

**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 дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

**Удосконалення технології вирощування соняшнику
з розробкою і обґрунтуванням параметрів машини
для приготування компосту**

Виконав: студент факультету, гр.МгМ-1-20
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Орел Руслан Віталійович

Керівник: _____ Кобець Анатолій Степанович

Рецензент: _____

Дніпро, 2021

АНОТАЦІЯ

Орел Р.В. Удосконалення технології вирощування соняшнику з розробкою і обґрунтуванням параметрів машини для приготування компосту/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація рослинництва»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2021. – 79 с.

В роботі представлено проведено аналіз сучасних технологій і розроблено технологію вирощування соняшнику для умов і на замовлення ТОВ «Дубрава» Магдалинівського району Дніпропетровської області. Складено технологічну карту вирощування і визначено необхідний комплекс машин зі складанням графіків використання тракторів і сільськогосподарських машин.

Проведено аналіз фізико-механічних характеристик складових компосту і технологій його приготування, а також конструкцій робочих органів машин для приготування компосту. Розроблена конструкція і проведені розрахунки основних параметрів агрегату для приготування компосту.

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при проведенні інструктажів при приготуванні компосту і вирощуванні соняшнику і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Річний економічний ефект від застосування розробок на практиці становить 10850 грн., а затрати на виготовлення окупляться протягом 1 року експлуатації.

Ключові слова: соняшник, технологія, компост, компостоприготувальна машина, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

З М І С Т

В С Т У П	7
1 АГРОТЕХНІКА ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ГОСПОДАРСТВА.	9
1.1 Морфобіологічні та екологічні особливості.	9
1.2 Сорти і гібриди.	10
1.3 Технологія вирощування.	11
2 ОБГРУНТУВАННЯ НАБОРУ МАШИН ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ.	20
2.1 Складання технологічної карти.	20
2.2 Побудова графіка використання тракторів.	25
2.3. Побудова графіка використання сільськогосподарських машин.	26
3 ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПОСТУ.	28
3.1 Фізико-механічні та агробіологічні властивості матеріалу.	28
3.2 Аналіз технологій приготування компостів.	32
3.3 Аналіз конструкцій робочих органів компостопріготувальних машин.	37
3.4 Агротехнічні та експлуатаційні вимоги до компостопріготувальної машини.	39
3.5 Обґрунтування конструкції та функціональної схеми машини.	40
4 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КОМПОСТОПРИГОТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ.	42
4.1 Обґрунтування технологічного процесу та визначення параметрів.	42
4.2. Розрахунок та обґрунтування основних конструктивних параметрів робочого органу.	44
4.3. Енергетичний розрахунок робочого органу машини.	46
4.4 Кінематичний розрахунок приводу робочих органів.	50
4.5 Розрахунок на міцність деталей розроблюваного робочого органу.	53

5 ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.	56
5.1 Загальний стан охорони праці при роботі компостоприготувальної машини.	56
5.2 Виробничі небезпеки можливі при роботі машини та методи їх усунення.	56
5.3 Екологічна ефективність використання компостоприготувальної машини.	58
6 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ.	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	64
Д О Д А Т К И.	66

ВСТУП

Соняшник (*Helianthus annuus*) – основна олійна культура в Україні. Один гектар при врожайності насіння 20 ц/га дає близько 10 ц масла, більше як 6 ц шроту (2,4 ц білку), 4 ц лузги (0,6 ц дріжджів), 15 ц кошиків (10 ц сіна), 20-25 кг меду та іншої продукції [1]. Насіння районованих сортів і гібридів містить 50 - 52 % олії. Порівняно з іншими олійними культурами соняшник дає найбільший вихід олії з одиниці площі (750 кг/га в середньому по Україні). На соняшникову олію припадає 98 % загального виробництва олії в Україні.

Соняшникову олію широко використовують як продукт харчування в натуральному вигляді. Харчова цінність її зумовлена високим вмістом поліненасиченої жирної лінолевої кислоти (55 - 60 %), яка має значну біологічну активність і прискорює метаболізування ефірів холестерину в організмі, що позитивно впливає на стан здоров'я. До складу соняшnikової олії входять і такі дуже цінні для організму людини компоненти, як фосфатиди, стерини, вітаміни (А, D, Е, К). Соняшникову олію використовують в кулінарії, хлібopеченні, для виготовлення різних кондитерських виробів і консервів.

Але досягнення високих врожаїв цієї цінної культури потребує і відповідального відношення до землі, використовуючи інтенсивні технології зі збереженням родючості ґрунту.

Інтенсифікація землеробства нерозривно пов'язана із систематичним збільшенням виробництва всіх видів добрив і вдосконаленням технології їх застосування.

Основним джерелом накопичення органічних добрив є гній, пташиний послід, побутові осади стічних вод, торф, солома, річковий та озерний мул, тирса, лігнін, відходи консервної та цукрової промисловості та інші органічні відходи.

Застосування соломи, торфу, тирси, лігніну в чистому вигляді нераціонально, малоефективно, а іноді навіть і шкідливо, оскільки поживні речовини, що містяться в них знаходяться у важкодоступній для рослин формах.

Внесення безпідстилюючого гною в вихідному вигляді також має ряд недоліків: підвищена вологість гною, що різко збільшує об'єм транспортних затрат, наявність в ньому патогенної мікрофлори, яєць і личинок гельмінтів, що може призвести до зараження тварин і людей через продукти харчування і наявність в гної насіння бур'янів.

Найбільш ефективним методом уникнення відмічених вище недоліків є їх спільне компостування у визначеній пропорції, в результаті чого забезпечується виникнення та інтенсивне протікання біотермічних процесів.

Актуальність у виробництві органічних добрив підтверджується ще і тим, що значний час увага спеціалістів та практиків сільського господарства в керуванні врожайністю ґрунту було зосереджено в основному на мінеральних добривах, тим самим поповнювались лише три основних елементи живлення сільськогосподарських культур - азот, фосфор та калій. Різко зменшилась також кількість гумусу в ґрунті, що негативно позначилось на продуктивності землеробства.

Усунути ці недоліки можливо лише при спільному внесенні мінеральних та органічних добрив.

Тому розробка машин, здатних здійснити приготування компостів є актуальним завданням.

Мета дипломного проекту – удосконалення технології вирощування соняшнику в умовах ТОВ «Дубрава» Магдалинівського району Дніпропетровської області з розробкою машини для приготування добрив, внесення яких може замінити роздільне внесення органічних та мінеральних добрив.

1 АГРОТЕХНІКА ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ГОСПОДАРСТВА

1.1 Морфобіологічні та екологічні особливості

Вирощування соняшнику залежить від багатьох життєво важливих умов, насамперед: від кількості тепла, вологи, типу ґрунтів та рівня мінерального живлення. Соняшник менш вибагливий до ґрунтів під час вирощування: непридатними для соняшника є дуже піщані, важкі глинисті та суглинисті ґрунти з високим вмістом вапна, а також лужні і сильно заболочені ґрунти. Допустима рН ґрунту: 5,7-7,0.

Насіння соняшнику проростає при температурі 3–5°C. Оптимальна температура проростання 20 °C. При цій температурі сходи з'являються на 7–8-й день. Сума активних температур від сівби до сходів становить 140 – 160 °C, а ефективних за вегетацію – від 1600 до 1800 °C для ранньостиглих і від 2000 до 2300 °C – для пізньостиглих сортів.

У фазі цвітіння і в наступний період найсприятливіша температура 25 - 27 °C. Підвищення температури до 30 °C і вище негативно впливає на рослини, а при 40 °C припиняється фотосинтез. Весняні заморозки до мінус 5 – 6 °C не завдають істотної шкоди рослинам, проте затримують і послаблюють їх ріст, а осінні до мінус 3 °C спричинюють загибель рослин.

Соняшник — посухостійка рослина. Коефіцієнт водоспоживання його значно вищий, ніж у багатьох інших рослин, і становить 450 - 570, може підвищуватись до 700. Соняшник задовольняє потребу у воді завдяки розвиненій кореневій системі, яка глибоко проникає в ґрунт. Проте це призводить до сильного висушування ґрунту і нестачі вологи в ньому для наступної культури сівозміни. За період вегетації соняшник використовує від 3000 до 6000 т води з 1 га. Вирішальне значення для формування повноцінного врожаю має вологозабезпеченість соняшнику у фазі цвітіння і наливання насіння (критичний період). Високі врожаї соняшнику можливі

лише в районах, де за осінньозимовий період в кореневмісному шарі (0 - 200 см) є достатні запаси вологи. При нестачі води в цей період різко знижується його врожайність внаслідок збільшення пустозерності, поганої виповненості насіння та зменшення озерненості кошика. Це явище типове при вирощуванні соняшнику в посушливих районах.

Соняшник добре росте на родючих аерованих ґрунтах. Найбільш придатними для нього є чорноземи супіщані і суглинкові з нейтральною (рН 6,7 - 7,2) або слабколужною реакцією ґрунтового розчину. На цих ґрунтах, а в лісостепових районах — і на сірих лісових розміщують основні площі посівів соняшнику в Україні.

Соняшник — світлолюбна рослина. Затінення молодих рослин і хмарна погода затримують їх ріст і розвиток, зумовлюють формування на них дрібного листя і малих кошиків, що знижує врожайність. Соняшник належить до рослин короткого дня. В міру просування на північ вегетаційний період його подовжується.

Період вегетації сортів і гібридів соняшнику (від сівби до досягання насіння), які вирощуються в Україні, триває від 80 до 130 днів.

1.2 Сорти і гібриди

Правильний вибір гібриду для конкретних умов господарства має дуже важливе значення. В Україні поширені високоврожайні селекційні сорти й гібриди соняшнику із значним вмістом олії в насінні, низькою лужністю (22 - 27 %) та високою стійкістю проти найбільш відомих рас вовчка, шкідників і хвороб.

За тривалістю вегетаційного періоду сорти (гібриди) соняшнику поділяють на середньостиглі (вегетаційний період 120-140 днів), середньоранні (110-130), ранньостиглі (100-120) і скоростиглі (80-100 днів). В Україні районовані понад 70 сортів і гібридів соняшнику.

Майже всі площі його засівають сортами й гібридами олійної групи. До районованих сортів і гібридів соняшнику, поширених у Степу, Лісостепу

України, належать: середньостиглі – Запорізький кондитерський, Краснодарський 885, СПК, Харківський 3 та ін.; середньоранні - Казіо, Одеський 123, Одеський 504, Оріон, Харківський 58 та ін.; ранньостиглі - Одеський 122, Одеський 249, та ін.; скоростиглі - Одеський 149 та Харківський 49.

Скоростиглі сорти й гібриди поступаються ранньостиглим і середньостиглим за урожайністю та олійністю насіння. Проте короткий вегетаційний період скоростиглих типів дає змогу вирощувати їх на півдні України в повторних посівах при зрошенні. Високою врожайністю з високим вмістом олії в насінні відзначаються середньостиглі й середньоранні сорти та гібриди соняшнику.

1.3. Технологія вирощування

Сучасна екологічно безпечна, ресурсо- та енергозберігаюча технологія вирощування соняшнику передбачає комплексне й поточне проведення належних механізованих операцій в установлені строки для створення оптимальних умов розвитку й росту рослин протягом вегетації.

Чергування культур у сівозміні спрямоване на підвищення родючості ґрунту, знищення бур'янів, шкідників і хвороб без використання хімічних засобів і одержання високих урожаїв. Установлено, що при розміщенні посівів соняшнику на тому самому полі через 8-10 років можливість ураження хворобами і шкідниками майже повністю зникає, а через 4-5 років - призводить до значного ураження рослин шкідниками і хворобами (вовчок, гниль біла й сіра, несправжня борошниста роса та ін.), що зменшує врожайність і погіршує якість насіння. Через 8-10 років насіння вовчка втрачає схожість, а зачатки інфекції у ґрунті гинуть і рослини соняшнику наступного посіву не уражуються.

Кращі попередники для соняшнику ті, після яких у ґрунті залишається більше води і поживних речовин. У Степу, тобто в умовах господарства, найефективніші ланки сівозміни, де соняшник висівають після кукурудзи

чи озимої пшениці. Недоцільно висівати соняшник після суданської трави, цукрових бур'яків, а в Степу також після ячменю та вівса.

Наявність елементів мінерального живлення в ґрунті в оптимальних співвідношеннях сприяє підвищенню продуктивності рослин, поліпшенню якості насіння.

Соняшник дуже вибагливий до поживного режиму ґрунтів порівняно з іншими польовими культурами. Особливо багато він вбирає з ґрунту калію.

Для формування 1 ц врожаю насіння соняшник виносить з ґрунту 6,5 кг азоту, 2,7 фосфору і 15,5 кг калію. Проте незважаючи на високий винос калію з ґрунту, соняшник на чорноземних ґрунтах більшою мірою потребує азотних і фосфорних добрив.

Органічні добрива вносять під попередню культуру, а мінеральні - під основний обробіток розкидачами РУМ-5, 1РМГ-4, РУМ-8, РУП-8 в агрегаті з тракторами МТЗ-80 і Т-150К. На полях, де восени не вносили повних норм основного добрива, мінеральне добриво вносять локально-стрічковим способом одночасно із сівбою на відстані 6 - 10 см від рядка і на глибину 10 - 12 см.

Важливою умовою підвищення ефективності внесення добрив під гібридний соняшник є рівномірний розподіл їх по площі. Недотримання цієї вимоги призводить до великого недобору врожаю. Нерівномірність розподілу добрив по площі не повинна перевищувати 20 %.

Основним в усіх зонах вирощування соняшнику в Україні є поліпшений зяблевий обробіток. На полях, засмічених осотом та іншими коренепаростковими бур'янами, прийоми обробітку в системі поліпшеного зябу рекомендується чергувати так, щоб домогтися повного знищення бур'янів. Перше лушення проводять після збирання попередника дисковими знаряддями (ЛДГ-10, ЛДГ-15, БД-10, БДТ-7) на глибину 6-8 см, друге й третє - в міру відростання бур'янів багатолемішними плугами (ППЛ-10-25), важкими дисковими боронами (БД-10, БДТ-7), паровими культиваторами (КПС-4) чи культиваторами-плоскорізами (КПШ-5, КПШ-9) на глибину 8-

10 і 10-12 см. Інтервали між лущеннями та останнім лущенням і оранкою мають бути такими, щоб бур'яни встигли дати пагони (досягається найповніше їх знищення).

Для боротьби з осотом найефективніше поєднувати передоранкові розпушування з використанням гербіцидів. Після відростання багаторічних бур'янів (не менш як 5 - 6 листків) посіви обприскують розчином гербіциду амінна сіль 2,4-Д (1,5 - 2,0 кг/га д. р.). Поєднання обробітку ґрунту за системою поліпшеного зябу із застосуванням гербіцидів забезпечує загибель 94 % осоту рожевого і 96 % березки польової.

При розміщенні соняшнику після зернових догляд за посівами значно ускладнюють однорічні бур'яни, особливо пізні ярі (курай, просо куряче, щиряця, мишії та ін.). Ці бур'яни найнебезпечніші, бо масові сходи їх з'являються в посівах переважно після закінчення обробітку ґрунту в міжряддях. Для знищення пізніх бур'янів застосовують переважно ґрунтові гербіциди (трефлан, гезагард 50 та ін.). Проте слід мати на увазі, що в посушливих умовах застосування трєфлану недоцільне. Неодноразові неглибокі обробітки до оранки провокують проростання минулорічного насіння бур'янів. При утриманні поля більше двох місяців у злущеному стані і наступній оранці проростає і знищується бур'янів у 10 разів більше, ніж по ранньому зябу після одноразового лущення.

Поліпшений зяб ефективний майже в усіх зонах, де вирощують соняшник. При цьому оранку доцільно проводити в південному Степу у жовтні, в північному - наприкінці вересня - початку жовтня.

При розміщенні соняшнику після просапних культур, зокрема після кукурудзи, зяблевий обробіток полягає у дворазовому дискуванні після збирання попередників. Кращі результати дає обробіток ярусним плугом ПНЯ-4-40, який загортає всі післяжнивні рештки. У південному Степу, де снігу на полях практично не буває і з гребенистої ріллі випаровується багато води, поверхню поля вирівнюють водночас з оранкою. У районах недостатнього зволоження Лісостепу застосовують таку саму схему зяблевого

обробітку, як і в північному Степу, але поле орють не пізніше другої половини вересня - початку жовтня.

У зоні достатнього зволоження наприкінці липня - на початку серпня після лушення дисковими луцильниками поле орють плугами з передплужниками в агрегаті з котками і боронами, щоб вирівняти поверхню ґрунту. Надалі, в міру зволоження опадами та проростання бур'янів, проводять культивуацію з одночасним боронуванням. Додатковий обробіток зябу восени сприяє очищенню ґрунту від однорічних бур'янів і вирівнюванню поверхні ріллі.

На схилах (до 2°) для нагромадження вологи в ґрунті і боротьби з водною ерозією орати слід тільки впоперек схилу, а при складному рельєфі - контурним способом з лункуванням і валкуванням. На ерозійно небезпечних землях доцільно застосовувати оранку плугами з ґрунтопоглиблювачами, щоб запобігти стоку води і забезпечити накопичення її в ґрунті.

Проти вітрової ерозії, особливо в південних і південно-східних районах степової зони України, де часто бувають пилові бурі, рекомендується плоскорізний обробіток. Однак після такого обробітку більшість насіння бур'янів залишається у верхньому шарі ґрунту, через що у весняно-літній період різко збільшується забур'яненість посівів. Тому при плоскорізному обробітку треба під передпосівну культивуацію вносити гербіциди.

Український інститут захисту ґрунтів від ерозії пропонує на ерозійно небезпечних полях замість післяжнивного лушення проводити обробіток голчастою бороною БИГ-3 на глибину 6-8 см, а при появі бур'янів - культиватором КПП-2,2 на глибину 10-12 см. Після повторного відростання бур'янів замість оранки треба розпушувати ґрунт плоскорізом КПП-250 на глибину 25 - 27 см.

Передпосівний обробіток ґрунту полягає у ранньому закритті вологи й наступних культивуаціях (1-2). При правильному застосуванні поліпшеного зяблевого обробітку до весни ґрунт не запливає, залишається розпушеним, а поверхня його - вирівняною. В цьому випадку відпадає

потреба у двох весняних передпосівних культиваціях. У посушливу весну зменшують кількість розпушувачів, що сприяє меншому висиханню посівного шару ґрунту. Передпосівну культивацію доцільно поєднувати із сівбою.

На чорноземах звичайних, важкосуглинкових, безструктурних і солонцюватих ґрунтах, схильних до ущільнення і утворення товстої кірки, а також на полях, дуже засмічених коренепаростковими бур'янами і післяжнивними рештками, слід застосовувати інтенсивний передпосівний обробіток зябу (ранньовесняне боронування і дві культивації).

Для передпосівної культивації культиватори комплектують універсальними стрічастими лапами з шириною захвату 270 і 330 мм або розпушувальними лапами з пружинними стояками. Середня глибина обробітку ґрунту не повинна відхилятися від заданої більш як на 1 см.

Якщо поля очищені від бур'янів недостатньо, застосовують гербіциди трефлан (нітран, олітреф), прометрин (селектин, гезагард-50), дуал. Трефлан знищує проростки однорічних злакових бур'янів (мишію сизого та зеленого, проса курячого) і двосім'ядольних (лободи білої, щиріці білої, щиріці відігнутої, кураю та ін.). Під дією сонячного випромінювання трефлан швидко розкладається, тому його треба одразу ж загортати в ґрунт. Норма трефлану на легких ґрунтах становить 1,25 кг/га д.р., або 5 кг/га за препаратом, а на середніх і важких - відповідно 1,5 і 6 кг/га. Такі бур'яни, як гірчиця польова, амброзія, нетреба, паслін, редька дика й канатник, відносно стійкі проти трефлану. Вони є ще й резервуаром гнилей білої та сірої. Для знищення цих бур'янів застосовують гербіцид прометрин за нормою 2 - 2,5 кг/га д.р., або 4 - 5 кг/га за препаратом. Про-метрин ефективний проти бур'янів у роки, коли достатньо зволожений верхній шар ґрунту. Стійкі проти трефлану бур'яни можна знищувати внесенням у ґрунт суміші з 4 кг прометрину і 6 кг/га трефлану, розчинених у 300 л води.

Засмічені поля суцільно обприскують розчинами гербіцидів і негайно загортають їх культиватором. Високої ефективності трефлану досягають

тільки при ретельному перемішуванні його з ґрунтом у посівному шарі на глибині 6-8 см. Доцільно внесення гербіциду поєднувати з передпосівною культивацією.

На окультурених полях краще вносити розчин гербіцидів смугами 30-35 см завширшки з відстанню між їх серединами 70 см. Загортати гербіциди треба за один прохід агрегату.

При вирощуванні сортів соняшнику використовують кондиційне насіння (рН 1-3), схожість якого не менша 87 %, чистота 98 % (із вмістом облущеного насіння - не більше 2 %); гібридів (Fi) - відповідно 85 та 98 % (із вмістом облущеного насіння не більше 3 %). Проти хвороб (іржі, несправжньої борошнистої роси, гнилей, фомозу та ін.) насіння протруюють, використовуючи поширений протруювач ТМТД (3 кг препарату на 1 т насіння). Високоолійні сорти соняшнику в усіх зонах України висівати дуже рано не слід. У південному і північному Степу, а також у східній частині Лісостепу при сівбі в середні строки, коли ґрунт на глибині 10 см прогрівається до 8 - 12 °С, одержують найбільші врожаї насіння.

У районах Степу та східному Лісостепу середні строки сівби рекомендується диференціювати залежно від засміченості поля. На відносно чистих від бур'янів полях кращими є строки сівби соняшнику при прогріванні ґрунту на глибині загортання насіння до 8-10 °С. Закінчують висівання при температурі не вище за 12-14 °С. На дуже засмічених полях висівати соняшник слід трохи пізніше, при прогріванні ґрунту до 10-12 °С. і знищувати основну масу бур'янів, які проросли, передпосівною культивацією. Глибина загортання насіння соняшнику становить 6-8 см.

Умовою одержання високого врожаю насіння є дотримання рекомендованої густоти посіву і рівномірне розміщення рослин на площі. При інтенсивній технології, коли густоту рослин регулюють не прориванням, а нормою висіву, треба висівати тільки висококондиційне насіння.

При регулюванні сівалки на норму висіву треба враховувати, що польова схожість насіння буває меншою за лабораторну на 20-25 %, а під час боронування по сходах гине до 10 % рослин. Тому страхова надбавка до норми висіву має становити 30-35 %.

Висівають насіння соняшнику пунктирним способом з міжряддями 70 см пневматичними сівалками.

Слідом за посівом ґрунт необхідно прикоткувати. Важливим прийомом догляду за посівами соняшнику є боронування до і після появи сходів. Досходове боронування проводять середніми боронами через 5 - 6 днів після сівби, коли проростки соняшнику знаходяться на глибині, при якій зуби борони їх не пошкоджують, а бур'яни у фазі «білої ниточки».

При похолоданні після сівби з'явлення сходів соняшнику затримується. В такі роки для повнішого знищення бур'янів і запобігання утворенню ґрунтової кірки проводять дворазове боронування: перше — через 5 - 6 днів після сівби, друге - за 3-4 дні до появи сходів. Друге досходове боронування (ЗОР-07) можна здійснювати, тільки коли проростки соняшнику не пошкоджуються зубами борони. Щоб запобігти їх пошкодженню, заглиблення зубів борони має бути меншим за середню глибину залягання проростків на 0,5 - 0,9 см.

Післясходове боронування соняшнику проводять у фазі 2-3 пар справжніх листків. Якщо боронують посіви у фазі сім'ядоль, то пошкоджується і загортається землею близько 17,5, а у фазі утворення 2-3 пар листків - 11 % рослин. Боронувати поле після появи сходів треба в день, коли зменшується відносна вологість повітря і молоді рослини стають не такими ламкими.

Боронувати посіви соняшнику доцільно широкозахватними агрегатами при спілому ґрунті, щоб не допустити зайвого його ущільнення та руйнування структури. Швидкість руху агрегату під час досходового боронування 6-7 км/год, після сходового - не більше 4 км/год. У багаторічних виробничих дослідках ВНДІК встановлено високу ефективність при догляді за соняшником боронування разом з коткуванням, розпушуванням міжрядь і використанням

проплювальних борінок. У Степу доцільно розпушувати ґрунт у міжряддях на глибину 6 - 8 см культиваторами КРН-4,2, КРН-5,6, КРН-8,4. Глибоке розпушування (12 - 14 см) призводить до деякого зменшення врожаю. Тому на відносно чистих посівах доцільно проводити неглибокі обробітки, а на засмічених - починати культивацію міжрядь на більшій глибині, поступово зменшуючи її. На полях, де бур'яни знищували восени за системою поліпшеного зябу, достатньо одного-двох розпушувань міжрядь.

У посівах соняшнику рослини досягають нерівномірно. Через 20 - 25 днів після цвітіння вміст олії в насінні досягає максимуму, але накопичення масла триває у міру збільшення маси насіння, яке закінчується на 35 - 40-й день після цвітіння (фаза фізіологічної стиглості). Далі відбувається фізичне випаровування води із сім'янки і настає фаза повної (господарської) стиглості. Для прискорення збирання і одержання сухого насіння посіви обробляють десикантами при середній вологості насіння на пні не більше 30%. Обприскування рослин десикантами при більш високій вологості насіння погіршує його якості - зменшується маса ядра і врожаю в цілому внаслідок гальмування фізіологічних процесів.

Через 10 днів після десикації на насінні вже немає залишків хлорату магнію і воно придатне для переробки.

Аналогічні результати одержано при використанні реглону в суміші з аміачною селітрою. Після десикації вологість кошиків зменшувалася більш як утричі.

Урожайність соняшнику залежить від строку збирання, який визначають за ступенем стиглості та вологістю насіння. Залежно від погодних умов урожай починають збирати через 7-10 днів після обробки посівів хлоратом магнію і через 5-6 днів - реглоном. За цей час на оброблених полях вологість насіння знижується до 12 - 15 %. Збирають соняшник у фазі господарської стиглості, коли рослин з жовтими і жовто-бурими кошиками в посівах 12 - 16 %, а з бурими й сухими — 85-88 %. У Степу починають збирати соняшник при середній вологості насіння 12 - 14 % у Лісостепу - 16 -

18 %. Гібриди досягають дружно, особливо після обробки рослин десикантами. Тому збирання їх починають при вологості насіння 17 - 19 %, а у вологу осінь - 20-22 %.

За 2 - 3 дні до початку збиральних робіт поле обкошують і розбивають на заїнки, прокладають транспортні й розвантажувальні магістралі.

Для збирання використовують зернозбиральні комбайни із спеціальними пристроями (ПСП-1,5М чи 34-103А) та універсальними ПУН-5 для подрібнення і розкидання стебел по полю. Комбайни ДОН-1200 і ДОН-1500 обладнують пристроями ПСП-8 і ПСП-10. Щоб насіння менше обрушувалось і подрібнювалось, частоту обертання барабана на комбайнах встановлюють на рівні близько 300 об./хв.

Після первинного очищення на агрегаті ЗАВ-20 чи інших комплексах треба додатково обробити на машинах вторинного й остаточного очищення - СВУ-5, СМ-4, а також на пневмосортувальних столах ПСС-2,5, БПСУ-3.

Сухе й очищене насіння калібрують, що забезпечує висівання заданої кількості насінин у рядки і позбавляє від необхідності проривати рослини. Для тривалого зберігання посівного насіння соняшнику його вологість має бути не більшою 7 - 8 %.

Таким чином, впровадження такої технології в господарстві і своєчасне і послідовне виконання всіх технологічних операцій дасть можливість підвищити урожайність соняшнику на 5-10% і знизити собівартість продукції.

2 ОБГРУНТУВАННЯ НАБОРУ МАШИН ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ

2.1 Складання технологічної карти

Вирощування сільськогосподарських культур повинне опиратися на ряд документів, які забезпечують чітке виконання всіх необхідних операцій для продуктивної життєдіяльності рослин. Одним їх найважливіших документів є технологічна карта, яка містить максимум необхідної інформації для успішного ведення землеробства по вирощуванні тої чи іншої культури.

Технологічна карта містить такі основні блоки інформації:

- агрономічний блок, який містить назву операції, обсяг робіт, початок і тривалість операції;
- технічне забезпечення операції і нормативи на використання техніки (змінна норма виробітку, норма витрати палива, еталонна продуктивність);
- потреба в ресурсах: кількість технічних засобів виробничого персоналу, робочих днів і нормозмін, палива і технічних матеріалів;
- показники ефективності: затрати праці, прямі і приведені витрати.

Перед складанням технологічної карти необхідно проаналізувати природні умови господарства: агро-кліматичні, ґрунтові з урахуванням питомого опору, конфігурацію полів на довжину гонів, рельєф, кут схилу полів. Оскільки ці фактори значною мірою впливають на вибір технології вирощування культури, технологічних операцій, склад машинно-тракторного агрегату, його продуктивність та витрата палива. Не менш важливим фактором для складання технологічних карт є вивчення і аналіз вже існуючих технологій, досвід передових господарств. Останні здобутки необхідно підстроювати умови даного господарства.

Для складання технологічної карти необхідні такі первинні дані: назва культури; попередники; площа, на якій планується вирощування даної культури, га; планова врожайність культури (основної і побічної), т/га; норми

витрати, кг/га: насіння, розчинів пестицидів; норми внесення добрив (мінеральних і органічних), т/га; відстань перевезення, км: насіння, органічних і мінеральних добрив, розчинів пестицидів, основної і побічної продукції. Крім того, необхідно враховувати стійкість ґрунтів до вітрової або водної ерозії, ступінь забур'яненості та переважаючих видів бур'янів.

Технологічна карта складається у вигляді таблиці, зразок якої приведений в додатку. Технологічні операції в карті необхідно записувати в порядку послідовності їх виконання. При складанні технологічної карти доцільно виділити окремі технологічні цикли, що об'єднують сукупність операцій зі спільними кінцевими завданнями (основний обробіток ґрунту, сівба, догляд за посівами, збирання врожаю і післязбиральний обробіток врожаю). Операції в технологічному циклі взаємопов'язані агротехнічними вимогами і часовими рамками. Часто технологічні цикли мають альтернативні варіанти. Це вимагає оцінки показників окремого циклу і вибору раціонального для конкретних умов варіанту.

Для сумісних операцій календарні строки повинні бути однакові. Наприклад, підвезення насіння, мінеральних добрив та сівба; збирання транспортування врожаю.

Визначаємо умови для складання технологічної карти. Площа поля становить 60 га, з величиною схилів 0 % прямокутної форми з довжиною гонів 1000 м. Попередником є озима пшениця, після якої проводять лущення. Технологічний цикл по основному обробітку ґрунту включає внесення мінеральних добрив 230 кг/га. Весняні роботи включають закриття вологи, підготовка ґрунту, боротьба з бур'янами. Один із основних циклів технологічної карти – посів з внесенням мінеральних добрив. Догляд за посівами включає досходове боронування, післясходове боронування, культивація міжрядь.

Завершується технологічна карта збиранням врожаю.

Заповнення технологічної карти здійснюється як безпосередньо, так і здійснюючи певні розрахунки.

В графу 1 «Шифр операції» проставляють порядковий номер сільськогосподарської операції: 1.

Перелік операцій, необхідних для вирощування і збирання сільськогосподарської культури записують в графу 2.

«Обсяг робіт у фізичних одиницях» (графа 3) визначається в залежності від типу агрегату:

- для технологічних агрегатів (оранка, культивування, збирання врожаю)

$$\Omega = F \cdot k, \text{ га} \quad (2.1)$$

- для навантажувальних

$$\Omega = F \cdot q_m, \text{ т} \quad (2.2)$$

- для транспортних

$$\Omega = F \cdot q_m \cdot L_n, \text{ т-км} \quad (2.3)$$

де F – площа вирощування сільськогосподарської культури, га;

k – коефіцієнт кратності виконання операцій;

q_m – норма витрати технологічних матеріалів, ц/га;

L_n – відстань перевезення, км.

Дата початку роботи D_n та її тривалість обумовлюється агротехнікою вирощування сільськогосподарської культури і записується у графі 4 і 5. Для лущення ґрунту ці строки становитимуть: початок роботи – 15.VIII, тривалість роботи – 20 днів.

Роботу агрегатів рекомендується планувати в дві зміни. Тривалість зміни $T_{зм}$ при виконанні найбільш важливих і термінових робіт допускається продовжувати робочу зміну до 10 год. Коефіцієнт змінності $K_{зм}$ (графа 6) підраховують за формулою:

$$K_{зм} = T_d / T_{зм}, \quad (2.4)$$

де T_d – тривалість роботи агрегату за добу.

В графу 11 записують витрату палива g_n на одиницю роботи. Витрату палива визначають з типових норм виробітку, або підраховують за формулою:

$$g_n = N_{ен} \cdot q_e \cdot K_3 / W_{зм}, \quad (2.5)$$

де $N_{ен}$ – номінальна ефективна потужність двигуна, кВт;

q_e – питома витрата палива двигуном трактора, кг/кВт-год.;

K_3 – коефіцієнт завантаження двигуна.

Норма витрати технологічних матеріалів їм (органічні та мінеральні добрива, насіння, пестицидів тощо) визначаються агротехнікою вирощування сільськогосподарської культури. Ці дані записують в графу 12. Для агрегату лущення стерні технологічні витрати не передбачаються.

Кількість механізаторів m_m і допоміжних робітників m_d , які обслуговують агрегат (графи 13 і 14), визначають в залежності від його складу і рекомендації заводів-виробників машин. Лущення ґрунту передбачається одним механізатором.

В графу 15 записують значення годинної еталонної продуктивності трактора λ .

Необхідну, для виконання запланованого обсягу робіт, кількість агрегатів n_a визначаються по формулі:

$$n_a = \Omega / W_{зм} \cdot K_{зм} \cdot D_p . \quad (2.6)$$

Отримане значення записують в графу 16 технологічної карти.

Кількість днів, протягом яких буде виконана робота (графа 17), підраховують діленням обсягу Ω (графа 3) на кількість агрегатів n_a (графа 13) та добову продуктивність агрегату W_d , тобто:

$$D_{ф} = \Omega / n_a \cdot W_d = \Omega / n_a \cdot W_{зм} \cdot K_{зм} \quad (2.7)$$

Поділивши обсяг роботи Ω (графа 3) на нормативну змінну продуктивність агрегату $W_{зм}$ (графа 10), отримують число нормо-змін $N_{зм}$ (графа 18) необхідних для виконання роботи.

$$N_{зм} = \frac{\Omega}{W_{зм}} . \quad (2.8)$$

Необхідну кількість обслуговуючого персоналу визначають за формулами:

$$n_m = m_m \cdot n_a \cdot K_{зм} \quad (2.9)$$

$$n_d = m_d \cdot n_a \cdot K_{зм} \quad (2.10)$$

де n_M і n_D – відповідно кількість механізаторів (графу 19) та допоміжних робітників (графу 20).

В графу 21 записують кількість палива, необхідну для виконання роботи

$$G_{\Pi} = \Omega \cdot g_{\Pi} \quad (2.11)$$

В графу 22 записують необхідну кількість технологічних матеріалів для виконання роботи

$$G_M = \Omega \cdot g_M .$$

Затрати праці на виконання роботи (графу 23) підраховують за формулою:

$$Z_{\Pi} = (n_M + n_D) \cdot N_{3M} \cdot T_{3M} \quad (2.12)$$

Виробіток машинно-тракторного агрегату в умовних одиницях W_y (графу 24) визначають, помноживши значення годинної еталонної продуктивності λ (графу 15) на кількість відпрацьованих нормо-змін N_{3M} (графу 18) та тривалість зміни T_{3M} , тобто:

$$W_y = \lambda \cdot N_{3M} \cdot T_{3M} . \quad (2.13)$$

Розрахунок показників технологічної карти покажемо на прикладі операції «Лущення стерні».

В графу 1 «Шифр операції» проставляємо номер 1. В графу 2 записуємо назву роботи «Лущення». В графу 3 «Обсяг робіт» записуємо площу поля 60 га.

Дату початку роботи (графу 4) орієнтовно 20.07. Тривалість роботи (графу 5) обумовлюється агротехнікою, і відповідно до агротехнічних вимог становить 5 днів. Роботу агрегатів при лущенні стерні плануємо в дві зміни. Тоді тривалість роботи агрегату за добу T_p , год. становить 14 годин. Склад вибраного машино-тракторного агрегату Т-150+ЛДГ-15 записуємо в 7 і 8 графу технологічної карти. Змінну норму виробітку 57,3 га/зм. (графу 10) та витрату палива на одиницю роботи $q_n = 2.8$ л/га. (графу 11) визначаємо з довідника. При лущенні стерні, технологічні матеріали не витрачаються, тому в графу 12 не записуємо цифрових значень. Необхідну для виконання запланованого обсягу робіт, кількість агрегатів n_a (графу 16) визначаємо по формулі

$$n_a = 60 / 57,3 \cdot 2 \cdot 5 = 0,1.$$

Приймаємо $n_a = 1$ агрегат.

Необхідну кількість обслуговуючого персоналу визначаємо за формулою

$$n_d = 0 \cdot 1 \cdot 2 = 0 \text{ чоловік.}$$

Кількість днів, протягом яких буде виконана робота (графа 17), підраховують діленням обсягу Ω (графа 3) на кількість агрегатів n_a (графа 13) та добову продуктивність агрегату W_d , тобто:

$$D_\phi = 60 / 1 \cdot 57,3 \cdot 2 = 0,5 \text{ дня.}$$

Приймаємо 1 день.

Підраховуємо кількість відпрацьованих нормозмін по формулі

$$N_{zm} = 60 / 57,3 = 1,05.$$

Для лушення стерні умовний виробіток становитиме:

$$W_y = 1,65 \cdot 1,05 \cdot 7 = 12 \text{ у.е.га.}$$

Аналогічно виконавши розрахунки для інших операцій технологічного процесу, їх значення записуємо в технологічну карту.

2.2 Побудова графіка використання тракторів

При побудові графіка використання тракторів по осі абсцис відкладаємо заданий календарний період виконання польових механізованих робіт, а по осі ординат – установлену розрахунком кількість тракторів відповідних марок, що необхідна для виконання запланованого обсягу робіт по операції. Кожній операції на графіку відповідає один прямокутник, основою якого тривалість виконання операції в календарних днях, а висотою – кількість тракторів, зайнятих на виконанні даної операції.

Графіки використання всіх запланованих марок тракторів будуюмо на одному аркуші та на одній календарній шкалі. Загальна висота їх у перерізу, перпендикулярному осі календарних днів, дорівнює в масштабі кількості тракторів, необхідних у даний момент для виконання запланованих робіт.

Кожний прямокутник кодуємо номером тієї операції, на виконання якої запланований даний трактор.

Побудова графіків використання тракторів, одночасно з визначенням комплексу машин для виконання циклу механізованих робіт, дає можливість визначити завантаження всього тракторного парку підрозділу в заплановані календарні строки виконання будь-якої операції: які трактори і скільки уже заплановано до використання у ці ж строки, які на скільки ще вільні. Це дозволяє ще на ранній стадії складання плану виконання робіт та проведення відповідних розрахунків виявити грубі прорахунки в розподілі тракторів за операціями та помилки в розрахунках, встановити причину підвищеної потреби в тракторах та механізаторах і визначити, яким чином зменшити цю потребу: або “передати роботу” на другу, менш завантажену марку трактора, якщо він може якісно виконати даний вид роботи, або збільшенням тривалості робочого дня в цей період, або зміною інтенсивності роботи в межах агростроку, або зміною виконання процесу.

Після побудови графіка використання тракторів та його коригування по ньому візуально визначаємо найбільшу кількість тракторів кожної марки, що одночасно зайняті на виконанні механізованих робіт, яку й приймаємо за потребу в них.

2.3 Побудова графіка використання сільськогосподарських машин

Одночасно або після побудови графіка використання тракторів будуємо графік використання сільськогосподарських машин. Для цього по осі абсцис графіка відкладаємо, як і в першому випадку, календарні дати, а по осі ординат – найменування та марку сільськогосподарських машин та сумарну потребу в цих машинах. Використання сільськогосподарських машин на цих графіках позначаємо лінією, паралельною осі абсцис, довжина якої у відповідному масштабі дорівнює розрахунковій тривалості роботи сільськогосподарської машини на виконанні технологічної операції. Над лінією проставляємо розрахункову кількість тих машин, що використовуємо на даній операції, а під

лінією – номер цієї операції в переліку запланованих робіт на даному полі сівозміни.

Після побудови графіка по ньому визначаємо найбільшу кількість сільськогосподарських машин кожної марки, одночасно зайнятих на виконанні технологічних операцій, яку й приймають за потребу в них.

3 ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПОСТУ

В сучасних умовах вирощування сільськогосподарських культур слід вживати заходи по збереженню і підвищенню родючості ґрунтів, що одночасно дає можливість підвищувати урожайність культур. Особливо це стосується технологій вирощування соняшнику, адже ця культура досить виснажує ґрунт. Застосування органічних добрив, особливо компостів, і дає можливість досить ефективно підвищувати родючість ґрунтів.

3.1 Фізико-механічні та агробіологічні властивості матеріалу

Компостування - це процес розкладу органічних речовин під дією термофільної мікрофлори, що забезпечує підвищення температури до 70°C , що є згубною для патогенної мікрофлори, яєць і личинок гельмінтів, насіння бур'янів. Тому на першій стадії всі операції технологічного процесу направлені на отримання сумішей, що володіють оптимальними для життєдіяльності термофільної мікрофлори властивостями: вологістю суміші, реакцією середовища рН, насичення киснем повітря, відношення вуглецю до азоту.

Вологість суміші є найважливішим фактором життєдіяльності мікроорганізмів, що засвоюють поживні елементи їх водних розчинів. Компостування в буртах забезпечується при вільному доступі кисню всередину буртів, що відповідає вологості 50 - 75%. Оптимальною є вологість 65%.

Відношення вуглецю до азоту є одним із основних параметрів, що характеризують процес розкладу органічних речовин, при цьому вуглець є необхідним, як джерело енергії, а азот для побудови клітин мікроорганізмів. Найбільш сприятливим буде першопочаткове відношення близько 30. Отримання суміші із заданими властивостями залежить від властивостей вихідних компонентів.

Вологість гною визначається виходячи із заданої вологості сумі, при оптимальному вмісту сухої речовини гною до сухої речовини торффу 0,1... 0,25.

Виходячи з цього при вологості торффу 50...60% вологість нею буде в межах 88...92% рН гною не повинно перевищувати 8.

Для компостування придатні всі види торффу: верховий, перехідний та низинний, що задовольняє вимогам стандартів (табл. 3.1) [4].

Солома яка використовується для компостування є подрібненою із середнім розміром часток не більше 100...200 мм, вологість не повинна перевищувати 24% [1], вологопоглинаюча здатність не менше 200...300% [2].

Кути природного укосу компостів, перегною, торфомінеральних добрив 40...45, всіх видів гною - 55...65 [5, 6].

Таблиця 3.1 - Характеристика торффу придатного для компостування

Найменування показників	Паливний торф ГОСТ 11804-76	Торф для підстилки ГОСТ 1202-66		Торф для компостів ГОСТ 12101-66
		1 категорія	2 категорія	
Ступінь розкладу,%	-	до 15	15...25	20
Зольність,% не більше	23	10	15	25
Вміст води,% не більше	52	50	50	60
Розмір часток торффу та решток, мм	-	60	60	60
Вміст пушиці,% не більше	-	15	15	-
Вміст деревних часток,% не більше	8	10	10	10

Фізико-механічні та хімічні властивості решти вологопоглинаючих матеріалів (наповнювачів) та біологічно - активних речовин подано в таблиці 3.2 [7]

Продовження таблиці 3.2

Вид матеріалу	Вологість, %	Густина, т/м ³	Розмір часток, мм	рН	Вміст, %								Вологопоглинання, %				
					Органічна речовина	Зольність	С	N _{заг}	NH ₄	P ₂ O ₅	H ₂ O	CaO					
					Осад зброджений активним мулом	92-93	-	-	-	-	2,0	0,7		1,0	0,2	3,3	-
					Торф верховий	65-66	2-2,2	0,5	2,6	0,5	-	0,0		0,0	0,1	60	
					Перехідний	5-6	0,2-0,4	0,5	2,8	1,4	-	0,0		0,0	0,2	35	
					Низинний	5-6	0,5-5,0	0,2	0,5	50	1,6	-		0,1	0,0	46	
					Солома	16-17	0,0	10	-	0	-	0,1		0,9	0,3	20	
					Гирса	25	-	-	-	0,2	-	0,3		0,7	1,0	40	
					Деревина	60	-	80	5,0	0,2	-	0,0		0,0	-	-	
Тверді побутові відходи	40-60	0,3-0,6	25-35	5,0	0,6	-	0,5	0,6	2,0	-							
Листя дерев	14-15	-	-	-	0,8	-	0,3	0,2	2,0	20							
Лігній	60-70	-	-	2,5	0,1	-	0,0	0,0	-	-							

Ці основні характеристики складових компосту необхідно враховувати при розрахунках параметрів і режиму роботи машини для приготування компосту і проектуванню її вузлів.

Таблиця 3.3 - Приблизні показники вихідних компонентів, їх сумішей
ГОТОВОГО КОМПОСТУ

Показники	Одиниця виміру	Компоненти		Суміш	Готовий компост
		Гній	Торф		
Вологість	%	90...92	50...60	70	60-65
Реакція середовища		5,0...7,0	5,0...5,5	6,5...8,5	7,0...7,5
Відношення C:N		6...9		26...30	20
зольність	%		не більше 25	10	20...25
Наявність запаху		Запах гною	Відсутній	Запах гнилі	Відсутній
Наявність бурянів		Присутні	Відсутні	Присутні	Відсутні
Колір		Темний	Світло коричневий	темно коричневий	Світлокоричневий
Структура		Рідкий	Сипкий	Волокниста	Однорідно рихлий
Втрати органіки	%	-	-	-	20...25
Відношення гною до торфу		-	-	1:1	-
Пористість		0	0,7...0,75	0,5...0,6	-
Густина	т/м ³	1,0...1,05	1,5...0,55	0,7...0,8	0,7

3.2 Аналіз технологій приготування компостів

Технологічний процес приготування компостів включає в себе наступні операції: гарантування гною або твердих продуктів його обробки в карантинних ємностях або резервуарах накопичувачах; дозовану подачу рідких компонентів до місця змішування; зберігання і дозовану подачу наповнювача (торфу, соломи, тирси та ін.) до місця змішування; зберігання, підготовку та дозовану подачу їх до місць компостування; укладання суміші в бурти потрібних розмірів; її періодичне перемішування та правильне зберігання; навантаження готового компосту, що відповідає агротехнічним вимогам, у транспортний засіб.

Виділяють три технології приготування компостів: із змішуванням компонентів на площадці, в гноєсховищі або в стаціонарному закритому цеху [2].

Технологія приготування компостів із змішуванням компонентів на площадці здійснюють переважно при плюсових температурах. Для компостування в зимовий період створюється запас наповнювача в розрахунку на річний вихід гною із ферми чи комплексу. Запас торфу достатній для компостування з гноєм на протязі місяця повинен зберігатися на площадці із твердим покриття, розміщенні неподалік від гноєсховища. Інша частина запасу може зберігатися на площадках із спрощеним покриттям.

Торф формують в бурти трапецієвидного перерізу з основою 5 - 10 м та висотою 2,0-2.5 м за допомогою бульдозера [1, 2].

Гноєсховища виконують у вигляді траншей секційного типу шириною до 12 м і глибиною до 4 м.

Така конструкція сховищ забезпечує повне вивільнення їх, навантажувачами або начіпниками на трактор МТЗ-80 насосами ПНЖ-250 при наступному завантаженні гною в розкидачі типу РЖТ, в розкидачі напіврідкого гною або подачі безпосередньо на змішування.

Мінеральні добрива подають на змішування з гноєм та торфом модернізованими розкидачами мінеральних добрив 1-РМГ-4, КСА-3 або РУМ-5 обладнаними пристроями бічного викиду.

Змішування компонентів здійснюється бульдозерами при компостуванні як напіврідкого так і рідкого гною.

При компостуванні напіврідкого або підстилкового гною торф автосамоскидами або бульдозерами вкладають в два ряди на відставні 2,5- 3м. В проміжки між рядами вивантажують гній із розрахунку на кожен самохвал торфу один тракторний причіп або автосамоскид гною. Потім гній з торфом перемішують бульдозерами і вкладають в бурт.

Для компостування рідкого гною торф на площадці розрівнюють бульдозером шаром 0,5-0,6 м і обваловують по периферії буртом висотою 1,0-

1,5 м. Утворену чашу торфу заповнюють гноєм за допомогою розкидачів рідкого або напіврідкого гною і вносять необхідну кількість органічних добрив. Після того, як гній вбирається торфом, компоненти перемішують бульдозерами і вкладають в бурт [4].

Суміш можна готувати за допомогою машини для приготування компостів МПК-Ф-1.

Спочатку машиною формують два бурти торфу висотою 1,0- 1,5 м розміщених поряд, потім між ними розкидачем типу РЖТ вносять гній. Після цього тією ж машиною змішують компоненти і вкладають суміш в бурт.

Змішування компонентів змішувачем-аератором забезпечує більш однорідний склад суміші. Торф завозять на площадку і даною машиною формують в бурти із шириною основи 8- 10 м і висотою до 5 м. Потім на бічну грань бурта розміщену під кутом 25- 30 до горизонту, розкидачем з бічним викидом наносять шар гною та шар мінеральних добрив. При поступальному русі змішувача-аератора вздовж основи бути скребки похилого транспортера зрізають і одночасно перемішують з гноєм і мінеральними добривами шари торфу певної товщини. Після проходу машин знову наносять шар гною.

Ці операції повторюють до тих пір поки бурт не переміститься на ширину основи.

Пошаровий спосіб укладки компонентів забезпечується роботою розкидача торфу РПН-4 із агрегатом типу РЖТ, що має пристрій для бічного викиду. Торф завантажують в кузов низькорамного розкидача РПН-4, який рухається по периметру площадки змішування, рівномірно розподіляючи по ній торф шаром 5-7 см. Після цього розкидачем гною таким же чином по шару торфу розподіляють гній, а за допомогою розкидача з бічним викидом додають необхідну кількість мінеральних добрив. Ці операції чергуються до тих пір, поки висота бурта не досягне 2,0- 2,5 м.

При наявності соломи для її пошарового роз приділення із гноєм використовують переобладнаний кормороздавач КТУ- 10, над поперечним транспортером якого в проїмі вивантажувального вікна встановлюють

штифтову швирылку із частотою обертання 16 с, що забезпечує розкидання соломи смугою з регульованою шириною від 1-10 м.

З метою рихлення і насичення киснем повітря суміш в бурті періодично переміщують за допомогою навантажувачів бульдозерів, машини для приготування компостів МПК-Ф-1 або змішувача-аератора. Заглиблення робочих органів змішувача-аератора в цьому випадку може досягати 10 - 15 см. Навантаженням в транспортні засоби при вивезенні компостів можна замінити одне перемішування.

Компост в транспорті засоби або гноєрозкидачі завантажують грейферними навантажувачами ПЄ-0,8Б; ПФ-0,5; ПФ-0,75; ТО-6; ТО-18; фронтально перекидними навантажувачами ПБ-35, ПФП-1,2 або навантажувачем неперервної дії ПНД- 250 [2].

Приготування компостів із змішуванням компонентів у сховищі здійснюють у сховищах обладнаних перевантажувачами органічних добрив ПОУ-40, а також іншими промисловими чи будівельними кранами і з грейферними ковшами, як в теплий так і в холодний період року.

Запас торфу в літній період створюють для роботи в зимовий час, при цьому місячний запас складають на площадках із твердим покриттям, розміщених неподалік від ємностей змішуваних компонентів.

Гній насосами подають в розподільчу камеру, звідки він поступає в одну з карантинних ємностей, який може бути дві в розрахунку на 12 добових або 3 в розрахунку на 6 добовий вихід гною кожна. На площадки компостування гній подають насосами по розподільчій мережі або грейферами кранів.

Мінеральні добрива вносять за допомогою вдосконалених розкидачів 1-РМГ- 4,КСА- 3 або РУМ- 5.

Змішують компости почергово в одній з ємностей. Для цього спочатку на автотранспорті завозять шар торфу висотою 0,7- 0,75 м. Насосами по розподільчій мережі або грейфером на нього вкладають шар гною висотою 0,3- 0,4 м, розкидачем шар мінеральних добрив. Потім грейфером знову вкладають шар торфу. Одночасно ним же і перемішують шари торфу, гною та мінеральних

добрив. Компоненти почергово вкладають до повного заповнення ємностей компостування.

Навантаження готової продукції здійснюється за допомогою встановлених в сховищах кранів. Технологія приготування компостів із змішуванням компонентів в стаціонарному цеху здійснюють на протязі року.

Цех змішування обладнують лопатевими або шнековими змішувачами.

Торф або солома (попередньо подрібнена), ковшовими чи перекидними навантажувачами в бункери-живильники і по системі стрічкових або скребкових транспортерів в змішувач.

Гній, послід або осад Трубопровідним транспортом подають в карантинні ємності. В змішувач гній подається насосами по трубопроводах або шнековими і ковшовими навантажувачами.

Підготовленні мінеральні добрива подаються в змішувач шнековими транспортерами-дозаторами.

Змішування компонентів здійснюється або в серійних лопатевих змішувачах неперервної дії або в двошнекових змішувачах.

Готова суміш виводиться із змішувача і подається на площадку компостування, де за допомогою мобільного транспорту або мостових грейферних кранів вкладається в бурти. Борти формують змішувачами-аераторами, що використовується також для періодичного перемішування суміші в буртах з метою насичення киснем повітря, що інтенсифікує біотермічні процеси. Навантажують компост в транспортні засоби ковшовими (ТО-6; ТО-18), фронтально перекидними (ПФП-1,2 та ПФП-2) навантажувачами, або навантажувачем перервної дії ПНД-250.

Із аналізу технології приготування компостів видно, що найменших капіталовкладень потребує технологія із змішуванням компонентів на відкритих площадках. Тому їй слід надати перевагу перед іншими технологіями. В якості наповнювача слід надавати перевагу соломі, як матеріалу на добування якого не потрібно затрачати значну кількість енергій як на добування торфу.

3.3 Аналіз конструкцій робочих органів компостоприготувальних машин

Традиційно для приготування компостів використовуються бульдозер на базі гусеничного трактора. Робочий орган бульдозера виконаний у вигляді відвалу з ножем у нижній його частині. З його допомогою формуються бурти із компостною масою і здійснюється перемішування компостованої маси.

Разом із своєю простотою машина має ряд суттєвих недоліків, а саме: не висока продуктивність, високі затрати енергії, висока нерівномірність розподілу компонентів компосту по об'єму. До того ж при роботі даної машини не забезпечується потрібний температурний режим, який необхідний для проходження процесу компостування.

Машина для приготування компостів МПК-Ф-1 має робочий орган, який виконано у вигляді фрези. Фреза здійснює одночасно декілька операцій, а саме: підбирає матеріал із площадки, подрібнює та перемішує його. Перекрити ковша і лівої гусениці трактора виключає можливість попадання технологічного матеріалу під неї.

Машина також обладнана активним відсікачем маси і пасивним подільником, що дозволяє здійснювати операції по формуванню бортів добрив. Відбір маси з бурта здійснюється лівою або правою стороною ковша за допомогою активних відсікачів маси. Через вивантажувальне вікно ковша перемішані компоненти подаються на прийомний транспортер і далі на вивантажувальний, звідки поступають безпосередньо в транспортерний засіб або борт. Формується борт правою стороною ковша. Перевагою робочих органів даної машини перед робочими органами навантажувача неперервної дії ПНД- 250 є те, що ківш і фреза збільшені по ширині на 600 мм, завдяки чому можна збільшувати забір добрив, як правою так лівою частиною ковша.

До недоліків даної машини слід віднести деяку складність забору матеріалу який знаходиться в буртах висотою більше 1 мм, та не достатню висоту формування бортів з компостною масою.

Машина виготовлена фірмою "Fermes operacion SA" (Франція) має продуктивність 200 кг/год. Привод машини електричний. Оснащена вона

електродвигуном трифазного змінного струму напругою 380 В і потужністю 375 кВт. Машина має барабан, складений з двох шнеків із протилежною навивкою, транспортер подвійним ланцюгом та гребінчастий викидач. Переміщується вона з малою швидкістю, формуючи штабель заввишки 1,5- 2 м, завширшки від 4,0 до 5,0 м.

Переміщення матеріалу штабеля виконується одночасно із формуванням нового штабеля.

В Німеччині для переробки різних видів органічних відходів розроблена "Бакгус-Компост-технологія", яка передбачає інтенсивну аерацію буртів матеріалів, що компостуються спеціально створеною машиною "Бакгус-Компост". Штабелі довільної довжини заввишки до 3,0 м і завширшки до 7,0 м укладають один біля одного і протягом 6- 12 тижнів двічі на тиждень інтенсивно перемішують машиною.

Машина піднімає перед собою матеріал двома роторами і за допомогою двох шнеків переміщує його всередину штабеля і потім бітером позад себе. Таким чином позаду машини формується добре провітрений новий штабель.

Відомі компостоприготувальні машини працюють по принципово новій схемі змішування компостної суміші.

Змішувач-аератор із робочим органом виконаним у вигляді похилого скребкового транспортера, складається з рами яка причіпляється на трактор ДТ-75. З правої сторони по ходу трактора на рамі за допомогою поліспасти і канатів встановлено робочий орган у вигляді похилого скребкового транспортеру, з лівої - противага. Привод робочих органів здійснюється від ВВП трактора.

Перевагою змішувача-аератора перед рештою компостоприготувальних машин є значно менші затрати енергії, та значно менша нерівномірність перемішування матеріалу по перерізу бурта.

Перевагою змішувача-аератора перед закордонними машинами є те, що існуючі перспективні механізми передбачають перебивку бурта по всьому перерізу. При цьому перемішуються холодні та гарячі зони і марно

витрачається зайва енергія. Так наприклад витрата потужності двигуна на 1 м^3 готового компосту в середньому складає для машини БАК- ГУС 5,75 2,3 кВт год/ м^3 , тоді як для змішувача-аератора це значення - 0,75 кВт год/ м^3 .

Описуючи конструкції робочих органів та машин слід згадати про стаціонарні компостоприготувальні установки, які здійснюють змішування компонентів компосту у визначеній пропорції. Вони використовуються в технологічних процесах де подальша аерація компостів здійснюється за допомогою мобільних машин. Стаціонарна установка складається із живильника наповнюючого матеріалу, дозатора мінеральних добрив, лінії подачі рідкого гною та двошнекового змішувача, який здійснює змішування вихідних компонентів.

Перевагою стаціонарних установок перед мобільними є те, що приготування компостів можна здійснювати кругло річно. Але вони потребують значних капіталовкладень, і застосування стаціонарних установок не виключає застосування мобільних машин, а навпаки вимагає їх наявність у технологічному процесі.

Отже при виготовленні нових компостоприготувальних агрегатів слід заголострити увагу на мобільних машинах.

3.4 Агротехнічні та експлуатаційні вимоги до компостоприготувальної машини

Основними умовами отримання високоякісних компостів є температура суміші, рівномірність її по перерізу бурта і термін протікання процесу компостування.

Різноманітність фізико-механічних властивостей різних сумішей і розміщення буртів на відкритих площадках із значним коливанням зовнішніх умов не забезпечує рівномірного розподілу температури по перерізу бурта. Для забезпечення обробки всієї маси суміші в потрібному температурному режимі необхідне постійне насичення бурта киснем повітря. Машина повинна інтенсивно розрихлювати компостну масу, запобігати її ущільненню.

Компостоприготувальна машина повинна працювати таким чином, щоб нерівномірне перемішування компонентів не перевищувала $\pm 10\%$ по коефіцієнту варіації розподілу сухої речовини компонентів. Машина має забезпечувати максимальну продуктивність при мінімальних затратах енергії.

Конструкція машини та її робочих органів має бути якомога простішою і надійною. Переведення машини із робочого положення в транспортне повинно займати якомога менше часу, бути не складним і не трудоемним. При цьому необхідно забезпечити необхідне регулювання вузлів і механізмів для досягнення необхідної якості приготування компосту з різних складових.

3.5 Обґрунтування конструкції та функціональної схеми машини

Результати досліджень температурних зон в перерізі бурта компостної суміші свідчать, що необхідна для дозрівання маси температура $50-60^{\circ}\text{C}$ забезпечується в зоні, де є вільний доступ повітря.

Залежно від способу формування бурта ця зона досягає товщини 1,0-1,2 м. Але поверхневий шар (0,4-0,5 м) охолоджується до температури навколишнього середовища рис.3.1.

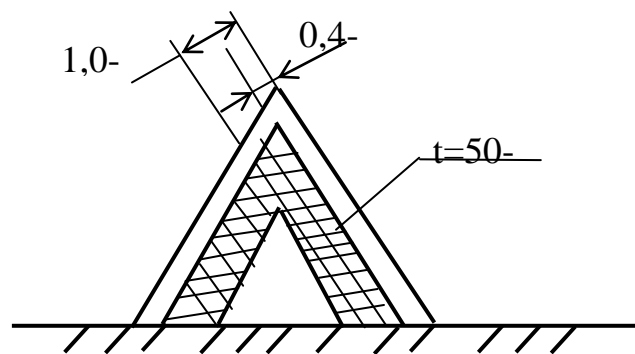


Рисунок 3.1 - Розподіл температурних зон в перерізі бурта

Принцип пошарової перебивки компостної суміші на укосі бурта передбачає періодичне (кожні 4-5 днів) перекидання змішувачем-аератором холодних шарів (0,4-0,5 м) матеріалу на протилежну грань бурта. Дана машина якісно здійснює аерацію при приготуванні компостів на основі торфу. Якщо ж

при компостуванні в якості наповнювача використовується подрібнена солома, то скребки похилого транспортера змішувача - аератора не забезпечують якісної аерації суміші.

Постало питання про розробку робочого органу компостопріготувальної машини, який би зміг здійснити якісне перемішування.

Найкраще із поставленою задачею справиться похилий гвинтовий конвеєр, що складається із двох шнеків протилежної навивки і обертання, при яких маса рухається між шнеками знизу вгору. В цьому випадку компостна суміш буде якісно перемішуватися, розрихлюватися і насичуватися повітрям.

Компостопріготувальна машина призначена для приготування компостів, аерації компостопріготувальних сумішей, та складування їх в бурти. Машина агрегується із тракторами МТЗ-80/82, ДТ-75. Складається із рами основної, встановленої на чотирьох самонапрямних пневматичних колесах. З правої сторони (по ходу трактора) шарнірно приєднана рухома рамка, яка з однієї сторони через гідроциліндр приєднана до основної рами, а з другої сторони до неї шарнірно приєднані спарений конічний редуктор. До фланців вторинних валів спарених конічних редукторів та верхньою балкою шнеки утворюють блок шнеків.

Верхня балка через регульований пристрій нахилу блоку шнеків приєднана до основної рами. Із протилежної сторони від шнеків для їх врівноваження встановлено вантаж. При робочому проході агрегату гідроциліндрами шнеки встановлюються на потрібну глибину ходу.

Шарнірне, у вертикальній площині приєднання машини до трактора через проміжну рамку у взаємодії із самоустановними опорними колесами дозволяє виконувати технологічний процес, як при русі вперед так і при русі назад.

При виконанні транспортних переїздів на великі відстані в місцях з обмеженням габаритних розмірів, машина переагреговується з трактором за схемою, при якій трактор під'єднується зі сторони противаги, а шнеки встановлюються вздовж по ходу трактора.

4 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КОМПОСТОПРИГОТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

4.1. Обґрунтування технологічного процесу та визначення параметрів

Бурти для біологічної обробки сумішей формують на рівній вологонепроникній площадці із допустимим нахилом 1-2°. Бурти повинні бути витягнуті у напрямку пануючих вітрів [8].

Розміри буртів при компостуванні залежать від інтенсивності насичення всього об'єму бурта повітрям. Виходячи з цього висота бурта повинна бути 1,5-2 м. Бурти такої висоти вкладають, як правило, бульдозерами. З метою економії площі доцільно збільшувати висоту буртів до 3-3,5 м. Приймаємо $h = 3$ м, де h - висота бурта.

Ширина бурта визначається кутом природного укосу суміші компостованих матеріалів, який коливається від 40 до 50. Прийmemo $\varphi = 45$, де φ - кут природного укосу. Раціональний кут нахилу шнеків до горизонту попередньо прийmemo $\delta = 30$.

Решту параметрів перерізу бурта визначимо із рисунка 4.1.

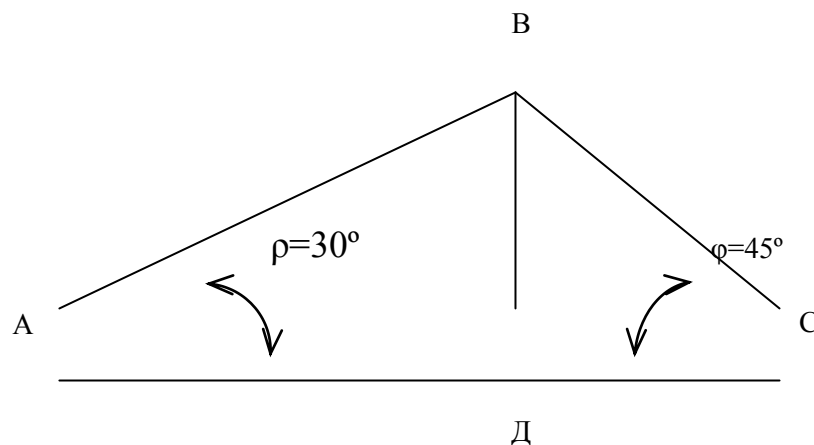


Рисунок 4.1 - Поперечний переріз бурта

$$AD = \frac{AD}{\operatorname{tg} 30^\circ} = \frac{h}{\operatorname{tg} 30^\circ} = 5,2 \text{ м} \quad (4.1)$$

$$DC = \frac{h}{\operatorname{tg}45^\circ} = 3,0 \text{ м.} \quad (4.2)$$

Ширина бурта

$$AC = AD + DC = 3,0 + 5,2 = 8,2 \text{ м.} \quad (4.3)$$

Довжина шнеків

$$AB = \sqrt{AD^2 + DB^2} = \sqrt{8,2^2 + 3^2} = 6,0 \text{ м.} \quad (4.4)$$

Оптимальне заглиблення витків шнеку в компостну суміш при аерації, якому відповідає якісне розрихлення суміші складає 150 мм. Виходячи із цього висота витка шнеку має бути в межах 180-200 мм. Приймаємо висоту витка шнеку:

$$H_B = 200 \text{ мм.}$$

Діаметр шнеку по витках D та діаметр трубчастого валу знайдемо з формули (4.5) і (4.6) користуючись методом послідовних наближень:

$$d_B = 0,33D, \quad (4.5)$$

$$d = d_B + 2H_B, \quad (4.6)$$

$d_B = 198$ мм. Приймаємо $d_B = 203$ мм

$D = 596$ мм. Приймаємо $D = 600$ мм.

При проході машини знімається, змішується і перекидається шар матеріалу, площу поперечного перерізу якого визначимо за формулою:

$$S = l \times t, \quad (4.7)$$

де l - довжина шнека $l = 6$ м.

$t = 0,15$ м - глибина шару, що знімається.

$$S = 0,15 \cdot 6 = 0,9 \text{ м}^2$$

Продуктивність агрегату визначимо за формулою:

$$W = V \cdot S \quad (4.8)$$

де V - швидкість руху трактора $V = 0,6$ км/год. [9], [10].

$S = 0,9$ - площа поперечного перерізу шару.

$$W = 560 \cdot 0,9 = 500 \text{ м}^3/\text{год.}$$

При об'ємній масі компосту $\rho = 0,7$ т/м³ масова продуктивність машини визначається за формулою:

$$W_n = W \cdot \rho = 350 \text{ т/год.} \quad (4.9)$$

4.2. Розрахунок та обґрунтування основних конструктивних параметрів робочого органу

Приймаємо, що рух матеріалу відбувається не по кожуху, а по матеріалу і шнеки працюють в докритичному режимі. Тобто, при частоті обертання шнеків, при якій матеріал не викидається за їх межі. Гранична частота обертання шнеків визначається за емпіричною формулою [11]:

$$n = 025 \sqrt{\sin \varphi + \text{tg} \varphi_1 \cos \varphi} \cdot r^{-1} \quad (4.10)$$

де $\varphi = 45^\circ$ - кут природного відходу в русі;

$\varphi_1 = 45^\circ$ - кут тертя матеріалу по лопаті гвинта;

$r = 0,3$ м - радіус шнека.

По розрахунках за формулою (4.10) отримаємо:

$$n = 0.99 \text{ об/с,}$$

Приймаємо $n = 1,0 \text{ об/с} = 60 \text{ об/хв.}$

$$\omega = 6,28 \text{ с}^{-1}.$$

Визначимо оптимальний кут підйому гвинтових ліній, при якому забезпечується максимальна осьова швидкість та продуктивність гвинтового конвеєру за формулою:

$$\alpha = 0.5 \arctg \frac{\omega_0^2 r f_2}{g \cdot \cos \gamma} - 0.5 \varphi_1, \quad (4.11)$$

де $\gamma = 60^\circ$ - кут нахилу вісі шнеків до вертикалі;

$f_2 = 1,0$ - коефіцієнт тертя матеріалу об стінку кожуха.

По розрахунках за формулою (4.11) $\alpha = 11^\circ 15'$.

Крок витка шнеку визначимо за формулою:

$$S = \pi D \operatorname{tg} \alpha \quad (4.12)$$

α - кут підйому гвинтової лінії.

$$S = 3,14 \cdot 600 \cdot \operatorname{tg} \cdot 11^\circ 15' = 0,36 \text{ м}$$

Граничний кут нахилу шнеків до горизонталі визначимо за формулою:

$$\delta_{ep} = 0,75 \left(90^\circ - (\alpha + \varphi_1) + \arcsin \left[\frac{\omega_0 r}{g} f_2 \cos(\varphi_1 + \alpha) \right] \right) \quad (4.13)$$

$$\delta_{ep} = 32^\circ 20'$$

Отже попередньо $\delta = 30^\circ$ ми прийняли вірно.

4.3. Енергетичний розрахунок робочого органу машини

Визначимо потужність, необхідну для роботи машини на повну продуктивність [11].

При роботі на повну продуктивність секундна робота на підйом матеріалу визначається за формулою:

$$A_1 = \frac{\gamma_0}{3600} \cdot Q \cdot L \cdot \sin \delta, \quad (4.14)$$

де $\gamma_0 = 700 \text{ кг/м}^3$ - густина компостної маси;

$Q = 500 \text{ м}^3/\text{год.}$ - продуктивність;

$L = 6 \text{ м}$ - довжина шнеку;

$$A_1 = \frac{700}{3600} \cdot 500 \cdot 6 \cdot 0.5 = 290 \text{ кг} \cdot \text{м/с.}$$

Секундна робота на подолання опору тертя матеріалу об лопать гвинта визначається за формулою:

$$A_1 = \frac{\gamma_0}{12gf_1} \cdot \frac{R_k \cdot H \cdot S (\omega_0 - \omega_k \sqrt{\sin \delta}) \omega_k^2 \sin \varphi_1 [3R_k^2 - 5R_k^3 2b + 2b^2 (R_k + R_B)]}{(R_k - r_b) \sin \alpha_k \cdot \sin(\alpha_k + \varphi_1)} \quad (4.15)$$

де $R_k = 0,3 \text{ м}$ - радіус шнека;

H - висота підйому $H = 3 \text{ м}$;

$S = 0,36 \text{ м}$ - крок гвинта;

$\omega_0 = 6,28 \text{ с}^{-1}$ кутова швидкість валу шнека;

$\omega_k = 4,44 \text{ с}^{-1}$ - критичні кутова швидкість матеріалу;

$r_b = 0,1 \text{ м}$ - радіус валу;

$\alpha_k = 11^\circ 15'$ - кут підйому гвинта.

При проведенні розрахунків за формулою (4.15) отримали значення

$$A_2 = 450 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

Секундна робота на подолання опору тертя матеріалів об жолоб при роботі на повну продуктивність визначається за формулою:

$$A_3 = \frac{2\pi\gamma_0 L}{g} f_2 \cdot \omega_k^2 \cdot R_k^2 \frac{[2R_k^2 - 2b(R_k + 2b)]Hn\delta}{6} \times \sqrt{\omega_k^2 \sin \delta + (\omega_0 - \omega_k \sqrt{\sin \delta})^2 \text{tg}^2 \alpha_k}$$

При проведених розрахунках $A_3 = 178 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.

Секундна робота, що затрачається на перемішування матеріалу визначається за формулою:

$$A_4 = k_{nep} (A_2 + A_3) \quad (4.17)$$

де $k_{nep} = 1,5$ - поправочний коефіцієнт;

$$A_4 = 1,5(450 + 178) = 942 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$

Таким чином, секундна робота на транспортування матеріалу буде становити

$$A = \sum_{i=1}^4 = 290 + 450 + 178 + 1,5(450 + 178) = 1860 \text{ кг} \cdot \text{м/с} \quad (4.18)$$

Потужність на валах шнеків без врахування потужності на викидання матеріалу складає

$$N' = \frac{A}{102} = \frac{1860}{102} = 18.23 \text{ кВт.} \quad (4.19)$$

При викиданні матеріалу із шнеку зі швидкістю рівною його колівій швидкості, додаткова потужність буде визначатись за формулою

$$N_{\phi} = \frac{\gamma_0 \cdot Q \cdot \omega_0^2 \cdot R_k^2}{3600 \cdot 10^3} = \frac{700 \cdot 500 \cdot 6.28^2 \cdot 0.3^2}{3600 \cdot 10^3} = 0.34 \text{ кВт} \quad (4.20)$$

Сумарна потужність на привод шнеків визначається за формулою:

$$N = N' + N_{\phi} = 18.23 + 0.34 = 18.75 \text{ кВт} \quad (4.21)$$

Сумарна потужність необхідна для роботи компостоприготувального агрегату [12]

$$N_{\Sigma} = N_T + N_{Tp} + N_M + N_{ск} + N_{ВВП} + N_{відб} + N_{опин} \quad (4.22)$$

де N_T - потужність необхідна для переміщення трактора, кВт;

N_{Tp} – втрати потужності в трансмісії трактора, кВт;

N_M – потужність на переміщення машини, кВт;

$N_{ск}$ - потужність на подолання схилів, кВт;

$N_{ВВП}$ – потужність на ВВП, кВт;

$N_{відб}$ - потужність, яка витрачається на роботу відвалу, кВт;

$N_{опин}$ - потужність на подолання опору шнеків, кВт.

Потужність на переміщення трактора:

$$N_T = G_T \cdot g \cdot f_0 \cdot V_M \quad (4.23)$$

де $G_T = 3200$ кг - маса трактора;

$f_0 = 0,15$ - коефіцієнт перекочування;

V_M - швидкість машини; $V_M = 0,155$ м/с;

$$N_T = 3200 \cdot 9,8 \cdot 0,15 \cdot 0,155 = 0,73 \text{ кВт}$$

Втрати потужності в трансмісії трактора:

$$N_{Tp} = (1 - 0,8) \cdot 58,84 = 11,77 \text{ кВт} \quad (4.24)$$

Потужність на переміщення машини:

$$N_M = G_M \cdot g \cdot f_0 \cdot V_M \quad (4.25)$$

де $G_M = 6000$ кг - маса машини з контрвагою.

$$N_M = 6000 \cdot 9,8 \cdot 0,15 \cdot 0,155 = 1,37 \text{ кВт}$$

Потужність на роботу відвалу:

$$N_{відв} = S \cdot k \cdot V_M \quad (4.26)$$

де S - площа поперечного перерізу шару компостної маси; $S = 0,08$ м².

$k = 0,3$ МПа - питомий опір компостної маси.

$$N_{відв} = 0,08 \cdot 300 \cdot 0,155 = 3,72 \text{ кВт.}$$

Потужність необхідна для подолання схилів.

$$N_{cx} = (G_M + G_{mp}) \cdot g \cdot f_0 \cdot V_M \quad (4.27)$$

Отримаємо $N_{cx} = (6000 + 3200) \cdot 9,8 \cdot 0,15 \cdot 0,155 = 0,1 \text{ кВт}$.

Потужність на подолання опору шнеком визначимо за формулою:

$$N_{опини} = S \cdot k \cdot V_M \quad (4.28)$$

де S - площа поперечного перерізу шару компостної маси, що перебуває $S = 0,9 \text{ м}^2$

$$N_{опини} = 0,9 \cdot 60 \cdot 0,155 = 8,37 \text{ кВт}$$

$$N_{\Sigma} = 0,73 + 1,77 + 1,37 + 3,72 + 0,1 + 8,37 + 23,3 = 49,3 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт використання потужності двигуна визначається за формулою:

$$\eta = \frac{N_{\Sigma}}{N_E}, \quad (4.29)$$

де N_E - потужність двигуна трактора,

$$N_E = 58,84 \text{ кВт для МТЗ-82.}$$

$$\eta = \frac{49,36}{58,84} = 0,84$$

$\eta = 0,84$ - що відповідає економічній роботі трактора.

4.4 Кінематичний розрахунок приводу робочих органів

Вихідними даними для розрахунку є потужності та кутові швидкості на валах шнеків:

$$P_{\epsilon_1} = P_{\epsilon_2} = 9,285 \text{ кВт}$$

$$\omega_{\epsilon_1} = \omega_{\epsilon_2} = 6,28 \text{ с}^{-1}$$

Визначимо потрібну потужність на ВВП

$$P_{\text{ВВП}} = P_{\text{ВВП1}} + P_{\text{ВВП2}} = \frac{P_{\epsilon 1}}{\eta_{\text{заг1}}} + \frac{P_{\epsilon 2}}{\eta_{\text{заг2}}} \quad (4.30)$$

де $\eta_{\text{заг}}$ - загальні коефіцієнти корисної дії

$$\eta_{\text{заг1}} = \eta_{\text{заг2}} = \eta_{\text{лн}} \cdot \eta_{\text{лп}} \cdot \eta_{\text{кп}} \cdot \eta_{\text{м}} \quad (4.31)$$

де $\eta_{\text{лн}} = 0,93$ - ККД ланцюгової передачі;

$\eta_{\text{кп}} = 0,955$ - ККД конічної передачі;

$\eta_{\text{м}} = 0,985$ - ККД муфти шарнірної.

$$\eta_{\text{зм}} = 0,985 \cdot 0,93 \cdot 0,93 \cdot 0,95 = 0,81;$$

$$P_{\text{ВВП}} = \frac{9,285}{0,81} + \frac{9,285}{0,81} = 22,93 \text{ кВт.}$$

Прийmemo $P_{\text{ВВП}} = 23 \text{ кВт}$

Визначимо загальне передаточне відношення число приводу

$$U_{\text{заг}} = \frac{\omega_{\text{ВВП}}}{\omega_{\text{ШН}}} \quad (4.32)$$

де $\omega_{\text{ВВП}}$ – кутова швидкість валу відбору потужності $\omega_{\text{ВВП}} = 56,52 \text{ с}^{-1}$

$\omega_{\text{ШН}} = \omega_{\epsilon 1} = 6,28 \text{ с}^{-1}$ - кутова швидкість валу шнека

$$U_{\text{заг}} = \frac{56,52}{6,28} = 9$$

З метою отримання рівних кутових швидкостей шнеків прийmemo:

$$U_{\text{кп}} = U_4 = U_6 = 1,36 \text{ та}$$

$$U_{\text{лп}} = U_3 = U_5 = 2,4$$

Тоді

$$U_2 = \frac{U_{\text{заг}}}{U_3 \cdot U_4} = \frac{9}{1,36 \cdot 2,4} = 2,76$$

Визначимо вихідні дані для розрахунку передач і деталей приводу. Потужність, кутова швидкість на першому валу, яка використовується для приводу шнека з лівою навивкою.

$$P_1 = P_{BBI1} \cdot \eta_1 = 11,465 \cdot 0,985 = 11,29 \text{ кВт} \quad (4.34)$$

$$\omega_1 = \frac{\pi n_{BBI}}{30} = \frac{3,14 \cdot 540}{30} = 56,52 c^{-1}$$

Потужність, кутова швидкість на другому валу, яка використовується для приводу шнека з правою навивкою.

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{m1} = 10,5 \text{ кВт}$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{U_2} = \frac{56,52}{2,76} = 20,5 c^{-1}$$

Потужність, кутова швидкість на третьому валу:

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_{m2} = 10,5 \cdot 0,93 = 9,765 \text{ кВт}$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{U_3} = \frac{20,5}{2,4} = 8,54 c^{-1}$$

Потужність та кутова швидкість на четвертому валу:

$$P_4 = P_3 \cdot \eta_{кн} = 9,765 \cdot 0,955 = 9,285 \text{ кВт}$$

$$\omega_4 = \frac{\omega_3}{U_{кн}} = \frac{8,54}{1,36} = 6,28 c^{-1}$$

Потужність, кутова швидкість на першому валу яка використовується на привод шнека із правою навивкою:

$$P_1 = P_1 = 11,29 \text{ кВт}$$

$$\omega_1 = 56,52 c^{-1}$$

Потужність, кутова швидкість на другому валу для приводу шнека з правою навивкою

$$P_2 = P_2 = 10,5 \text{ кВт}$$

$$\omega_2 = 20,5 c^{-1}$$

Потужність, кутова швидкість на п'ятому валу

$$P_5 = P_3 = 9,765 \text{ кВт}$$

$$\omega_5 = \omega_3 = 8,54 c^{-1}$$

Потужність, кутова швидкість на шостому валу:

$$P_6 = P_4 = 9,285 \text{ кВт}$$

$$\omega_6 = \omega_4 = 6,28 \text{ с}^{-1}$$

Крутні моменти на валах привода визначаються за формулою:

$$T = 10^3 \frac{P}{\omega} \quad (4.35)$$

де P - потужність, кВт

ω - кутова швидкість, с^{-1}

$$T_1 = T_{11} + T_{22} = \left(\frac{P_{11}}{\omega_1} + \frac{P_{12}}{\omega_2} \right) \cdot 10^3 = 2 \cdot 10^3 \cdot \frac{11,29}{56,52} = 399,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_2 = T_{21} = T_{22} = \left(\frac{P_{21}}{\omega_2} + \frac{P_{22}}{\omega_2} \right) \cdot 10^3 = 2 \cdot 10^3 \cdot \frac{10,5}{20,5} = 1024,39 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_3 = 10^3 \frac{P_3}{\omega_3} = 10^3 \frac{9,765}{8,54} = 1143 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_4 = 10^3 \frac{P_4}{\omega_4} = 10^3 \frac{9,285}{6,28} = 1480 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_5 = T_3 = 1143 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_6 = T_4 = 1480 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

4.5 Розрахунок на міцність деталей розроблюваного робочого органу

Проведемо розрахунок на міцність для трубчастого валу шнека компостоприготувальної машини.

Вихідними даними для розрахунку є зовнішній діаметр трубчастого валу $d=203$ мм, матеріалом труби приймаємо сталь Ст. 5, для неї приймаємо $[\tau]=20$ МПа, $[\sigma]=50$ МПа. Крутний момент, що скручує вал шнека $T=1480$ Н·м.

Під час роботи шнеків частина міжшнекового простору постійно заповнена компостною сумішшю. Об'єм суміші наближено визначимо за формулою:

$$V = \frac{\pi}{12} (D^2 - d^2) \cdot L \quad (4.36)$$

де $D = 0,6$ м - діаметр шнека по витках;

$d = 0,203$ м - діаметр труби;

$L = 6$ м - довжина шнеку.

$$V = \frac{3,14}{12} (0,6^2 - 0,203^2) \cdot 6 = 0,5 \text{ м}^3$$

Маса цього матеріалу $m = \rho \cdot V = 0,5 \cdot 0,7 = 0,35 \text{ т} = 350 \text{ кг}$.

Навантаження з боку компостної маси на шнек є рівномірно розподіленим.

Для спрощення розрахунку рівномірно розподілене навантаження замінимо зосередженою силою, яка визначається за формулою:

$$P = \frac{mg}{2} = \frac{350 \cdot 9,8}{2} = 1715 \text{ Н} \quad (4.37)$$

і будемо вважати, що вона прикладена на відстані, що дорівнює $L/2$ від опори.

Максимальний згинальний момент від зосередженого навантаження визначається за формулою:

$$M_{зг} = \frac{P \cdot L}{4} \quad (4.38)$$

де $L = 6$ м - довжина шнеку.

$$M_{зг} = \frac{1715 \cdot 6}{4} = 2572 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Еквівалентний згинаючий момент, що діє на вал шнеку визначимо за формулою:

$$M_E = \sqrt{M_{зг}^2 + 0,75T^2} \quad (4.39)$$

де $M_{зг}$ – згинаючий момент

$T = 1480$ - крутний момент

$$M_E = \sqrt{2572^2 + 0,75 \cdot 1480^2} = 2874 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Будемо вважати, що $\sigma_E = [\tau] = 20$ МПа. Момент опору перерізу вала визначимо за формулою:

$$W = \frac{M_E}{\sigma_E} = \frac{2874}{20} = 1,44 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \quad (4.40)$$

Внутрішній діаметр труби вала визначимо за формулою:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt[4]{d^4 - \frac{32W \cdot d}{\pi}}, \quad (4.41)$$

де $d = 0,203$ м - зовнішній діаметр труби,

При проведених розрахунках отримаємо значення $d = 0,193$ м. Товщина стінки труби визначимо за формулою

$$\delta_{\text{ст}} = \frac{d - d_{\text{вн}}}{2} = \frac{0,203 - 0,193}{2} = 0,005 \text{ м}. \quad (4.42)$$

Приймаємо $\delta_{\text{ст}} = 5$ мм

Остаточно приймаємо для вала шнека:

$$\text{Труба } \frac{203 \times 5 \times 1250_{\text{кр}} \text{ ГОСТ } 8732 - 70}{\text{БСт } 5\text{сн} \text{ ГОСТ } 8731 - 74}.$$

Отримані розрахунки використовуємо для розробки креслень відповідних вузлів і деталей машини.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Загальний стан охорони праці при роботі компостоприготувальної машини

Для покращення охорони праці, скорочення кількості нещасних випадків при роботі компостоприготувальної машини необхідно регулярно проводити навчання та інструктаж всіх працюючих по охороні праці. Необхідно проводити оперативний контроль відповідності дій працівників до вимог, які викладені в інструктажі, правилах, інструкціях, нормах, стандартах.

До керування колісними тракторами допускати трактористів, що зали екзамен по правилах дорожнього руху, зі стажем роботи не менше двох років. а гусеничними тракторами менше одного року.

Необхідно виготовити та постійно контролювати наявність та справність захисних кожухів ланцюгових передач приводу шнеку та захисного кожуха вала відбору потужності.

Слід контролювати справний стан канатів розтяжного механізму та гідроприводу.

Перед виконанням робіт декількома робітниками необхідно призначити старшого для контролю за безпекою праці.

Для запобігання забруднення повітряного середовища в кабіні трактора при аерації компостованої маси слід обладнувати кабінку трактора припливною системою вентиляції.

Для забезпечення необхідного температурного режиму в кабіні трактора має бути встановлено кондиціонер [13].

5.2 Виробничі небезпеки можливі при роботі машини та методи їх усунення

При розробці заходів з охорони праці в господарстві слід керуватися

Таблиця 5.1 Аналіз процесів формування та виникнення травмо-небезпечних ситуацій при роботі компостоприготувальної машини

Найменування технологічного процесу, склад агрегату	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання можливим небезпечним ситуаціям
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
1. Аерація компостної маси (МТЗ-82 + компостоприготувальна машина)	1.1 Витки шнеків заплили компостною масою	Очистка шнеків працівником при їх обертанні	Захват кінцівок шнеками	Травми кінцівок, смертельні наслідки	Заборонити очистку шнеків при ввімкненому двигуні
	1.2 Знаходження людей в зоні руху компостоприготувального агрегату	Контроль за якістю роботи	Наїзд на людину	Травми, летальні випадки	Заборонити знаходження людей в зоні руху агрегату при його роботі
	1.3 Відсутність захисного кожуха на ВВП	Усунення несправностей або проведення ТО при ввімкненому ВВП	Захват одягу ВВП	Травми кінцівок, каліцтва, смерть	Встановити кожух на ВВП
	1.4 Відсутність захисних кожухів на ланцюгових передачах	Усунення несправностей або проведення ТО	Захват одягу чи кінцівок	Травми кінцівок, каліцтва, смерть	Встановити захисні кожухи на ланцюгові передачі
2 Транспортування (МТЗ-82 + компостоприготувальна машина)	Машина не переагрегована відповідно до вимог, місцевість має нерівну поверхню	Здійснюється транспортування переобладнаної машини. Транспортування здійснюється на високій швидкості	Перекидання машини. Перекидання трактора	Аварія, травма	2.1 Транспортування на великі відстані проводити лише в переагрегованому стані. 2.2 Не перевищувати допустиму швидкість

«Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві», затвердженими наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542) [15].

При роботі компостоприготувальної машини можуть виникати виробничі небезпеки, які можуть призводити як до легких травм так і до летальних наслідків.

Небезпеки, наслідки, до яких вони можуть призвести та заходи по запобіганню небезпек представлено у вигляді таблиці (табл. 5.1).

5.3 Екологічна ефективність використання компостоприготувальної машини

Сучасний стан сільськогосподарського виробництва пов'язаний із охороною навколишнього середовища від забруднення відходами тваринництва. Вважається, що за стійловий період 180-200 діб вихід гною від однієї голови великої рогатої худоби становить 6–7 тон, свиней 1–1,2 тони.

В процесі розкладу гною утворюється шкідливі речовини. Зокрема бактерії сечовину перетворюють на карбоніт, який потім перетворюється на аміак, що значною мірою забруднює повітря.

Будівництво великих тваринницьких комплексів пов'язано з проблемою переробки гною, що обумовлює виникнення цілого ряду екологічних проблем і забруднює землі, воду, повітря.

Виходячи із санітарно-ветеринарних вимог розроблено ряд енергозберігаючих природоохоронних технологій утилізації органічної маси, де основним елементом є дотримання вимог екології, на що і направлена наша розробка.

Дотримання вимог технології забезпечить інактивацію насіння бур'янів, збереження поживних азотних, калійних та фосфорних речовин при зменшенні їх, втрат на 3 – 5%, мінералізацію органіки до 40%.

За рахунок використання даної розробки, яка сприяє підвищенню якості органічних складових, що у свою чергу призводить до підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь. Реально зменшуються об'єми застосування мінеральних добрив заводського виготовлення.

6. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ

Капітальні вкладення визначаються за формулою:

$$K = G_{TM} \cdot B_M \quad (6.1)$$

де $G_{TM} = 450$ кг - маса металу, що іде на удосконалення машини;

$B_M = 27,00$ грн. /кг - вартість металу;

$$K = 450 \cdot 27,0 = 12150 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні затрати на створення однієї машини визначаються за формулою:

$$\xi = Z_{II} + B_E + H_{CB} + B_A \quad (6.2)$$

де $Z_{II} = 250$ грн. - заробітна плата (за умови мінімальної заробітної плати 6000 грн./місяць).

Оскільки витати часу на всі роботи пов'язані із розробкою складають 1000 год., то:

$$Z_{II} = \frac{1000}{7} \cdot 250 = 35714,29 \text{ грн.}$$

$B_E = 1,68$ грн./кВт - вартість затраченої електроенергії

$$B_E = 1,68 \cdot 1000 = 1680 \text{ грн.}$$

де H_{CB} - нарахування на соціальні витрати (37 % Z_{II})

$$H_{CB} = 13214,29 \text{ грн.}$$

B_A - витрати на амортизацію (15% від K)

$$B_A = 1822,5 \text{ грн.}$$

$$\xi = 35714,29 + 1680 + 13214,29 + 1822,5 = 52431,1 \text{ грн.}$$

Витрати палива при агрегуванні машини за одну годину визначимо за формулою:

$$G_{II} = \frac{g_E}{1000} N_{EH} \cdot \eta_E \quad (6.3)$$

де $g_E = 250$ г/кВт·год. - питома витрата палива на одиницю потужності;

$N_{EH} = 58,84$ кВт - ефективна потужність трактора;

$\eta_E = 0,84$ – коефіцієнт використання ефективної потужності.

Змішувач-аератор із скребковим робочим органом:

$$N_{EH} = 66,19 \text{ кВт, } \eta_E = 0,8;$$

$$G_{II} = \frac{250}{1000} \cdot 66,19 \cdot 0,8 = 13,24 \text{ кг/год.}$$

Приведені затрати визначимо за формулою:

$$P_3 = C + E \cdot K \quad (6.4)$$

де C - собівартість (експлуатаційні витрати)

$E = 0,15$ - коефіцієнт;

K - капітальні вкладення.

$$P_3 = 52431,1 \cdot 0,15 + 12150 = 20014,67 \text{ грн.}$$

Строк окупності капітальних вкладень визначається за формулою:

$$T = \frac{K}{(C_K - C_H)} \text{ п 8 років} \quad (6.5)$$

Таблиця 6.1. Економічні показники впровадження нової машини

№ п/п	Найменування	Базова машина	Нова машина
1	Капітальні вкладення, грн.	23000	12150
2	Експлуатаційні витрати, грн.	5600	2400
3	Витрати палива, кг/год.	13,24	13,24
4	Приведені затрати, грн.	30864,67	20014,67
5	Економічний ефект, грн.	--	10850
6	Строк окупності затрат, років		0,21

де $K = 12150$ грн. - капітальні вкладення;

C_c - собівартість виготовлення старої машини;

$C_H = 52431,1$ - собівартість виготовлення нової машини.

$$T = \frac{12150}{(109056,7 - 52431,1)} = 0,21 \text{ років}$$

Показники економічної ефективності впровадження нової машини для приготування компосту в умовах господарства приведені в таблиці 6.1.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Природноекономічні умови в господарстві сприятливі для вирощування цінної олійної культури – соняшнику. Але для високої рентабельності необхідно впроваджувати нові високопродуктивні сорти і гібриди, нові технології і техніку. На підставі аналізу сучасних технологій розроблена удосконалена технологія вирощування соняшнику в умовах господарства, визначено набір машин і основні технологічні показники.

2. На основі проведеної роботи можна сказати, що компостування - один із найперспективніших напрямів для підвищення урожайності у сільськогосподарському виробництві.

3. Оптимальні розміри поперечного перерізу буртів: висота - 3 м, основа 8-10 м. В результаті проведеної роботи ми прийшли до висновку, що машина повинна бути мобільною, енергетичним засобом має бути трактор тягового класу 1,4. Оптимальна продуктивність 300 - 400 т/год.

4. Приготування компостів найкраще здійснюється машиною із робочим органом у вигляді двошнекового гвинтового конвеєра. Оптимальні параметри робочих органів компостопріготувальної машини:

- Діаметр шнека, м - 0,6;
- Довжина шнеків, м - 6,0;
- Крок витків шнеку, м - 0,36;
- Частота обертання шнеків, об/хв. - 60,0;
- Кут нахилу робочого органу, град - 30,0;
- Робоча швидкість машини, км/год. - 0,56.

5. Застосування даної машини призведе до підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь та покращення екологічного стану навколишнього середовища.

6. Застосування машини забезпечує зменшення приведених затрат на 65% і затрати на модернізацію окупаються протягом першого року її експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кириченко В.В., Красиловець Ю.Г., Аладьїна З.К., Мироненко Л.О. Технологія вирощування соняшнику на товарних посівах// <http://www.semagro.com.ua/info/tehnologija-viroshuvannja-sonjashniku-na-tovarnih-posivah-251.html>.
2. Маслак О. Поточний стан та перспективи ринку соняшнику/ Агробізнес сьогодні. - 31 жовтня 2017.
3. Занько М. Соняшник зібрать – не поле перейти// Пропозиція. - №10 (220), 2013. – с. 122-125.
4. Маслак О. Соняшникові прогнози// Агробізнес сьогодні. - №17 (240), вересень 2012. – с.12 – 14.
5. Маслак О. На черзі – пізні культури// Пропозиція. - №9, 2012. - с. 24-29.
6. Шкрудя Р.І., Гайдаш В.Д., Гриднєв Є.К. та ін. Операційна технологія вирощування олійних культур. – К.: Урожай, 1991. – 472 с.
7. Лиекнинс Н., Пирожак Б. Органические удобрения – простое и выгодное решение // Новини агротехніки. - №2, 2009. – с. 26 – 29.
8. Клименко М. Твердим органічним добривам – роторні машини// Техніка АПК. - №7 (липень), 2003. – с. 7-8.
9. Шайхов М.К., Кудзиев Э.П., Шебалкин А.Е. Новые машины для внесения органических удобрений// Механизация и электрификация сельского хозяйства. М., № 5, 1999. – с. 8 – 11.
10. 4. Ярошенко В. Як знизити нерівномірність внесення органічних добрив кузовними розкидачами// Техніка АПК. - №3, 1997. с.- 19 – 21.
11. Марченко Н.М., Личман Г.И., Шебалкин А.Е. Механизация внесения органических удобрений. – М.; ВО «Агропромиздат», 1990. 207 с.
12. Воронюк Б.А., Пьянков А.И. и др. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений. М., «Колос». – 1970. – 423 с.

13. 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.

14. 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.

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

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

17. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. – 6-е вид., перероб. і допов. – К.: Урожай, 1992. – 448 с.

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

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

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. Конарєв 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.

