски обертаються, а на них транспортером, що приводиться в дію від правого заднього ходового колеса машини, через дозувальну заслінку і туконапрямник подаються добрива. Диски з лопатками розсівають добрива віялоподібним потоком на поверхню ґрунту.

Дозу внесення добрив регулюють зміною положення дозувальної заслінки на задньому борту кузова машини і швидкості транспортера шляхом встановлення ланцюга змінних контурів привода на зовнішні зірочки з кількістю зубів $z = 12$ і $z = 45$ або $z = 28$ і $z = 33$.

Коли транспортер приводиться в дію від ВВП трактора, то ланцюг змінних контурів повинен знаходитись на зовнішніх зірочках з кількістю зубців $z = 12$ і $z = 45$, дозу внесення добрив машиною регулюють положенням дозувальної заслінки і швидкістю руху агрегату.

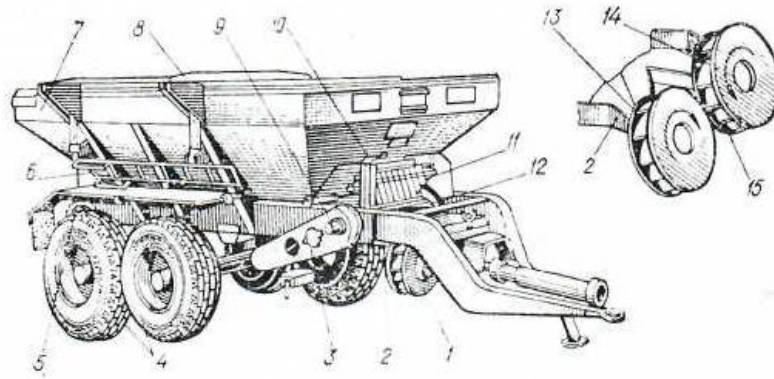


Рисунок 3.5 - Машина для внесення мінеральних добрив СТТ-10

Машина для внесення мінеральних добрив СТТ-10 (рис.3.5) призначена для внесення мінеральних добрив і їх сумішей з підвищеною рівномірністю розподілу туків по площі. Показник нерівномірності не повинен перевищувати $\pm 15\%$.

Застосовують машину СТТ-10 для підживлення зернових культур, вирощуваних за інтенсивною технологією, а також для транспортування добрив, зерна та інших сипких матеріалів з розвантаженням їх через вікно у задній стінці кузова.

Машина являє собою напівпричіп, що складається з кузова, транспортера, дозувальної заслінки, розподільного пристрою, встановленого на рамі спереду кузова, двох механізмів привода транспортера. Кузов зверху накривається відкидною сіткою 8, яка запобігає потраплянню в нього великих предметів при завантаженні добрив.

Розподільний пристрій має два ротори, які обертаються навколо горизонтальної осі, і два туконапрямники. У роторах є внутрішні та зовнішні лопатки. При внесенні добрив транспортер приводиться в дію від переднього вала, який обертається від правого переднього колеса через карданний вал і двоступінчасту ланцюгову передачу.

Під час руху машини транспортер переміщує добрива вперед і через дозувальний отвір у передній стінці кузова подає їх на туконапрямники. З останніх добрива надходять на лопатки роторів, які обертаються в протилежних напрямках з частотою 810 хв^{-1} . За рахунок різного нахилу

лопатою ротори розкидають добрива в чотири робочі зони і розподіляють їх по поверхні поля.

Дозу внесення добрив у межах 100 – 2000 кг/га регулюють зміною положення заслінки згідно з таблицею. Залишок добрив та матеріалів вивантажують, приводячи від ВВП в рух задній вал транспортера. Після вивантаження матеріалу через вікно в задній стінці закривають заслінку.

Агрегатують машину з тракторами класу 1,4. Ширина захвату машини 10-15 м, робоча швидкість 10-15 км/год., продуктивність до 18 га/год.

Машина РУМ-5-03 призначена для основного внесення мінеральних добрив і підживлення зернових культур, вирощуваних за інтенсивною технологією. Складається з кузова 5 (рис. 3.6), який зверху має захисну сітку 6, а в днищі прутковий транспортер 14, туконапрячника 15; правої 9 і лівої 1 штанги; пневмосистеми; ходових коліс 12 і механізму приводу. На задній

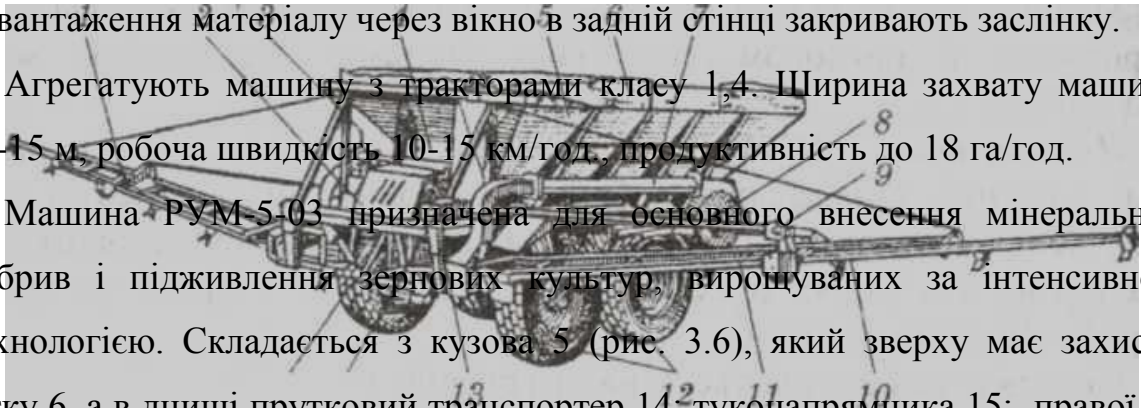


Рисунок 3.6 - Машина для внесення мінеральних добрив РУМ-5-03:
1, 9 – штанги; 2- живильник-подільник; 3- механізм переміщення заслінки;
4- заслінки; 5- кузов; 6- сітка; 7- повітропровід; 8- вентилятор; 10- розпил-
ювальний наконечник; 11- труба; 12- ходові колеса; 13- повітророзподільник;
14 - конвеєр; 15 - туконапрячляч

стінці кузова встановлена дозувальна заслінка 4 з механізмом переміщення 3, а зверху – брезентовий тент.

Під час розсіювання добрив транспортер 14 приводиться в дію від заднього опорно-ходового колеса через приводний ролик і ланцюгову передачу. Для вивантаження з кузова невикористаних добрив транспортер

приводиться в дію від ВВП трактора через передачу, змонтовану спереду кузова.

Опорно-ходові колеса розставлені на колію 1800 мм. Туконапрямник, встановлений під заднім кінцем транспортера, поділений на 14 секцій. Кожна секція має приймач, поворотну заслінку, патрубок і сопло. Патрубок кожної секції з'єднаний з повітророзподільником 13 пневмосистеми, а



сопло – з відповідною розподільною трубою 11. Секція штанги складається з каркасу, пакета пластмасових розподільних труб 11 різної довжини, напрямників, подільного пристрою і відбивачів, змонтованих на розпилювальних наконечниках 10 труб. Пневмосистема має по два вентилятори 8, повітропроводи 7 і повітророзподільники 13, змонтовані на боковинах кузова. Патрубок повітророзподільників з'єднаний трубами з патрубками туконапрямника.

Рисунок 3.7 - Начіпний розкидач мінеральних добрив фірми
KUH N AXIS



Рисунок 3.8 - Начіпний розкидач мінеральних добрив ZENO



Рисунок 3.9 - Кузовний розкидач мінеральних добрив МАХІ



Рисунок 3.10 - Розкидач мінеральних добрив з навантажувачем мішків LEVSAK

Під час робочого ходу машини транспортер 14 подає добрива через вікно, розміщене під дозувальною заслінкою 4, в туконапрямник 15. Добрива розподіляються рівномірно приймачами по патрубках, захоплюються повітряним потоком, створеним в соплах вентиляторів, і подаються в труби 11 штанг. З труб добрива виходять через наконечники 10 у вигляді аеросуміші і відбивачами спрямовуються на поверхню поля.

Дозу внесення добрив (100 – 1000 кг/га) встановлюють переміщенням заслінки 4 на певну позначку згідно з таблицею.

Агрегатують машину з тракторами МТЗ-80/82. Місткість кузова 5 т, ширина захвату 12 м, робоча швидкість до 10 км/год, продуктивність при дозі внесення 220 кг/га до 7 га/год.

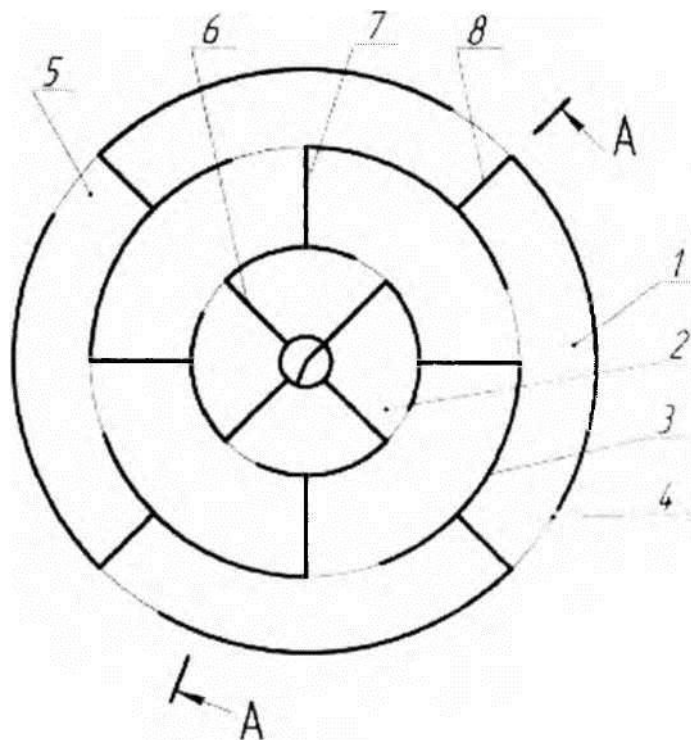
*a**б*

Рисунок 3.11 – Машини для розкидання мінеральних добрив
чеського виробництва: *a* – F 300 і F 500; *б* – RM 1-070

В Україні використовуються і інші марки машин для основного внесення мінеральних добрив – МВУ-8Б, 1РМГ-4Б, МВУ-0,5А, МКП-4 і інші. Останнім часом господарства використовують машини закордонного виробництва (рис. 3.7 – 3.11). Їх вибір визначають конкретні виробничі умови і технології внесення мінеральних добрив.

3.2 Патентний аналіз

Нами проведено патентний аналіз технічних рішень для внесення мінеральних добрив. Так з метою збільшення ширини розсіювання мінеральних добрив, підвищення рівномірності їх розподілу по поверхні ґрунту, при цьому не забиваючи міжлопатевого простір, розроблено відцентровий робочий орган для внесення сипучих матеріалів [11], який складається (рис. 3.12) з диска 1, що обертається, із закріпленими на ньому



концентричними направляючими ребрами 2, 3, 4 різної висоти з вирізами в

Рисунок 3.12 - Робочий орган [11], вид зверху

трьох місцях кожного з ребер. Ребра встановлені на різній відстані від центру обертання. Робоча поверхня 5 диска 1 виконана плоскою. Лопаті 6 розташовані між перетинками під кутом 120° , а лопаті 7 та 8 повернені відносно останніх на кут 60° .

Робочий орган працює наступним чином. Добрива подаються дозуючим апаратом на диск, що обертається, та концентричними направляючими ребрами і лопатями направляються на поверхню поля. З концентричних ребер різної висоти під кутом постановки до площини диска, добрива сходять на різних відстанях від осі обертання, з різними за величиною швидкостями та під різним кутом метання. Завдяки цьому потоки, що сходять з різних концентричних ребер не взаємодіють один з одним під час польоту. Для того, щоб проміжки між лопатями не забивались добривами, самі лопаті кожного з ребер повернуті один відносно одного, а ребра мають симетричні прозрізи, які дозволяють поступово просипатись добривам з одного ребра до наступного, більш віддаленого від центра, не забиваючи міжреберний та міжлопатевиий простір. За рахунок цього добрива на поверхні поля розташовуються секторами. Сектори накладаються один на один своїми граничними ділянками, за рахунок чого забезпечується рівномірне розподілення добрив по всій ширині зони їх розсіювання.

З метою підвищення рівномірності розподілу мінеральних добрив по поверхні ґрунту розроблено робочий орган відцентрового розкидача добрив [12], який складається (рис. 3.13, 3.14) з горизонтального променеподібного робочого елемента, промені якого виконані у вигляді лопаток та закріплені один над одним на одній осі з основними. Міжпроменева відстань відсутня, чотири промені, які перетинаються в центрі, мають різні кути нахилу до горизонту. Вони виконані в вигляді конусних жолобів з різними кутами, які повернені доверху.

Пристрій працює наступним чином. Добрива подаються дозуючим апаратом на променеподібний робочий елемент, що обертається. При подачі добрив на лопатки 1 верхнього ряду, певна частина добрив захоплюється ними, залежить від пропускної здатності верхнього робочого органу. Йде розподілення по робочій поверхні ґрунту. Наступна частина добрив потрапляє в зону дії другого променеподібного елемента 2, який розташовує цю кількість добрив. Це ж саме відбувається з добривами, які залишились і

потрапили на 3 та 4 лопатки.

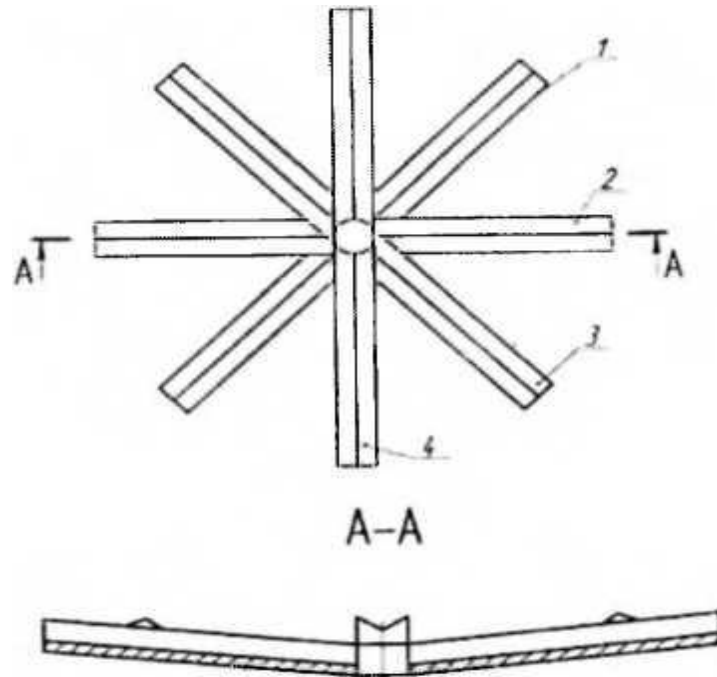


Рисунок 3.13 - Робочий орган [12], вид зверху і переріз А-А

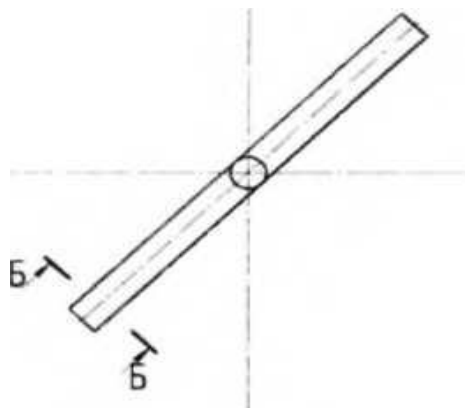


Рисунок 3.14 - Променеподібний робочий орган, вид зверху - розріз Б-Б

З метою збільшення ширини розсіювання мінеральних добрив, підвищення рівномірності їх розподілу по поверхні ґрунту розроблено робочий орган для розсіювання мінеральних добрив [13], який складається (рис. 3.15) з диска 1, що обертається, із закріпленими на ньому концентричними направляючими ребрами 2, 3, 4, певної висоти. Ребра встановлені на однаковій відстані від центру обертання під кутом 90° відносно напрямних лопатей 6. Робоча поверхня 7 диска 1 виконана

ПЛОСКОЮ.

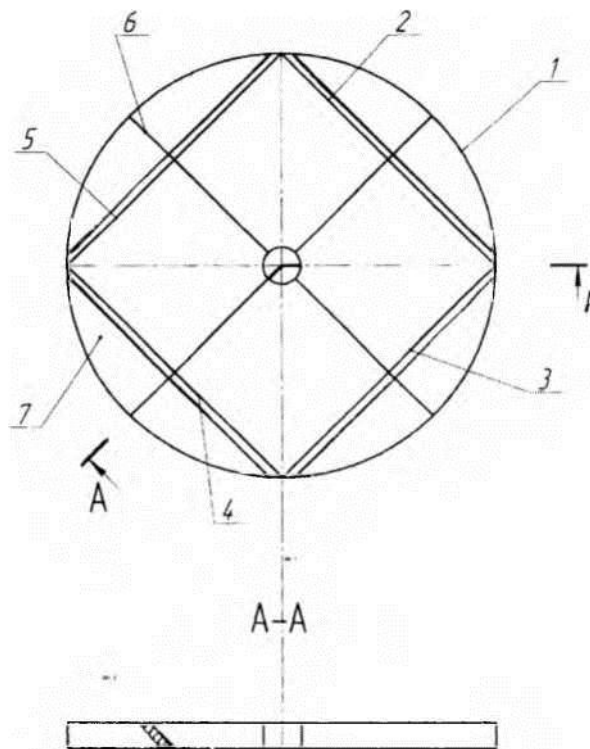


Рисунок 3.15 – Робочий орган [], вид зверху і переріз А-А

Пристрій працює наступним чином.

Добрива подаються дозуючим апаратом на диск, що обертається, та концентричними направляючими ребрами і лопатями направляються на поверхню поля. З концентричних ребер постійної висоти під кутом постановки до площини диска, добрива сходять на різних відстанях від осі обертання, з різними за величиною швидкостями. Завдяки цьому потоки, що сходять з різних концентричних ребер не взаємодіють один з одним під час польоту. Для того, щоб проміжки між концентричними ребрами не забивались добривами, вони встановлені перпендикулярно відносно лопатей та паралельно один одному. Ребра притримують робочу масу, яка сходить з диску та забезпечують різні швидкості її сходу з робочої поверхні органу за рахунок різних радіусів. За рахунок цього добрива на поверхні поля розташовуються секторами. Сектори накладаються один на один своїми граничними ділянками, в результаті чого забезпечується рівномірне

розподілення добрив по всій ширині зони їх розсіювання.

4 ОБГРУНТУВАННЯ І РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОГО РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

4.1 Обґрунтування актуальності вдосконалення машини

Ефективність внесення мінеральних добрив залежить від дотримання строків, доз і якості внесення добрив при правильній організації і повній механізації робіт.

Для підвищення якості внесення добрив стає все більш актуальним питання про створення нових, більш ефективних машин для внесення мінеральних добрив.

В даному дипломному проекті проводимо удосконалення базової машини РУМ-5. Удосконалення полягає в заміні серійного розкидаючого пристрою. Замість двох розкидальних дисків встановлюємо пневматичний пристрій, принцип дії якого оснований на інтенсивній подачі потоку повітря від вентилятора до розкидаючого пристрою.

Перевагою такого технічного рішення є рівномірне розподілення мінеральних добрив по полю. Конструктивна розробка вдосконаленої машини представлена на листах графічної частини проекту. Ця машина повинна, також, відповідати агротехнічним вимогам, які представлені в другому розділі розрахунково-пояснювальної записки.

Впровадження такої машини дозволяє підвищити ефективність використання мінеральних добрив, підвищити продуктивність змінного часу роботи машини.

При розрахунках параметрів удосконаленого розкидача мінеральних добрив використовуємо методики теоретичної та прикладної механіки та теорії сільськогосподарських машин.

4.2 Розрахунок параметрів і режиму роботи

4.2.1 Розрахунок основних параметрів бункера

Ємність бункера машини визначається з виразу:

$$V = \frac{G}{\gamma_{CP}} \quad (4.1)$$

де G – вантажопідйомність машини, $G = 6$ т;

$\gamma_{CP} = 1,15$ т/м³ - середня об'ємна маса добрив.

$$V = \frac{6}{1,15} = 5,24 \text{ м}^3$$

Приймаємо форму бункера розкидача в вигляді урізаної піраміди, як найбільш поширену на серійних машинах. Така форма зменшує зависання добрив в кутках бункера і знижує навантажувальну висоту машини. З метою усунення зависання добрив в бункері кут нахилу стінок бункера до горизонту має бути більшим кута природного укосу добрив, який дорівнює 40...45°. Приймаємо $\alpha = 50^\circ$.

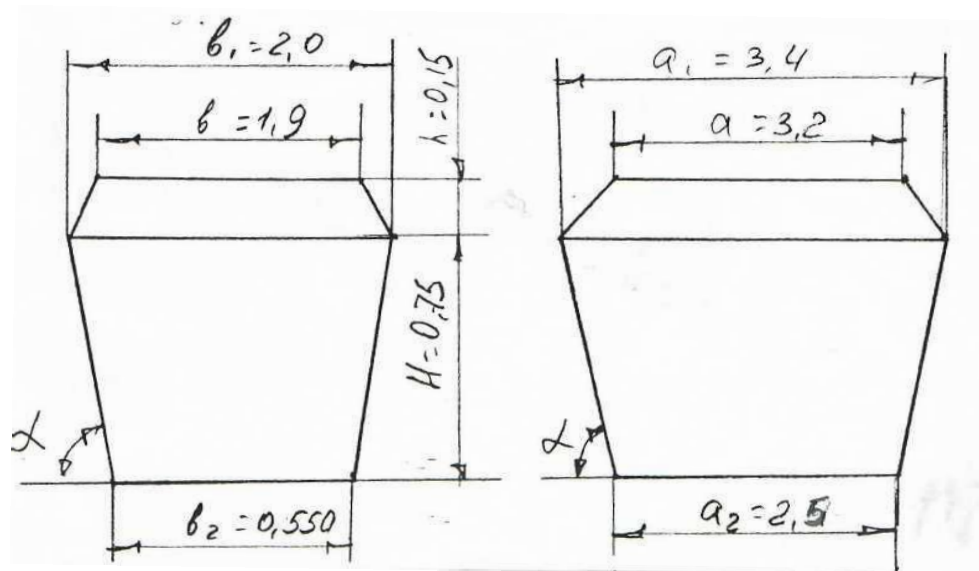


Рисунок 4.1 - Розрахункова схема бункера машини

Об'єм бункера визначаємо за формулою:

$$V = \frac{H}{6} [(2a + a_1)(b + b_1)] + \frac{h}{6} [(2a + a_2)(b + b_2)],$$

(4.2)

де H – висота бункера, м;

h – висота борта, м;

b_1 – найбільша ширина верхньої частини бункера, м;

b – ширина бортів, м;

b_2 – ширина нижньої частини бункера, м;

a_1 – довжина верхньої частини бункера, м;

a – довжина бортів, м;

a_2 – довжина нижньої частини бункера, м.

$$V = \frac{0,75}{6} [(2 \cdot 3,2 + 3,4)(1,9 + 2,0)] + \frac{0,15}{6} [(2 \cdot 3,2 + 2,5)(1,9 + 0,55)] = 5,31 \text{ м}^3$$

4.2.2 Вибір параметрів вентилятора

Оптимальними параметрами і режимами пневматичного апарата являються:

- діаметр пневмопроводу, $d = 0,2$ м;
- швидкість повітря в пневмопроводі, $V = 40$ м/с;

Розрахункові коефіцієнти:

- коефіцієнт розгону матеріала $\beta = 1,2$;
- коефіцієнт пневмотранспорту $\kappa = 1,3$.

Основою розрахунків пневмотранспортної системи є визначення оптимальних параметрів вентилятора, головним з яких є витрати повітря і тиск [10].

Витрати повітря розраховуються за формулою:

$$Q_B = V \frac{\pi d^2}{4} = 40 \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} = 1,26 \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.3)$$

Натиск, який створює вентилятор, повинен компенсувати втрати тиску на вихід аеросуміші в атмосферу. Втрати статичного тиску складаються з втрат при переміщенні чистого повітря (ділянка від перерізу I-I (рис.4.2) до IV-IV) і втрат при рухові аеросуміші (ділянка від перерізу IV-IV до VI-VI).

На рис. 4.2. зображено схему ділянки пневмопроводу, яка з'єднує вентилятор з найбільш віддаленою точкою розсіву.

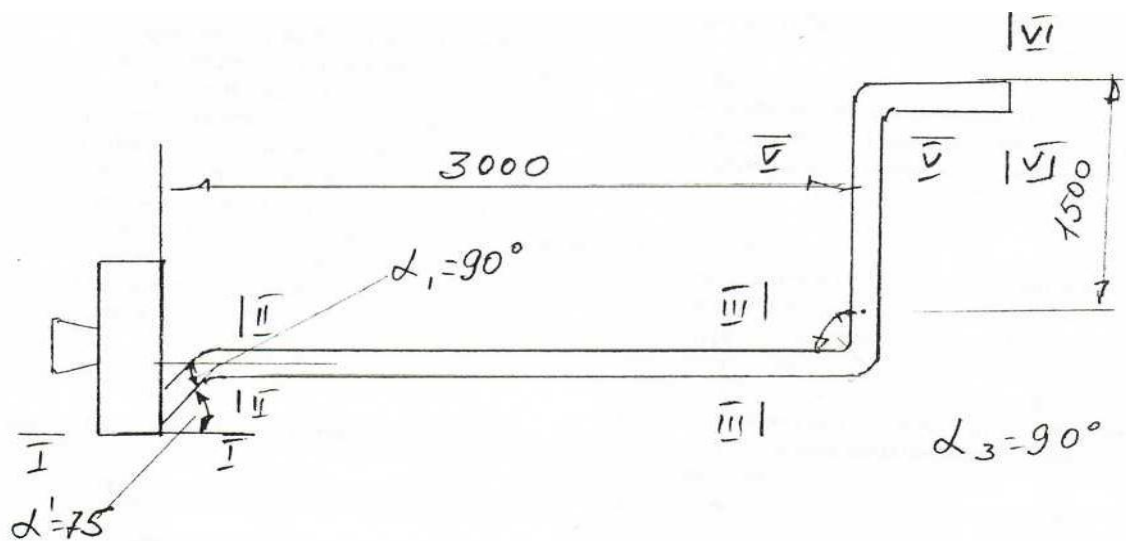


Рисунок 4.2 - Розрахункова схема пневмотраси

Розрахунок виконуємо для найбільш несприятливого випадку (дальньої ділянки виходу аеросуміші).

Визначаємо масову концентрацію аеросуміші при пневмотранспортуванні:

$$\mu = \frac{G_M}{G_B}, \quad (4.4)$$

де μ - масова витратна концентрація аеросуміші;

$G_M = 2,78$ кг/с - масова витратна концентрація матеріалу;

G_B - масова витратна концентрація повітря, кг/с.

$$G_B = Q_B \cdot \rho = 1,26 \cdot 1,2 = 1,51 \text{ кг/с} \quad (4.5)$$

де ρ - об'ємна маса повітря, кг/м³, $\rho = 1,2$ кг/м³.

Тоді:

$$\mu = \frac{2,78}{1,51} = 1,84$$

Втрати тиску ΔP_1 для чистого повітря дорівнюють:

$$\Delta P_1 = \sum \left(l \frac{\lambda}{D} + \sum_1^n \xi \right) \frac{\rho \cdot V_B^2}{2}, \quad (4.6)$$

де n – число ділянок пневмопроводу і місцевих опорів;

l – довжина ділянки від вентилятора до місця подачі матеріалу в пневмопровід м;

$\lambda = 0,02$ – коефіцієнт тертя повітря по металу;

$\xi = 1,45$ – коефіцієнт місцевих опорів.

$$\Delta P_1 = \left[(3+1) \frac{0,02}{0,2} + 1,45 \right] \frac{1,2 \cdot 40^2}{2} = 1776 \text{ Н/м}^2$$

Для ділянки пневмопроводу, де рухається суміш матеріалу з повітрям (від ІУ-ІУ до УІ-УІ), втрати тиску складаються з втрат тиску на розгін матеріалу, на переміщення аеросуміші і на вихід потоку з пневмопроводу в атмосферу.

Втрати тиску на розгін матеріалу визначаються з виразу:

$$\Delta P_2 = \beta \cdot \mu \frac{P_B \cdot V_B^2}{2 \cdot \eta_p} \quad (4.7)$$

де η_p - коефіцієнт корисної дії ежекторного приймального в місці введення матеріалу;

β - коефіцієнт опору в місці введення матеріалу.

$$\Delta P_2 = 1,2 \cdot 1,84 \frac{1,2 \cdot 40^2}{2 \cdot 0,6} = 3533 \text{ Н/м}^2$$

Втрати тиску на переміщення аеросуміші по пневмопроводу будуть дорівнювати:

$$\Delta P_3 = (1 + K \cdot \mu) l \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{\rho_B V_B^2}{2} \quad (4.8)$$

де K – коефіцієнт переміщення аеросуміші;

D – діаметр пневмопроводу, м.

$$\Delta P_3 = (1 + 1,3 \cdot 1,84) \cdot 4 \cdot \frac{0,02}{0,2} \cdot \frac{1,2 \cdot 40^2}{2} = 1302 \text{ Н/м}^2$$

Втрати тиску на вихід потоку в атмосферу дорівнює динамічному напору в вихідному перерізі:

$$\Delta P_4 = \frac{\rho_B \cdot V_B^2}{2} \quad (4.9)$$

$$\Delta P_4 = \frac{1,2 \cdot 40^2}{2} = 960 \text{ Н/м}^2$$

Сумарні втрати будуть дорівнювати:

$$P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 \quad (4.10)$$

$$P = 1776 + 3533 + 1302 + 960 = 7571 \text{ Н/м}^2$$

По отриманому значенню тиску і витратам повітря вибираємо вентилятор ОТН-186 № 8, який працює в режимі: $n = 3000 \text{ хв}^{-1}$, ККД - $\eta_{\text{всн}} = 0,7$.

Потужність, яка необхідна вентилятору, дорівнює:

$$N = \frac{G_B \cdot P}{100 \cdot \eta_{BEN}} \quad (4.11)$$

$$N = \frac{151 \cdot 7571}{100 \cdot 0,7} = 16300 \text{ Вт} = 16,3 \text{ кВт}$$

Проводимо розрахунок приводу вентилятора. Для приводу вентилятора приймаємо наступну кінематичну схему (рис. 4.3).

Вентилятор приводиться в рух від ВВП трактора через клинопасову передачу, проміжний вал, редуктор з певним передаточним відношенням, клинопасову передачу.

Виходячи з технологічного розрахунку частота обертання ротора вентилятора становить $n = 3000 \text{ хв}^{-1}$ і частота обертання ВВП трактора $n = 1050 \text{ хв}^{-1}$.

Виходячи з конструктивних міркувань приймаємо проміжну клинопасову передачу з передаточним числом $i = 1$, а редуктор – з передаточним числом $i = 1$. Необхідне передаточне число всього приводу вентилятора буде становити:

$$i = \frac{3000}{1050} = 2,86$$

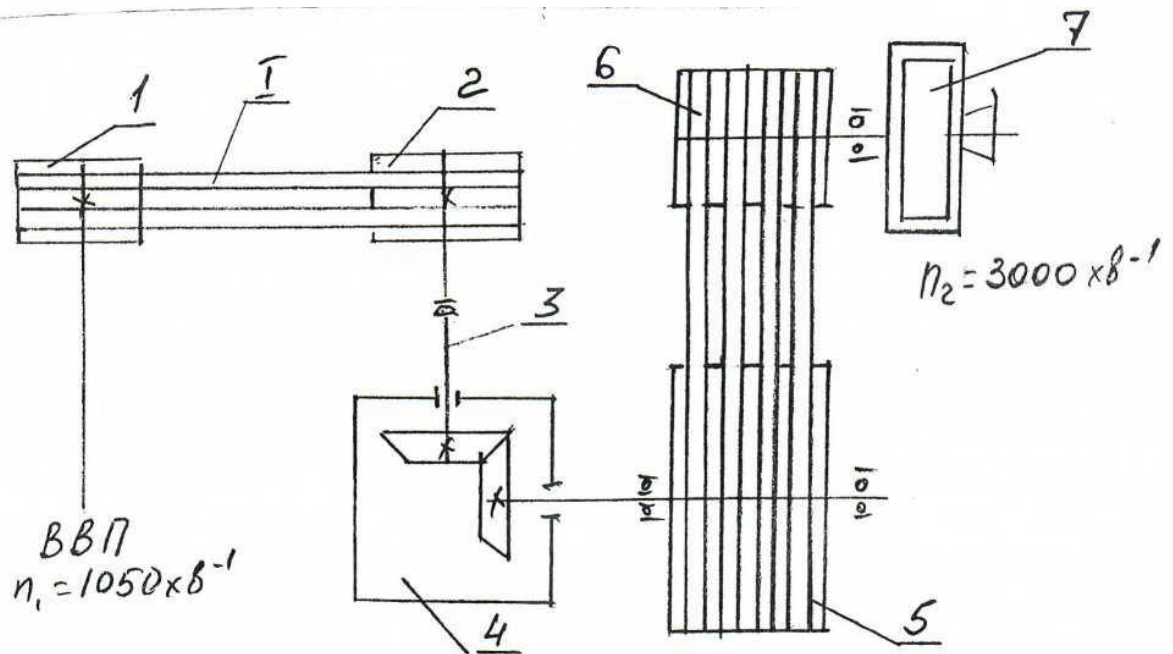


Рисунок 4.3 - Схема приводу вентилятора: 1- ведучий шків;
2 - відомий шків; 3 – проміжний вал; 4 – редуктор; 5 – ведучий
шків; 6 – відомий шків; 7 – вентилятор

Тоді передаточне відношення другої клинопасової передачі повинно бути $i = 2,86$. Приймаємо діаметр відомого шківа ротора вентилятора $d_1 = 100$ мм. Визначаємо діаметр ведучого шківа:

$$d_2 = d_1 \cdot i(1 - \varepsilon) \quad (4.12)$$

$$d_2 = 100 \cdot 2,86 (1 - 0,02) = 228,8 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_2 = 230$ мм.

Враховуючи передаточне відношення ($i = 2,86$) і оберти вала вентилятора ($n = 3000 \text{ хв}^{-1}$), приймаємо передачу приводу вентилятора через клиновий пас.

Виходячи з потужності, яка передається на валу вентилятора (4,62 кВт) приймаємо клиновий пас типу Б. Діаметр меншого (відомого шківа) $d = 100$ мм. Тоді лінійна швидкість паса буде дорівнювати:

$$V = \omega \cdot R = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} \quad (4.13)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,1 \cdot 3000}{60} = 15,7 \text{ м/с}$$

При такій лінійній швидкості один пас може передати близько 1,5 кВт. Значить необхідна кількість пасів повинна бути:

$$m = \frac{4,62}{1,5} = 3,1$$

Приймаємо для надійності 4 паси.

4.2.3 Розрахунок проміжної ланцюгової передачі

На працездатність ланцюга в більшій мірі впливає частота ударів його ланок. За один обхід ланцюга по контуру кожна ланка ланцюга піддається ударам чотири рази [11].

Два удари приходяться на зуби ведучої і відомої зірочки в момент входження у впадину зуба і два удари як результат центрального удару послідуєчої ланки, яка входить в зчеплення з зубами зірочок.

Найбільшого значення досягає удар ланки по зубу ведучої зірочки з боку ведучої вітки. Кількість ударів ланки в секунду визначаємо за формулою:

$$v = \frac{2z_1 \cdot \omega_1}{\pi \cdot L_t} \quad (4.14)$$

де $z_1 = 12$ – кількість зубів на ведучій зірочці;

$\omega_1 = 0,93 \text{ с}^{-1}$ – окружна швидкість зірочки;

$L_t = 120 \text{ мм}$ – довжина ланцюга.

Кількість допустимого числа ударів ланки ланцюга в секунду визначається в залежності від шагу ланцюга. Для шагу 25,4 мм [v] відповідає 30 ударам

$$v = \frac{2 \cdot 12 \cdot 0,93}{3,14 \cdot 120} = 0,3 \leq 30,$$

тобто умова $v \leq [v]$ виконується.

Визначаємо сили, які діють в вітках ланцюга і сили тиску на вали.

Окружна сила

$$F_t = \frac{1000 \cdot P}{V} \quad (4.15)$$

де $P = 0,4$ кВт – потужність, яка передається передачею;

$V = 0,08$ м/с – швидкість руху ланцюга.

$$F_t = \frac{1000 \cdot 0,4}{0,08} = 5500 \text{ Н.}$$

Визначаємо силу натягу ланцюга від провисання:

$$F_g = K_f \cdot g \cdot a \cdot q, \quad (4.16)$$

де K_f – коефіцієнт провідності, який вибирається в залежності від кута нахилу ланцюга до горизонту. Приймаємо $K_f = 2$;

$q = 2,6$ кг/м погонна маса ланцюга;

a – міжосьова відстань.

$$F_g = 2 \cdot 2,6 \cdot 0,68 \cdot 9,8 = 34,3 \text{ Н}$$

Сила натягу ланцюга від відцентрових сил дорівнює:

$$F_{\text{ц}} = q \cdot V^2 = 2,6 \cdot 0,08^2 = 0,01 \text{ Н} \quad (4.17)$$

Визначаємо загальне зусилля в ведучій вітці ланцюга:

$$F_3 = F_t \cdot K + F_g + F_{\text{ц}} \quad (4.18)$$

$$F_3 = 5500 \cdot 1,25 + 34,3 + 0,01 = 6634,31 \text{ Н}$$

Загальне зусилля в відомій вітці ланцюга дорівнює:

$$F_{\text{зар2}} = F_g + F_{\text{ц}} \quad (4.19)$$

$$F_{\text{зар2}} = 34,3 + 0,01 = 34,31 \text{ Н}$$

Сили, які діють на вали ведучої і відомої зірочки:

$$F_{10} = F_t \cdot K_D + 2F_g, \quad (4.20)$$

де K_D - динамічний коефіцієнт.

$$F_{10} = 5500 \cdot 1,25 + 2 \cdot 34,3 = 6668,6 \text{ Н}$$

Схема сил зображена на рис. 4.4. Перевірка ланцюга по питомому тиску в шарнірах проводиться по формулі:

$$P = \frac{F_t \cdot K_E}{\rho \cdot m_p \cdot 10^2} \leq [P] \quad (4.21)$$

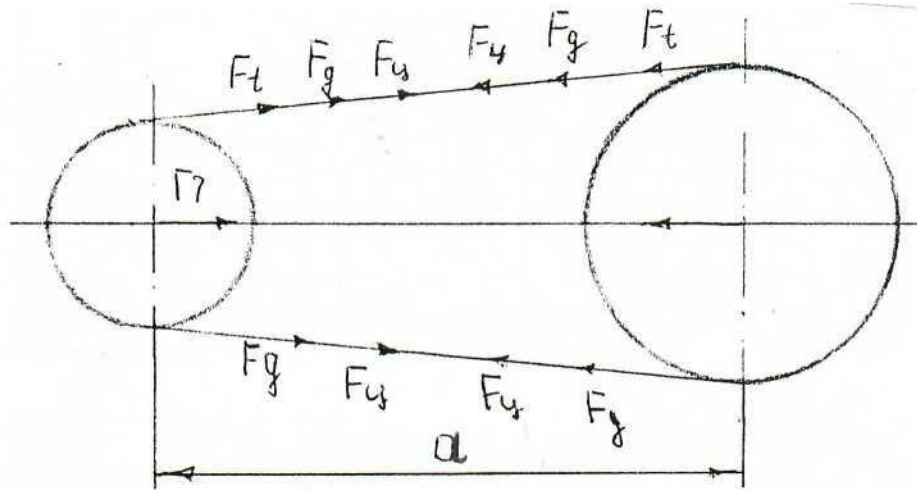


Рисунок 4.4 - Схема сил в ланцюговій передачі

де $\rho = 1,79 \text{ см}^2$ – проекція опорної поверхні шарнірна однорядного ланцюга;

[P] – допустимий питомий тиск в шарнірах ланцюга.

$$P = \frac{5500 \cdot 14}{1,79 \cdot 1 \cdot 10^2} = 36$$

Перевантаження становить 3 %, що допускається (до 5 %). Запас міцності ланцюга визначаємо за формулою:

$$S = \frac{Q}{P_{31}} \geq [S] \quad (4.22)$$

де [S] – додатковий запас міцності ланцюга;

Q = 60 кН – руйнуюче навантаження для ланцюга.

$$S = \frac{60}{6,634} = 10$$

Це значення задовольняє умову. Значить вибраний нами ланцюг підходить для даних умов роботи.

4.2.4 Розрахунок вала на міцність

Значення сил, які діють на шестерню, визначаємо за формулами [12]:

$$(4.23) \quad T_M = P_M \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \varphi_M$$

$$(4.24) \quad P_{o.c} = P_M \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \varphi_M$$

$$(4.25) \quad P_M = \frac{2 \cdot 716200 \cdot N}{d_{CP} \cdot n_M}$$

де T_M – радіальна сила;

$P_{o.c}$ – осьова сила;

P_M – окружна сила;

$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 20^\circ = 0,364$ – кут евольвентного зчеплення;

φ_M – кут при вершині початкового конуса шестерні:

$$\varphi_M = \operatorname{arctg} \frac{1}{i} \quad (4.26)$$

$i = 1$ – передаточне число редуктора;

$$\varphi_M = \operatorname{arctg} \frac{1}{1} = 45^\circ;$$

N – потужність, яку передає редуктор;

$d_{CP} = 80$ мм – середній діаметр шестерні;

$n_{III} = 1050$ – число обертів вала шестерні.

$$P_{III} = \frac{2 \cdot 716200 \cdot 7}{80 \cdot 1050} = 1200 \text{ Н}$$

$$T_{III} = 1200 \cdot \operatorname{tg} 20^{\circ} \cdot \cos 45^{\circ} = 302,4 \text{ Н}$$

$$P_{OC} = 1200 \cdot \operatorname{tg} 20^{\circ} \cdot \sin 45^{\circ} = 302,4 \text{ Н}$$

Визначаємо реакції в опорах

а). Фронтальна площина:

$$\sum M_B = b \cdot R_A^{\phi} - \frac{d_{CP}}{2} \cdot P_{OC} + (a+b)T_{III} = 0$$

$$\sum M_A = -b \cdot R_B^{\phi} + a \cdot T_{III} - \frac{d_{CP}}{2} \cdot P_{OC} = 0$$

$$R_A^{\phi} = \frac{\frac{d_{CP}}{2} \cdot P_{OC} - (a+b)T_{III}}{b} = \frac{\frac{0,08}{2} \cdot 302,4 - (0,06 + 0,1) \cdot 302,4}{0,1} = -362,8 \text{ Н}$$

$$R_B^{\phi} = \frac{a \cdot T_{III} - \frac{d_{CP}}{2} \cdot P_{OC}}{b} = \frac{0,06 \cdot 302,4 - \frac{0,08}{2} \cdot 302,4}{0,1} = 60,4 \text{ Н}$$

Перевірка:

$$R_B^{\phi} + R_A^{\phi} + T_{III} = 60,4 - 362,8 + 302,4 = 0$$

б). Горизонтальна площина:

$$\sum M_A = -a \cdot P_{III} - b \cdot R_B^{\Gamma} = 0$$

$$\sum M_B = -(a+b) \cdot P_{III} + b \cdot R_A^{\Gamma}$$

$$R_B^{\Gamma} = \frac{-a \cdot P_{III}}{b} = \frac{-0,06 \cdot 1200}{0,1} = -720 \text{ Н}$$

$$R_A^r = \frac{(a+b) \cdot P_{III}}{b} = \frac{(0,06+0,01) \cdot 1200}{0,1} = 1920 \text{ Н}$$

Перевірка:

$$R_B^r + R_A^r - P_{III} = -720 + 1920 - 1200 = 0$$

Визначаємо результуючі реакції в опорах:

$$R_A = \sqrt{(R_A^\phi)^2 + (R_A^r)^2} = \sqrt{(-362,8)^2 + 1920^2} = 2236,6 \text{ Н}$$

$$R_B = \sqrt{(R_B^\phi)^2 + (R_B^r)^2} = \sqrt{60,4^2 + (-720)^2} = 722,5 \text{ Н}$$

Визначаємо згинаючі моменти:

$$M_C^\phi = \frac{d_{CP}}{2} \cdot P_{OC} = 0,04 \cdot 302,4 = 12,1 \text{ Н}$$

$$M_A^\phi = a \cdot T_{III} - \frac{d_{CP}}{2} \cdot P_{OC} = 0,06 \cdot 302,4 - 0,04 \cdot 302,4 = 60,5 \text{ Н}$$

$$M_A^r = a \cdot P_{III} = 0,06 \cdot 1200 = 72,0 \text{ Н}$$

Як видно з рис. 4.5, самий більший сумарний згинаючий момент буде в опорі А.

Фронтальна площа:

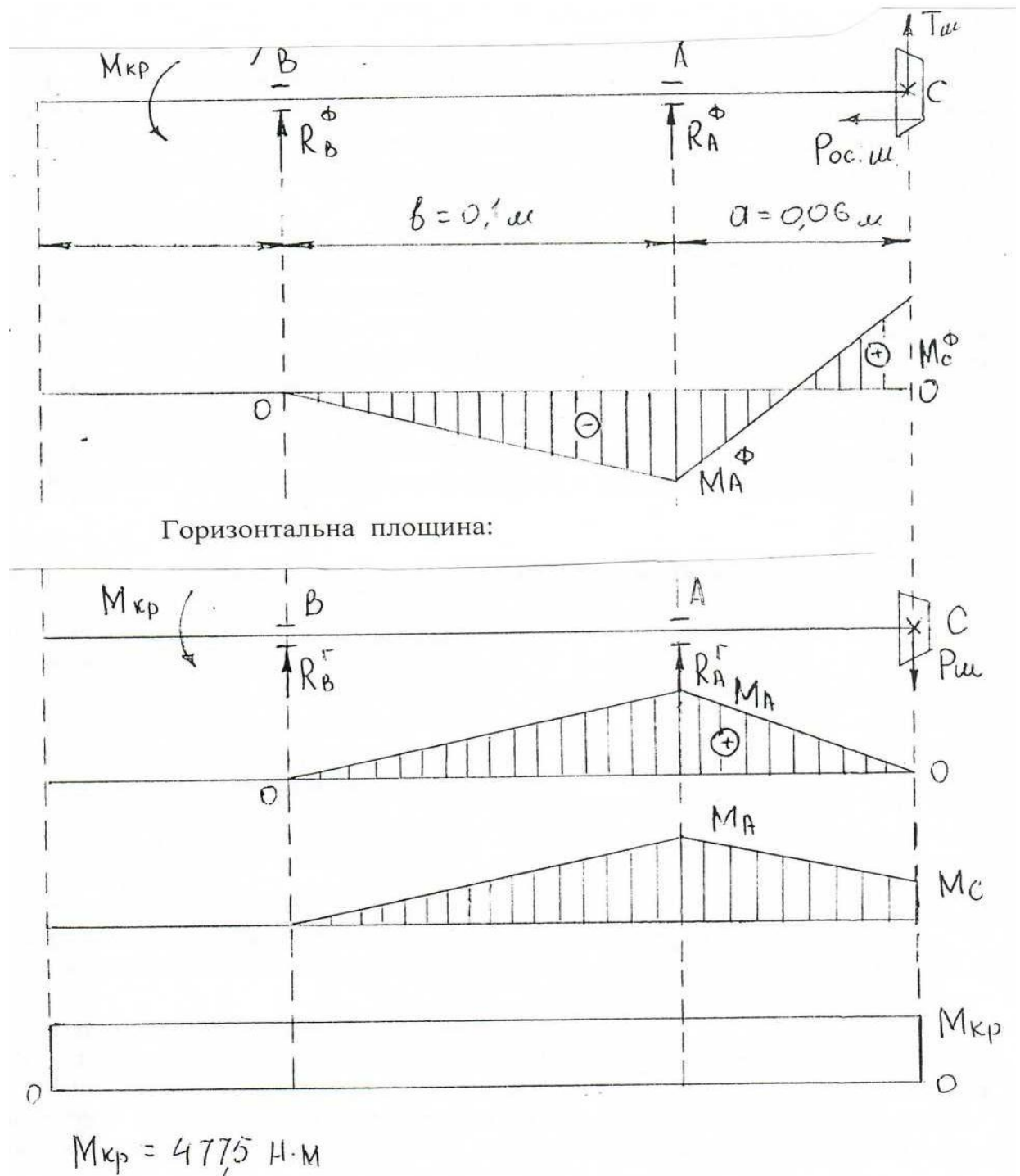


Рисунок 4.5 - Схема сил і реакцій, які діють на вал

$$M_{з.с.} = \sqrt{(M_A^\phi)^2 + (M_A^\Gamma)^2} = \sqrt{60,5^2 + 12,1^2} = 61,7 \text{ Н}$$

$$M_{екв} = \sqrt{M_{з.с.}^2 + 0,75(\alpha \cdot M_{кр})^2} \quad (4.27)$$

де $M_{екв}$ – еквівалентний момент в перетині вала, Н·М;

$M_{з.с.}$ – згинаючий сумарний момент, Н·м.

$\alpha = 1$ – коефіцієнт, який враховує характер зміни напружень.

$$M_{кр} = 71620 \frac{N}{n} \quad (4.28)$$

$M_{кр}$ – крутний момент, який передається валом.

$$M_{кр} = 71620 \frac{7}{1050} = 477,5 \text{ Н·м}$$

$$M_{екв} = \sqrt{61,7^2 + 0,75(1 \cdot 477,5)^2} = 418 \text{ Н·м}$$

Діаметр вала в небезпечному перетині визначається за формулою:

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{M_{екв}}{0,1[G]_{32}}} \quad (4.29)$$

де $[G]_{32} = \frac{\sigma_{-1}}{n}$ - допустиме напруження для матеріалу вала, кг/см²;

σ_{-1} - межа витримки при згині;

$n = 1,4 \dots 1,5$ – запас міцності.

$$[G]_{32} = \frac{4810}{1,5} = 3210 \text{ кг/см}^2.$$

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{418}{0,1 \cdot 3210}} = 1,14 \text{ см} = 11,4 \text{ мм}$$

З врахуванням сил, які розтягують вал, по ГОСТ 6636-53 приймаємо $d = 15$ мм.

Враховуючи, що на підшипники діють радіальне і осьове навантаження, приймаємо радіально-упорний підшипник. Для них коефіцієнт працездатності буде становити:

$$C = Q(n \cdot h)^{0,3}, \quad (4.30)$$

де Q – умовне навантаження на підшипник;

$n = 1050 \text{ хв}^{-1}$ – число обертів внутрішнього кільця підшипника;

$h = 2500 \text{ год.}$ – довговічність роботи підшипника.

$$Q = (R_A \cdot K_K + m \cdot P_{OC}) K_V \cdot K_T \quad (4.31)$$

$R_A = 2236,6 \text{ Н}$ – радіальне навантаження;

P_{OC} – осьова сила, яку сприймає даний підшипник, Н;

$n_l = 1,5$ – коефіцієнт приведення осьового навантаження до радіального;

$K_V = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує характер навантаження;

$K_m = 1,0$ – температурний коефіцієнт;

$K_K = 1$ – кінематичний коефіцієнт, який враховує час обертання внутрішнього кільця підшипника і вплив на його довговічність [13].

$$P_{OC} = P_{OCш} + P_{OCд} \quad (4.32)$$

$$Q = (2236,6 \cdot 1 + 1,5 \cdot 452,4) \cdot 1,2 \cdot 1 = 3498 \text{ Н}$$

$$C = 349,8 (1050 \cdot 2500)^{0,3} = 29482 \text{ Н}$$

Приймаємо підшипник кочення легкої серії № 7202.

4.3 Описання розробленої машини. ТО машини

Принцип роботи машини полягає в наступному. З початком руху машини завантажені в кузов добрива подаються транспортером через дозуючу заслінку в туконепрямник, де вони підхоплюються повітряним потоком, який створює вентилятор, і подаються в труби для розкидання.

З труб добрива в вигляді аеросуміші поступають на відбивачі, які рівномірно розподіляють їх по поверхні ґрунту.

Привід вентилятора виконується від ВВП трактора з частотою обертання 1050 хв^{-1} , через вали трансмісії, клинопасові передачі і редуктори.

Транспортер приводиться в дію від правого заднього колеса машини, через вал, внутрішньо вузловий телескопічний карданний вал, механізм включення транспортера, ланцюгові передачі, які дозволяють отримати дві швидкості руху транспортера шляхом перестановки ланцюгів.

Таке конструктивне виконання приводу транспортера дозволяє отримати дози внесення добрив, які не залежать від швидкості руху агрегату. Для отримання необхідної дози внесення добрив на задньому борту машини є дозуюча заслінка шибєрного типу, керування якою здійснюється штурвалом, розташованим на лівому боці машини.

Керування робочими органами машини здійснюється з робочого місця тракториста. Контроль за роботою машини тракторист виконує візуально за допомогою дзеркала заднього виду трактора.

Технічне обслуговування (ТО) машини проводиться в відповідності з ГОСТ 20793-81 “Трактори і сільськогосподарські машини”. В залежності від умов експлуатації допускається відхилення на 10% від встановленої наробітки.

При обслуговуванні і експлуатації необхідно суворо дотримуватись вимог техніки безпеки. До обслуговування машини допускаються особи, які

пройшли спеціальну підготовку. Обслуговування повинно проводитися тільки в спецодязі.

Категорично забороняється перенавантажувати причіп поверх встановленої вантажопідйомності і для даного типу трактора.

В И С Н О В О К

Проведені розрахунки дали можливість визначити основні параметри вдосконаленого розкидача мінеральних добрив і режими його роботи. Ці дані використані при розробці конструкції вузлів і деталей машини, системи приводу робочих органів.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Правила зберігання мінеральних добрив

5.1. Склади мінеральних добрив повинні бути побудовані за проектами, розробленими в відповідності з діючими нормами проектування.

5.2. На території складів мінеральних добрив категорично забороняється зберігання мінеральних кормів, фуражу і т. ін.

5.3. сипучі мінеральні добрива постачаються на склади в затареному вигляді (паперові, поліетиленові мішки) і в розсипному виді.

5.4. При отриманні добрив на склади і відпусканні користувачу повинні видаватися сертифікати або паспорти з відділу технічного контролю заводу- виробника. Разом з технічною характеристикою продукції в сертифікатах повинні міститися правила безпеки при перевезенні, зберіганні і застосуванні мінеральних добрив, правила очищення і дегазації транспортних засобів, тари і машин, рекомендації по використанню засобів індивідуального захисту і спецодягу і інші рекомендації по безпеці роботи.

При закупці закордонних мінеральних добрив організація, яка закупляє ці добрива, повинна забезпечити переклад сертифікатів і інструкцій для користувачів.

5.5. Забороняється прийом на склади і видача зі складів мінеральних добрив в тарі і агрегатному стані, які не відповідають вимогам ГОСТ і технічним умовам.

5.6. На складах необхідно обладнати достатню кількість стелажів для складування затарених мінеральних добрив.

5.7. На місцях зберігання аміаку, підготовки розчинів, перекачування і заправки автоцистерн повинні бути встановлені водопровідні крани.

5.8. Під час навантажувально-розвантажувальних робіт, пов'язаних з інтенсивним фізичним навантаженням, при роботі в протигазах, також при роботі в зимовий період на відкритому повітрі і в неопалюваних приміщеннях складу, робочим надаються перерви для відпочинку і зігрівання згідно існуючому положенню.

5.9. Перед початком робіт повинно бути проведено наскрізне провітрювання всіх приміщень

5.2 Заходи безпеки при транспортуванні і внесенні мінеральних добрив

5.10. Транспортні засоби, які використовуються для перевезення мінеральних добрив, повинні мати кузови і ємності без можливості розсипання і розливання мінеральних добрив. При транспортуванні незатарених сипучих мінеральних добрив кузова автомашин і причепів повинні закриватися брезентом для запобігання пилоутворення.

5.11. Забороняється перевезення людей, харчових продуктів, питної води і предметів домашнього вжитку разом з мінеральними добривами.

5.12. Перевезення рідких мінеральних добрив (аміачної води і ін.) повинна проводитися в цистернах заводського виготовлення. Насоси, штуцери, крани і інші деталі, які взаємодіють з аміаком, повинні бути з матеріалу, стійкого до агресивної дії аміаку.

5.13. Запірні пристрої (вентилі, крани) на цистернах слід відкривати повільно, без ривків і ударів металевими предметами. Для запобігання заклинення клапанів вентилів забороняється тримати їх в відкритому положенні.

5.14. Не рекомендується закривати вентиля з обох кінців шлангів і трубопроводів, в яких знаходиться водний аміак, так як це може привести до їх розриву і витоку аміаку.

5.15. Зовнішні поверхні цистерн і інших ємностей для перевезення і зберігання рідких мінеральних добрив повинні мати смуги і надписи, що відрізняються на загальному фоні поверхні.

5.16. Забороняється проводити роботи в нічний час, які зв'язані з транспортуванням, виготовленням розчинів і внесенням в ґрунт рідкого аміаку.

5.17. Після роботи по перевезенню мінеральних добрив кузова транспортних засобів повинні бути очищені від залишків добрив і промиті під тиском зі шлангу. Ємності, трубопроводи, крани і ін. Промиваються гарячою водою або парою і залишаються відкритими до повного висихання.

5.18. Завантаження мінеральних добрив в транспортні засоби і машини повинне проводитися, як правило, механізованим способом.

5.19. При ручній заправці агрегату тара, яка застосовується для завантаження бункерів і інших ємностей, не повинна вмщати більше 10 кг мінеральних добрив.

5.20. При механізованому завантаженні мінеральних добрив в бункери літаків маса мішків з робочими сумішами не повинна перевищувати 20 кг.

5.21. Кришки бункерів, банок тукових сівалок, насінневих ящиків і т.п. повинні щільно закриватися і фіксуватися в закритому і відкритому положенні.

5.22. Роботи по приготуванню, розведенню і змішуванню рідких мінеральних добрив дозволяється проводити тільки з використанням спеціальної апаратури і індивідуальних засобів захисту.

5.23. Внесення рідких мінеральних добрив в ґрунт повинно виконуватися тільки за допомогою спеціальних машин, які знаходяться в справному технічному стані.

5.24. Перед початком роботи по внесенню рідких мінеральних добрив ємності, трубопроводи, шланги, крани, форсунки, насоси і інші деталі машин повинні бути ретельно очищені, промиті і перевірені на герметичність чистою водою.

5.25. Всі операції по заправці машин рідкими мінеральними добривами повинні проводитися по закритій герметичній системі трубопроводів.

5.26. При внесенні мінеральних добрив в ґрунт слід використовувати трактори зі справними кабінами і машини, які відповідають вимогам “Санітарних правил по будові тракторів, самохідних шасі, сільськогосподарських машин, навісних і причіпних знарядь”.

5.27. При забрудненні трубопроводів, кранів, форсунок, наконечників і т.п. очистка їх дозволяється лише при повній зупинці агрегату. Очищення трубопроводів, форсунок і іншої арматури слід проводити спеціальними чистиками і ручними насосами. Категорично забороняється продування ротом комунікацій, форсунок, кранів і ін.

5.28. При одночасному застосуванні мінеральних добрив з отрутохімікатами слід дотримуватись правил, які передбачені в “Санітарних правилах по зберіганню, транспортуванню і застосуванню пестицидів”.

5.29. Тара з-під сипучих мінеральних добрив повинна бути очищена від залишків і повернена на склад. Миття тари повинно виконуватися на спеціальних площадках для миття.

5.30. Тара, яка знаходиться в обігу на складі, може використовуватися лише для зберігання і перевезення мінеральних добрив.

5.31. Паперова тара з-під мінеральних добрив, яка стала непридатною для подальшого використання, повинна знищуватися (спалюватися) на спеціальних площадках.

5.32. Тара скляна і металева з-під мінеральних добрив в господарстві повинна збиратися в спеціально відведене місце, потім, після попереднього механічного очищення, збиратися для відвезення на заводи-постачальники.

5.33. Після закінчення робіт всі площадки, машини (банки, ящики, тукопроводи і т.п.), знаряддя повинні бути звільнені від залишків мінеральних добрив, очищені і промиті водою під тиском з шлангів.

5.34. На машинах для внесення в ґрунт мінеральних рідких добрив цистерни, баки, трубопроводи, крани і т. п., повинні промиватися гарячою водою або парою. Очищення і миття машин і знарядь повинно проводитися на площадках для миття.

5.35. Машини і знаряддя, які використовуються для робіт з мінеральними добривами, повинні зберігатися в спеціально відведених місцях.

5.36. Залишки добрив повинні бути прибрані з полів і повернені на склад.

5.37. Після закінчення робіт з мінеральними добривами спецодяг і індивідуальні засоби захисту повинні бути очищені, промиті і передані на склад.

5.38. При всіх видах робіт з мінеральними добривами не повинні допускатися порушення виробничого процесу, необхідно суворо дотримуватись всіх правил безпеки і гігієни праці.

5.39. При роботі з мінеральними добривами працівники повинні забезпечуватися спецодягом і індивідуальними захисними засобами згідно існуючих нормативів.

З особами, які постійно працюють з мінеральними добривами, а також при отриманні нових видів добрив і нової техніки, повинен проводитись ввідний інструктаж з профілактики професійних отруєвань і захворювань і наданні долікарської допомоги.

5.40. Особи, які працюють з мінеральними добривами, повинні регулярно проходити медичний огляд.

5.41. На складах, площадках і інших місцях, де масово працюють з добривами, на видних місцях повинні бути вивішені інструкції і правила з безпеки робіт і наданні першої допомоги при нещасних випадках.

5.42. На складах і інших місцях масових робіт з мінеральними добривами повинні бути встановлені умивальники з милом, бачки для питної води і аптечки з набором необхідних медикаментів.

5.43. При експлуатації удосконаленої машини РУМ-5 категорично

забороняється:

- перевозити людей в кузові машини;
- присутність людей в зоні працюючої машини (25 м);
- працювати без засобів індивідуального захисту;
- працювати з несправною гальмівною системою і світловою сигналізацією;
- працювати без пристосування для рівномірного розвантажування кузова;
- проводити обслуговування і ремонт машини з працюючим двигуном трактора;
- проводити поворот трактора відносно машини більше 60° ;
- працювати без страхового ланцюга;
- експлуатувати машину при 1000 хв^{-1} ВВП трактора.

При експлуатації удосконаленого розкидача мінеральних добрив необхідно пам'ятати, що:

- зчіпка машини проводиться тільки з гідрокрюком трактора;
- попадання каменю, валунів і інших сторонніх предметів в кузов машини приводить до передчасного виходу її з строю;
- перед зрушенням з місця необхідно впевнитися в відсутності людей біля машини;
- робота без пристосування для рівномірного розвантаження кузова машини може привести до аварії;

- завантаження кузова необхідно починати з передньої його частини;
- поворот трактора відносно машини більше 60° може привести до злому карданного вала;
- заміна коліс, регулювання підшипників, гальма слід проводити при встановлених під балансири запобіжних підставках (козлах) і клинах під колесами;
- всі захисні кожухи і щитки повинні бути встановлені на місці.

6 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЕКТУ

Розрахунки економічної ефективності удосконаленої машини проводимо в порівнянні з серійною машиною для внесення мінеральних добрив РУМ-5. Вихідні дані для проведення розрахунків представлені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності проекту

Назва показників	Базова машина РУМ-5	Удосконалена машина
1. Продуктивність, га/год.	7,0	10,8
2. Питомі витрати палива, кг/га	1,56	1,01
3. Ціна машини, грн..	237500	240000
4. Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1

Затрати праці на внесенні мінеральних добрив визначаються за формулою:

$$N = \frac{m}{W_{\text{год}}}, \quad (6.1)$$

де m – кількість обслуговуючого персоналу, чол.;

$W_{\text{год}}$ – продуктивність агрегату за годину.

Для базової машини затрати праці будуть становити:

$$H_6 = \frac{1}{7,0} = 0,4 \text{ люд.год/га}$$

При використанні розробленого агрегату для внесення мінеральних добрив затрати праці будуть становити:

$$H_p = \frac{1}{10,8} = 0,09 \text{ люд.год/га}$$

Зниження затрат праці при впровадженні розробки будуть становити:

$$H_z = H_6 - H_p = 0,4 - 0,09 = 0,31 \text{ люд.год/га}$$

(6.2)

На площі впровадження в господарстві 100 га економія затрат праці буде становити 31 люд./год.

Прямі експлуатаційні затрати на внесенні мінеральних добрив визначаються за формулою:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{\text{пмм}}, \quad (6.3)$$

де C_o – затрати на оплату праці з нарахуваннями, грн./га;

C_a – амортизаційні підрахунки, грн./га;

C_p – затрати на ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

$C_{\text{пмм}}$ – затрати на паливо-мастильні матеріали.

Оплата праці механізатору, який працює на базовому агрегаті проводиться за 5 розрядом тарифної сітки і становить 282,6 грн./зміну з урахуванням останнього збільшення заробітної плати. За один гектар внесення мінеральних добрив оплата праці визначається рівнянням:

$$C_{0.1} = \frac{C_T}{W_{3M}}, \quad (6.4)$$

де C_T – оплата праці за тарифною сіткою.

Для механізатора, який працює на базовому агрегаті, оплата праці за 1 га обробленої (внесення мінеральних добрив шляхом розкидання по поверхні поля) площі становить:

$$C_{O.1}^B = \frac{282,6}{7,0} = 40,37 \text{ грн./га}$$

В господарстві на цю оплату проводяться нарахування: за продукцію – 50 %, за складність робіт – 50 % (20,19 грн./га) і за інтенсивність робіт – 12 % (4,84 грн./га). І оплата з цими нарахуваннями становить:

$$C_{об1} = 40,37 + 20,19 + 20,19 + 4,84 = 85,58 \text{ грн./га.}$$

Для механізатора, який працює на удосконаленому агрегаті, основна оплата праці становить:

$$C_{O1}^P = \frac{282,6}{10,8} = 26,17 \text{ грн./га}$$

Аналогічно проводяться нарахування за продукцію, складність і інтенсивність:

$$C_{оп1} = 26,17 + 13,08 + 13,08 + 3,14 = 55,48 \text{ грн./га}$$

Амортизаційні відрахування визначаються на основі річних норм на реновацію і вартості машини за формулою:

$$C_a = \frac{Ц \cdot \alpha}{100 \cdot Д \cdot К \cdot W_{3M}}, \quad (6.5)$$

де C – балансова вартість машини, грн.;

α – річна норма амортизаційних відрахувань, %;

D – кількість днів роботи в рік;

K – коефіцієнт змінності.

Відрахування на амортизацію для базової машини становлять:

$$C_{аб} = \frac{237500 \cdot 11}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 7,0} = 69,11 \text{ грн./га}$$

Амортизаційні відрахування для розробленої машини для внесення мінеральних добрив становлять:

$$C_{ар} = \frac{240000 \cdot 11}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 10,8} = 45,27 \text{ грн./га}$$

Аналогічно за рівнянням (6.5) визначаються відрахування на ремонт і технічне обслуговування базової і розробленої машини.

Затрати на паливо і мастильні матеріали визначаються за формулою:

$$C_{пмм} = g_{га} \cdot C_{пмм}, \quad (6.6)$$

де $g_{га}$ – витрати палива на 1 га площі внесення добрив, кг/га;

$C_{пмм}$ – комплексна ціна 1 кг палива, грн./кг.

Комплексна ціна включає ціну основного і пускового палива і мастильних матеріалів, які визначаються в відсотках до основного палива згідно нормативних даних. Ці ціни залежать від постачальників, ситуації, що склалася на ринку нафтопродуктів і ін.

При роботі агрегату з базовою машиною затрати на паливо і мастильні матеріали становлять:

$$C_{\text{пмм}}^{\text{б}} = 1,56 \times 54,70 = 85,33 \text{ грн./га};$$

При роботі агрегату з розробленим розкидачем ці затрати будуть становити:

$$C_{\text{пмм}}^{\text{р}} = 1,01 \times 54,70 = 55,25 \text{ грн./га}$$

Загальні прямі затрати при внесенні мінеральних добрив базовим агрегатом будуть становити:

$$C_{\text{б}} = 85,58 + 69,11 + 69,11 + 85,33 = 309,13 \text{ грн./га}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при внесенні добрив агрегатом з розробленим розкидачем будуть становити:

$$C_{\text{р}} = 55,48 + 45,27 + 45,27 + 55,25 = 201,27 \text{ грн./га}$$

Зниження прямих затрат при впровадженні нової машини становлять:

$$E = C_{\text{б}} - C_{\text{р}} = 309,13 - 201,27 = 107,86 \text{ грн./га} \quad (7.7)$$

В відсотках економічний ефект буде становити:

$$E_{\text{в}} = \frac{107,86 \cdot 100}{309,13} = 34,9 \%$$

Річний економічний ефект при запровадженні розробки в господарстві на площі 1000 га буде становити:

$$E_{\text{р}} = 107,86 \times 1000 = 107860 \text{ грн.}$$

Основні техніко-економічні показники при запровадженні розробки в виробництво представлені в таблиці 6.2.

Розрахунок строку окупності затрат, які були зроблені для вдосконалення машини, проводяться за формулою:

$$Z_0 = \frac{Z_M}{E_p} = \frac{2500}{107860} = 0,02 \text{ роки.}$$

Таблиця 6.2 - Основні економічні показники проекту

Назва показників	Базовий агрегат	Розроблений агрегат
1. Продуктивність, га/год.	7,0	10,8
2. Витрати палива, кг/га	1,56	1,01
3. Затрати праці, люд.год./га	0,4	0,09
4. Зниження затрат праці, люд.год./га	--	0,31
5. Прямі експлуатаційні затрати, грн./га: всього,	309,13	201,27
в т.ч.: оплата праці з нарахуваннями	85,58	55,48
амортизаційні відрахування	69,11	45,27
затрати на ремонт і ТО	69,11	45,27
затрати на ПММ	85,33	55,25
6. Зниження прямих затрат, грн./га	--	107,86
7. Річний економічний ефект, грн.	--	107860
8. Затрати на розроблену машину, грн.	--	2500
9. Строк окупності затрат, років	--	0,02

Проведені розрахунки показують доцільність використання удосконаленого розкидача мінеральних добрив РУМ-5.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Фізико-механічні характеристики мінеральних добрив необхідно враховувати при проведенні розрахунків параметрів робочих органів машини і режиму їх роботи. Вони змінюються в досить великих межах і їх значення залежать від вологості і інших умов зберігання.

2. На практиці для основного внесення мінеральних добрив існує велика кількість різної техніки, яку випускають як в Україні, так і за кордоном. Основним напрямком її вдосконалення є підвищення якості і рівномірності внесення мінеральних добрив.

3. Проведені розрахунки дали можливість визначити основні параметри вдосконаленої машини РУМ-5, розробити конструкцію вдосконалених вузлів машини і системи приводу робочих органів.

4. Розроблені в проекті заходи по охороні праці можуть бути використані при проведенні інструктажів на робочому місці перед початком робіт по внесенню добрив.

5. Економічний ефект від проведених розробок становить 107,86 грн./га. При цьому затрати праці знижуються на 0,31 люд.год./га в порівнянні з технологією внесення добрив із застосуванням базової машини. Затрати на модернізацію машини окупаються на протязі першого року її експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Класифікація мінеральних добрив // [https:// dobriva.dp.ua/ uk/ klasifikatsiya-mineralnih-dobriv/](https://dobriva.dp.ua/uk/klasifikatsiya-mineralnih-dobriv/).
2. Українські добрива: основні гравці на ринку // [https:// kurkul.com/ spetsproekty/571-ukrayinski-dobriva-osnovni-gravtsi-na-rinku](https://kurkul.com/spetsproekty/571-ukrayinski-dobriva-osnovni-gravtsi-na-rinku). – 28 червня 2019 р.
3. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
4. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / Войтюк Д.Г. Царенко О.М. Яцун С.С. Довжик М.Я. Швайко В.М., Саржанов О.А. –К.: Вища школа, 2000. – 93с.
5. Ясенецький В., Шейченко В. Розкидачі мінеральних добрив для господарств усіх форм власності// Техніка АПК. - № 12 (грудень), 2002. с. 16 – 17.
6. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. – 6-е вид., перероб. і допов. – К.: Урожай, 1992. – 448 с.
7. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко,

А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.

8. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред.. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.

9. Грицишин М. Аграрному сектору – вітчизняну техніку високого технічного рівня// Техніка АПК. - № 8, 2006. – с. 13 – 14.

10. Землеробська механіка. Т 2. Теоретичні основи сільськогосподарської механіки/ А.С. Кобець, А.Г. Дем'яненко, О.Ю. Береза, О.А. Глонь і ін. – Дніпро, «Свідлер А.Л.», 2022. – 712 с.

11. Кобець А.С., Деркач О.Д., Пугач А.М., Нагієва Н.О. Відцентровий робочий орган для внесення сипучих матеріалів. - Патент на корисну модель №58086. – 25.03.2011. – Бюл. №6.

12. Кобець А.С., Деркач О.Д., Пугач А.М., Нагієва Н.О. Робочий орган відцентрового розкидача добрив. - Патент на корисну модель №58087. – 25.03.2011. – Бюл. №6.

13. Кобець А.С., Кухаренко П.М., Деркач О.Д., Ільченко В.Ю., Пугач А.М., Нагієва Н.О. Робочий орган для розсіювання мінеральних добрив. - Патент на корисну модель №59632. – 25.05.2011. – Бюл. №10.

14. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/ Дніпропетровський державний аграрний університет. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.

15. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. - Харків, Око. – 2003. – с. 375.

16. Сисолін П.В, Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1. Машини для рільництва /За ред. Чорновола М.І.- К.: Урожай, 2001. – 384 с.

17. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007.- 360 с.

18. Довідник сільського інженера / Гречкосій В.Д., Погорілець О.М., Ревенко І.І. та ін.; за ред. Гречкосія В.Д.-К: Урожай,1991.-400 с.
19. Технологічна наладка та усунення несправностей сільськогосподарських машин. Довідник / Гаврилюк Г.Р., Живолуп Г.І., Короткевич П.С. та ін.-К.: Урожай,1988.-254 с.
20. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.
21. Конарев Ф.М., Пережогін М.А., Грянік Т.Н. Охорона праці, М.: Колос, 1982 – 355 с.
22. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.