

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

ЛІТВІНОВ ВЛАДИСЛАВ ЄВГЕНОВИЧ

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
завідувач кафедри механізації
сільського господарства
канд. техн. наук, доцент
_____ Анатолій ПОЛЯКОВ
«__» _____ 2023 р.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕРОБКИ КУРЯЧОГО
ПОСЛІДУ
Спеціальність 208 Агроінженерія

Кваліфікаційна робота
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Керівник:

канд. техн. наук, доцент
Вадим ВОЛОХ

Оцінка: ____/____/_____
бали/за шкалою ЄКТС/за національною шкалою

Київ – 2023

1 АНАЛІЗ ВПЛИВУ ГНОЮ ТВАРИН НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЙОГО УТИЛІЗАЦІЇ

1.1 Чинники негативної дії тваринницьких підприємств на навколишнє середовище

Аналізуючи вплив тваринницьких підприємств на навколишнє середовище можна виділити ряд основних чинників, що ведуть до негативних наслідків, пов'язаних зі змінами довкілля від виробничої діяльності. Це високий рівень забруднення поверхневих вод, що викликає деградацію водойм, зростаючі викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних і пересувних джерел, розміщення відходів з порушенням діючих санітарних норм, їх низький рівень знешкодження, переробки і вторинного використання, деградація земель, обумовлена порушеннями їх використання. Що викликає скорочення біологічної різноманітності і пов'язане з цим зниження здатності природи до саморегуляції.

Основною проблемою і складністю при оцінці негативної дії тваринницьких підприємств на довкілля є її дифузний характер, розосередження на великій території і практично відсутність точкових джерел викиду і скидання.

Негативний вплив на довкілля більшою мірою пов'язаний з низькою ефективністю роботи з гноєм і послідом. Аналіз функціонування сільгосппідприємств показав, що більшість господарств занижують об'єми гною, що утворюється, і посліду, представляючи його повністю внесеним в ґрунт навіть за відсутності достатніх власних площ і документів на передачу їх іншим організаціям. Негативний вплив на довкілля в сільськогосподарських підприємствах роблять наступні об'єкти: приміщення для утримання худоби і птиці, гноєсховища, установки і майданчики компостування, техніка для внесення органічних добрив та ін.

Основні вимоги до сховищ гною і посліду: достатній об'єм, гідроізоляція основи і стін, наявність збірників і водовідвідних каналів по периметру

майданчика не завжди виконуються і є головними причинами негативної дії на довкілля.

Слід зазначити, що достатньо часто спостерігається невідповідність місткості сховищ фактичному накопиченню гною і посліду в період неможливості його внесення. Це відбувається, передусім, внаслідок застосування застарілих нормативів виходу гною і посліду від однієї голови тварин і птаха, у тому числі відсутності обліку різко збільшеної в останні роки їх продуктивності, що привело до збільшення питомого виходу гною і посліду, не врахованого в діючих нормативах. У ряді господарств має місце недостатня кількість сільськогосподарських угідь для повного використання гною і посліду як органічного добрива, що призводить до застосування підвищених доз внесення і неминучого попадання частини гною, посліду у водні об'єкти і ґрунтові води. Це, в першу чергу відноситься до птахофабрик і свинокомплексів, що мають недостатні для повного використання гною, посліду площі сільськогосподарських земель. Результати обстежень показують, що багато сховищ переповнені, надмірні маси гною складаються навалом, що призводить до забруднення території сховищ по периметру, стіканню рідкої фракції за межі сховища.

Негативній дії піддаються, передусім, основні компоненти природного середовища: ґрунт, поверхневі води і атмосферне повітря. До об'єктивних причин ситуації, що склалася, можна віднести недоліки матеріально-технічної бази і диспаритет цін в аграрному секторі, а також суб'єктивні причини по організації робіт накопичення, зберігання і використання гною керівництвом сільськогосподарських підприємств.

Аналіз існуючих методів підготовки гною і посліду до використання показав, що основним способом підготовки залишається тривала витримка їх в сховищах, часто не герметичних, що не є ефективним методом, оскільки не забезпечує виконання агрохімічних і санітарно-гігієнічних вимог. Однією з вимог безпечного використання органічних добрив є відповідність доз внесення по поживних речовинах групи NPK екологічним вимогам. Такий

підхід в сільськогосподарських підприємствах відсутній, вміст поживних речовин гною не контролюється і не враховується при внесенні органічних добрив в ґрунт. В процесі руху гною і посліду від тварини до кореневої системи рослин втрачається за оцінками різних авторів по азоту до 85%, по фосфору і калію 40-50% від початкового складу [4-7].

У господарствах спостерігаються значні втрати питної води. Аналіз документів по водоспоживанню і водовідведенню показує, що вода використовується для напування тварин, підмивання вим'я при доїнні корів, миття молочного устаткування і доїльних майданчиків, приготування кормів на свинофермах, а також для побутових потреб обслуговуючого персоналу. У господарствах, як правило, використовується вода з артезіанських свердловин. Близько половини споживаної води йде на утворення молока, приріст маси тіла, випар через шкіру тварин. Інша її частина виходить з ферм у вигляді сечі тварин, що поступає в гній, або стічних вод, які далі безпосередньо або після очищення поступають у водні об'єкти. Водовідведення включає, передусім стічні води, що утворюються при доїнні корів, митті доїльного устаткування і доїльних майданчиків. Як правило, на фермах є колодязі - накопичувачі стічних вод, з яких вода подається на комунальні очисні споруди або вивозяться на рельєф полів. У ряді випадків стічні води скидаються прямо в меліоративні канали. Втрати води в господарствах досягають 50% і більше. На екологічну обстановку птахоферм негативний вплив роблять зливі стоки з території ферм, що мають у своєму складі значний вміст забруднюючих речовин. Як правило, на фермах зливі стоки стікають по ухилу території відповідно до рельєфу навколишньої місцевості. Щоб запобігти їх попаданню у водні джерела, навколо ферм, і особливо нижче ферм по ухилу, будуються захисні канали.

Проте, на деяких фермах такі споруди відсутні і забруднені зливі води скидаються у відкриті меліоративні канали.

Основною екологічною проблемою технологій переробки гною і посліду є втрати біогенів в процесі виробничого циклу приготування і використання

органічних добрив. Біогени - елементи, необхідні для життєдіяльності організмів, надлишок або недолік яких може стати причиною порушення нормального функціонування екосистем. Біогени - хімічні елементи, що необхідні для існування живих організмів і входять до складу їх тел. До цих елементів нині відносять Н, С, N, O, P, S, Na, K, Mg, Ca, Zn, Mn, Fe, Co, Mo, Cu [8, 9-11]. По концентрації елементів в організмі біогенні елементи ділять на три групи:

1. макроелементи;
2. мікроелементи;
3. ультрамікроелементи.

Біогенні елементи, вміст яких перевищує 0,01 % від маси, відносять до макроелементів. Біогенні елементи, сумарний вміст яких складає величину близько 0,01 %, відносять до мікроелементів. Елементи, вміст яких менше ніж 10^{-5} %, відносять до ультрамікроелементів. Питання втрат біогенів при сільськогосподарському виробництві пов'язане із залученістю сільськогосподарського виробництва у біохімічні цикли і дією потоків речовин на екосистеми і здоров'я людей. Для цього підходу доцільно розглядати макроелементи, як біогенні елементи, що мають найбільші значення концентрації в живій речовині. До макроелементів відносяться: вуглець, водень, кисень, азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірка і деякі інші, проте основними елементами, залученими у біохімічні цикли, є вуглець, кисень, азот, фосфор і калій і якщо вуглець і кисень споживаються рослинами через повітряне живлення і знаходяться в атмосферному повітрі в достатніх об'ємах, то потоки руху азоту, фосфору і калію традиційно вивчалися з метою мінімізації втрат.

Тваринницьке підприємство як джерело негативної дії на довкілля - дуже складна система з множиною взаємозалежних показників. Дія на довкілля окремих об'єктів тваринницького підприємства представлена на рисунку 1.1. З рисунка видно, що основна негативна дія на довкілля відбувається при втратах таких біогенних елементів як азот (N) і фосфор (P).

При цьому хімічні сполуки азоту представляють найбільшу небезпеку зважаючи на їх рухливість в повітряному, водному і ґрунтовому середовищі. Викиди закисів азоту N_2O мають істотний вплив на парниковий ефект [9-14].

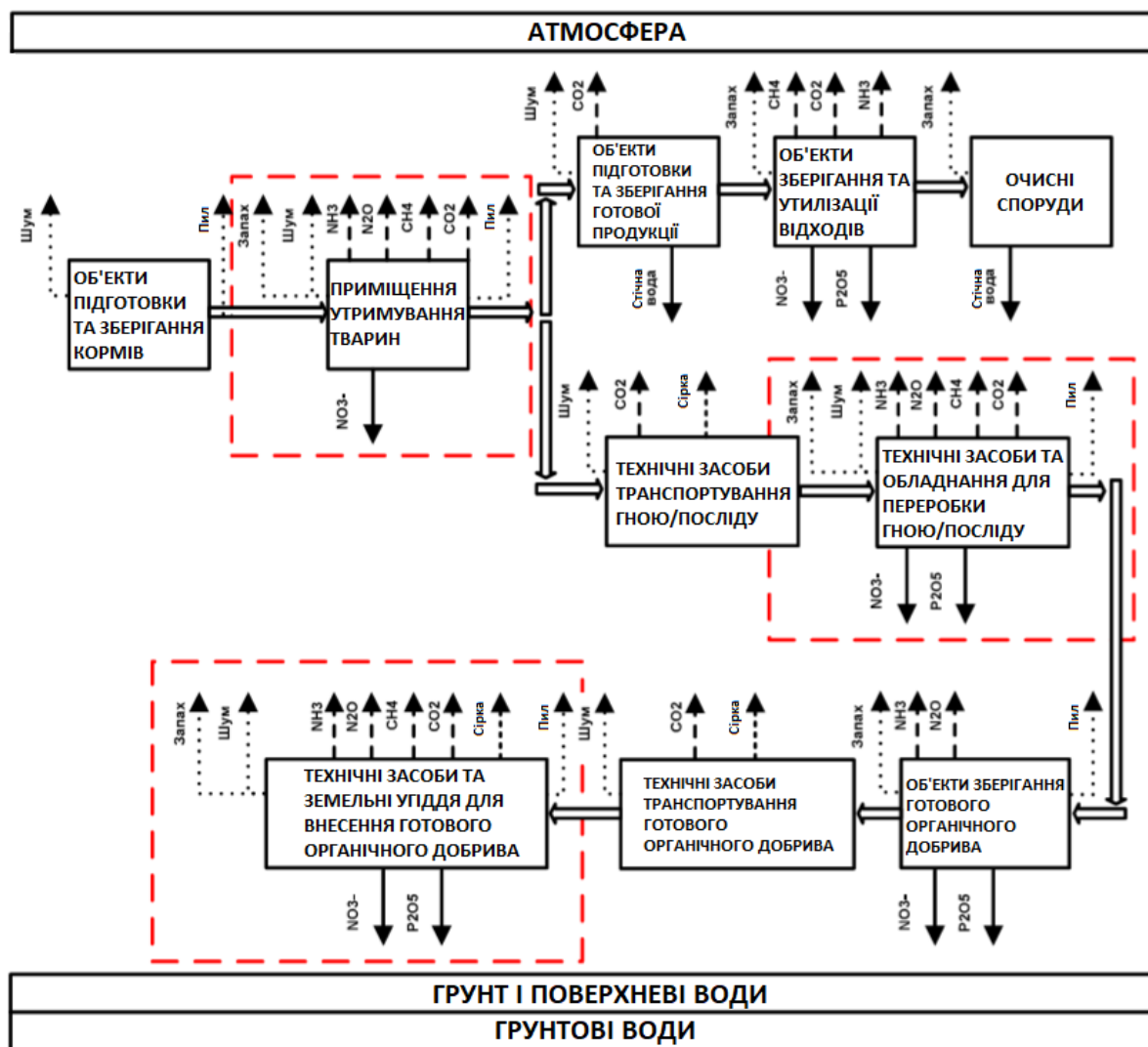


Рисунок 1.1 - Основні блоки тваринницького підприємства та їх негативний вплив на навколишнє середовище

Таким чином, основними індикаторами негативної дії на довкілля є біогенні елементи - азот і фосфор. При цьому у більшості країн азот є головним індикатором оцінки негативної дії при виборі технологій виробництва тваринницької продукції [2, 15, 16]. Зважаючи на дослідження учених, було визначено негативну дію на довкілля тваринницького підприємства в результаті виділення азотовмісних газів і стоків [17]. Величини втрат

біогенних елементів при функціонуванні тваринницького підприємства представлені на рисунку 1.2.

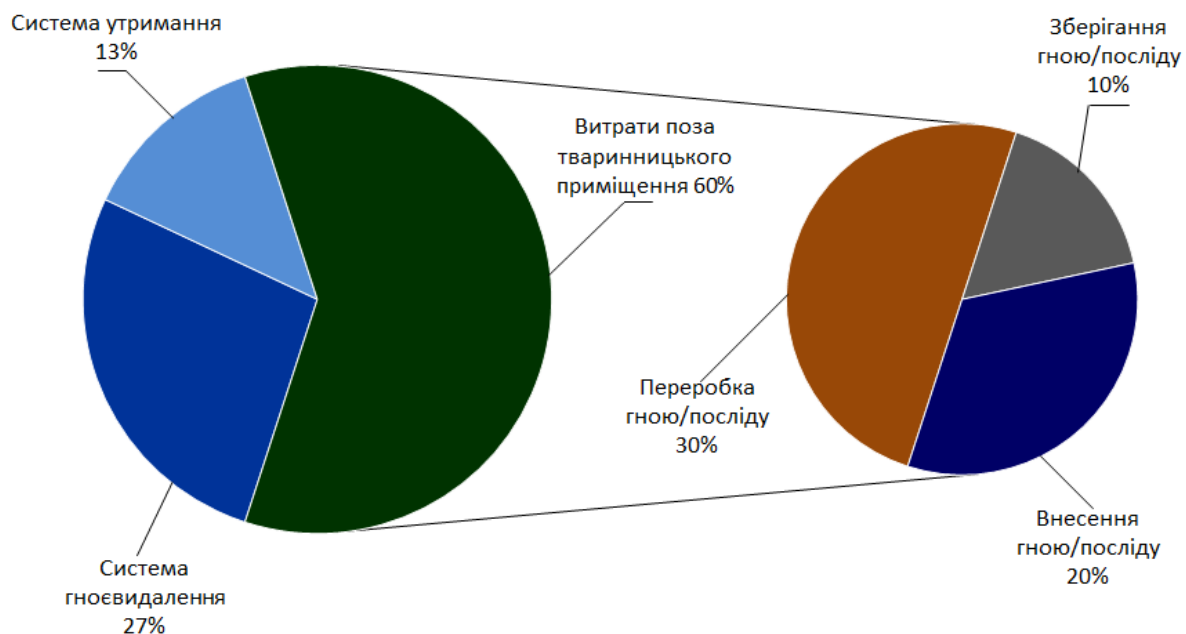


Рисунок 1.2 Негативний вплив на навколишнє середовище тваринницького підприємства

З рисунка 1.2 видно, що більше 60% азотовмісних виділень доводиться на процеси, що відбуваються поза тваринницьким приміщенням при переробці (30%), внесенні (20%) і зберіганні (10%) гною, посліду.

На підставі вищевикладеного прийнято, що для обґрунтування екологічній складовій критеріїв оцінки технологій утилізації гною, посліду в якості індикатора необхідно використати потрапляння азоту до довкілля (втрати).

1.2 Аналіз технологій і технічних засобів переробки гною і посліду

Величезний вклад у вивчення і розробку технологій і технічних засобів видалення, переробки і використання гною і посліду внесли такі вчені як [18, 19, 20-28 та інш.].

Технології виробництва органічних доголівши з продуктів життєдіяльності тварин є складними системами, що включають сукупність окремих процесів і операцій, сформованих в певній послідовності.

Співвідношення і вибір технологічних процесів в системі утилізації гною визначають у кожному конкретному випадку на стадії проектування об'єктів. Блок-схема визначення основних техніко-економічних показників функціонування систем гноєвидалення, транспортування гною і підготовки добрив на його основі. Аналіз технологій і технічних засобів, використовуваних господарствами нині, показує, що вони не повною мірою забезпечують:

- механізацію внесення підстилки і очищення стійл;
- транспортування гною без втрат до місць переробки і зберігання;
- приготування органо-мінеральних добрив зі збалансованим складом поживних речовин;
- дотримання вимог по захисту довкілля;
- захист від попадання в гній зливових і талих вод.

Окрім цього, вони мають високу енергоматеріаломісткість.

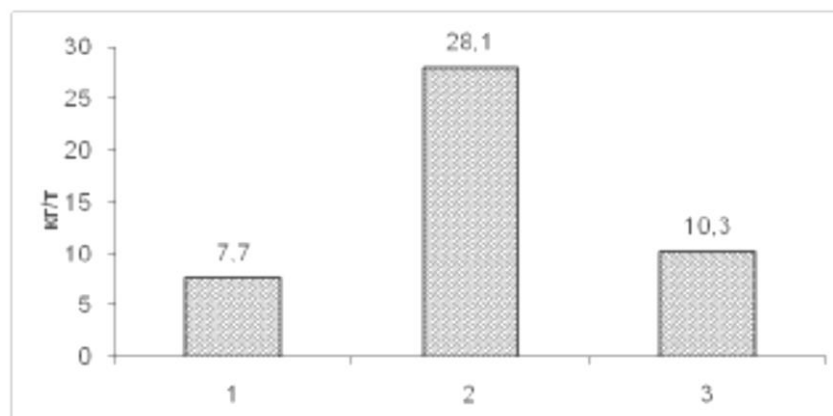


Рисунок 1.3 - Питома металоємність технологічних ліній на 1 т початкового гною

1 – технологічній лінії виробництва компостних сумішей; 2 - технологічній лінії анаеробного зброджування гною; 3 - технологічній лінії розділення гною на фракції

Очевидно, що найбільш ефективний шлях зниження кошторисної вартості будівництва систем утилізації гною, енергетичних і трудових витрат, а також експлуатаційних витрат - це зменшення виходу маси стоків з виробничого сектора підприємств, що може бути забезпечене лише за рахунок скорочення потрапляння води в систему гноєвидалення. Тому вдосконалення систем видалення гною має бути спрямоване, в першу чергу, на застосування безводних способів його прибирання і переробки. Внаслідок цього найбільше поширення в тваринництві отримали механічні способи прибирання гною. Механічне прибирання гною здійснюють бульдозерами, фронтальними погрузчиками і іншими мобільними, спеціально для цієї мети пристосованими засобами, а також за допомогою таких стаціонарних установок безперервної дії як скребкові, шнекові, штангові транспортери і скреперні установки. При використанні гідрозмивних і рециркуляційних систем гноєвидалення практикується розбавлення початкового гною водою, що різко здорожує його подальшу переробку. Відмінність цих систем полягає в тому, що в системі гідрозмиву, при розбавленні гною використовуються великі об'єми води, а рециркуляційних - рідка гнойова фракція, що вимагає забезпечення заходів по запобіганню епізоотії. Самопливна система не вимагає додаткового розбавлення початкового гною водою, але надійна робота системи забезпечується лише при безперебійному годуванні тварин тільки збалансованими комбікормами тонкого помелу, за відсутності всякого розбавлення початкового гною водою з несправних напувалок, дренажною водою після миття устаткування і за відсутності попадання в початковий гній

сторонніх включень і предметів. Нині велика частина свинарських підприємств використовують самопливну систему гноєвидалення.

Спосіб утримання тварин і система гноєвидалення визначають реологічні властивості отриманого гною.

Екскременти є сумішшю твердих і рідких виділень тварин (калу і сечі) без домішки сторонньої води, залишків корму, підстилки і чужорідних включень. Рідкими екскрементами (гнойова маса, що обводнює) є структуровану грубодисперсну систему, яка оцінюється двома реологічними характеристиками: структурною в'язкістю η , Па·с, і граничною напругою зрушення τ_0 , Па.

Зі зменшенням вологості гнойової маси її в'язкість і гранична напруга зрушення зростають. При цьому в діапазоні вологості 84-86 % значень властивості плинності істотно знижуються. Із зростанням температури значення в'язкості і граничної напруги зрушення зменшуються, причому найрізкіше при температурах в діапазоні 5-35 °С. Руйнування просторової структури гною з підвищенням температури обумовлено наявністю в ній великих включень, сприяючих в цих умовах швидкому розшаруванню суміші з утворюванням у верхніх кулях міцної кірки з волокнистих часток. У свіжого рідкого коров'ячого гною в'язкість змінюється від 0,3 до 7,8 Па·с при зниженні вологості з 94,5 до 84 %[14, 24, 29]. Свинячий гній містить в п'ять разів менше колоїдів і його структура майже в півтора рази дрібніше за структуру гною великої рогатої худоби. Тому він має значно менші значення граничної напруги зрушення і в'язкості. При зменшенні вологості свинячого гною з 94 до 84 % в'язкість зростає з 0,2 до 1,6 Па·с, а гранична напруга зрушення змінюється від 10 до 210 Па. Після зберігання рідкого гною впродовж 3-4 міс. значення параметрів знижуються. Як найповніше вивчення реологічних властивостей представлені в роботах [29-33].

У якості основного показника рідкого гною приймають його вологість (вміст в ній вільної води), яка робить найбільш суттєвий вплив на фізико-механічні і біохімічні властивості. Рідка фракція гною окислюється погано.

Концентрація органічних речовин в ній приблизно в 100 разів вище, ніж в господарчо-побутових стічних водах. Основний вплив на властивості гною робить вологість, значення якої обумовлене прийнятою системою його видалення. Так, вологість гною великої рогатої худоби при механічному видаленні і підстилковому утриманні складає 75-90 %, при безпідстилочному - 89-95 %, при самотікаючої системі - 94-96 % і при тій, що змиває - 96-98 %; стосовно гною свиней отримаємо відповідно до 80-90, 90-95, 96-98 і 98-99 %. Для гною вологістю 75-80 % насипна питома маса в залежності від виду підстилки складає зазвичай 680-760 кг/м³.

У роботах Кожевникова Ю.А. вказано, що екскременти великого рогатої худоби містять до 20 % сухої речовини в розчині і у вигляді колоїдів. Об'ємна питома вага сухої речовини екскрементів - 1250 кг/м³. При вологості напіврідкого гною 92 % він практично не розшаровується. Зольність екскрементів - 1,6 %, вологість 86-88 %, кількість органічної речовини, яка окислюється біохімічним шляхом, не перевищує 30 %. Екскременти свиней містять 18,5 % органічної речовини. З них 17 % сухої речовини знаходиться в розчині, 83 % - у вигляді зважених речовин. Густина сухої речовини екскрементів 1400 кг/м³. По фізичному стану екскременти характеризуються як гетерогенна полідисперсна суспензія з квазіпластичними текучими властивостями. Вона включає тверді частки (дисперсна фаза) і водний розчин солей, кислот і лугів (рідка фаза або дисперсійне середовище). У екскрементах великої рогатої худоби доля твердої фази складає від маси сухої речовини близько 60 %, а у свиней - 70-75%. Густина сухої речовини екскрементів близько 1300 кг/м³, а зважених часток - 1050-1060 кг/м³. Густина дисперсійного середовища в екскрементах корів 1017 кг/м³, свиней - 1010 кг/м³.

Найважливішими властивостями безпідстилкового гною є плинність (реологічні властивості) і корозійні властивості. Реологічні властивості гною залежать від вмісту в ньому сухої речовини і колоїдних часток. Безпідстилковий гній залежно від кількості води, що потрапила нього, є

полідисперсна суспензія з квазіпластичними пливними властивостями і в нерухомому стані він застигає, тверді частки високої густини починають осідати, гній переходить в гелеподібний стан і плинність його погіршується. При русі відбувається розрідження до стану золя. Вказані процеси мають бути взяті до уваги при вирішенні питань відділення чужорідних включень, подрібнення великих часток, підтримки гною і однорідному (гомогенному) стані. Свинячий гній при однаковому вмісті сухої речовини більше текучий, ніж гній великої рогатої худоби, що пояснюється меншим вмістом в нім колоїдних часток. Орієнтовним показником плинності гною є вміст в нім сухої речовини. Точніший показник - вміст в гної вільної води. Плинність гною підвищується після перемішування [29-33].

Корозійні властивості безпідстилкового гною залежать від вмісту в нім корозійно-активних речовин: вуглекислоти, амонійного азоту, хлоридів, сульфатної і сульфідної сірки. Інтенсивність корозії залежить від виду гною, температури, доступу повітря і тривалості дії на матеріал, з яким він контактує. Корозія є результатом сумарної дії усіх корозійно-активних речовин. Величина рН свинячого гною буває нижча 5,5.

Корозію металів викликають розчинені в гної речовини і газоподібні продукти, такі, наприклад, як аміак і сірководень. У роботах Кожевникова Ю.А. відзначається, що під впливом гною і води якості азбоцементу не погіршується, маса і міцність на розрив виробів з поліетилену і полівінілхлориду, а також з епоксидних смол, фторопласту і капрону не змінюються. Гній чинить інгібірну дію на чавунні труби. Тому труби з чавуну найбільш придатні для транспортування по них гною або його суміші з водою. Таким чином, гній не має сильної корозійної дії. Корозія посилюється лише при поперемінній дії гною, повітря і води і одночасному доступі аміаку і сірководня.

При формуванні технологій утилізації гною залежно від відносної вологості гною, тобто від кількості води, що міститься в нім, гній умовно розділяють на твердий (підстилковий), напіврідкий (безпідстилковий) і

рідкий. Якщо вологість гнойової маси вище 97%, то таку масу називають гнойовими стоками.

Класифікація гною за вологістю представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Класифікація гною за вологістю

Вид гною	Відносна вологість, %	Вміст сухого речовини, %
Твердий	До 85	Більше 15
Напіврідкий	85 – 92	8 – 15
Рідкий	92 – 97	3 – 8
Гнойові стоки	Більше 97	До 3

Вологість гною є одним з основних чинників, на основі котрого відбувається вибір технологічного рішення по переробці і використанню гною. Так само при виборі важливе значення мають чинники, що враховують наявність площ для внесення, їх віддаленість від місця переробки і зберігання, структура сівозміни. У багатьох раніше виконаних роботах відзначається, що основним процесом при переробці гною, посліду і використанні органічних добрив являється процес біоконверсії [21-23, 34, 35].

Біоконверсія - це перетворення органічних відходів за допомогою живих організмів в речовини, придатні для використання в сільському господарстві.

Виробничим циклом біоконверсії є уся сукупність технологічних операцій, прямо або побічно пов'язаних з біоконверсією, починаючи від вантаження гною, посліду в місці освіти і закінчуючи внесенням органічного добрива в ґрунт. Виробничий цикл біоконверсії відходів складається з технологічних операцій, які за характером дії на початковий матеріал можна розділені на п'ять стадій :

- транспортування гною / посліду / органічного добрива;
- переробка (біоконверсія) гною / посліду;
- зберігання гною / посліду / органічного добрива;
- внесення органічного добрива в ґрунт;
- допоміжні операції.

Вибір машинної технології для біоконверсії гною/посліду з метою отримання високоефективних продуктів у вигляді органічних добрив у кожному конкретному випадку повинен робитися на основі комплексної техніко-економічної і екологічної оцінки усіх операцій, починаючи з прибирання гною/посліду з місць утримання тварин/птаха і закінчуючи готовими продуктами (органічним добривом).

Для можливості по операційній оцінці різних технологій і варіантів їх виконання сформований перелік основних технологічних операцій для виконання процесів по переробці і використанню гною/посліду, який представлений в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Перелік технологічних операцій

Індекс технологічної операції	Найменування технологічної операції
1	Утворення посліду/гною і вивантаження його з птахівницьких і тваринницьких приміщень
2	Транспортування і завантаження рідкого гною в гноєсховищі
3	Біоконверсія методом тривалої витримки
4	Вивантаження рідкого органічного добрива і транспортування
5	Внесення рідкого органічного добрива на поля
6	Грубе розділення на фракції
7	Біоферментація в установці камерного типу
8	Внесення твердого органічного добрива на поля
9	Седиментація
10	Аерування
11	Вторинна седиментація
12	Накопичення на мулових майданчиках
13	Доочистка на полях фільтрації
14	Завантаження, транспортування і вивантаження початкового продукту
15	Тимчасове накопичення твердого і напіврідкого гною
16	Змішування твердого і напіврідкого гною з вологиопоглощаючим матеріалом
17	Закладка суміші у бурти
18	Біоконверсія методом пасивного компостування
19	Транспортування твердого органічного добрива на поля
20	Укладання в штабелю на польових майданчиках

21	Завантаження твердого органічного добрива для внесення
22	Біоконверсія методом активного компостування
23	Періодична аерація буртів
24	Проміжне зберігання рідкого гною;
25	Біоконверсія методом біоферментації в установці барабанного типу
26	Біоконверсія методом очищення у біологічних для рибовода ставках;
27	Скидання очищеної рідини у водойми
28	Приготування флокулянта
29	Перетворення початкового продукту в робочу суміш
30	Закладка суміші в камерний біоферментатор
31	Закінчення процесу біоферментації, вивантаження з біоферментатора
32	Транспортування до місця зберігання
33	Реалізація
34	Закладка початкового продукту і необхідних добавок у барабанний біоферментатор
35	Закінчення процесу біоферментації, вивантаження з барабанного біоферментатора
36	Перетворення початкового продукту в робочу суміш
37	Закладка в термокамеру
38	Сушка в термокамері
39	Грануляція і фасовка
40	Відвантаження споживачеві
41	Переробка конденсату
42	Закладка у вакуумну камеру
43	Сушка у вакуумній камері
44	Вивантаження з вакуумної камери
45	Вивантаження з термічної камери
46	Змішування з добавками для досягнення потрібних для анаеробного зброджування показників
47	Біоконверсія методом анаеробного зброджування
48	Отримання біогазу і його накопичення в газгольдері
49	Використання отриманого біогазу для отримання електричної і теплової енергії
50	Сушка в сушарному барабані
51	Відділення висушеного посліду від відпрацьованих газів
52	Згорання висушеного посліду в теплогенераторі

1.2.1 Технологія пасивного компостування у буртах

Технологія заснована на природному біологічному знезараженні гною, посліду в суміші з вологопоглинаючими матеріалами або без них.

Компостування здійснюється на бетонованих майданчиках або спеціально підготовлених польових майданчиках [36, 37, 38]. Умовою застосовності технології є:

- вологість гною або компостної суміші не повинна перевищувати 75%.
- співвідношення вуглецю до азоту (C/N) в початковій суміші повинне варіюватися в діапазоні не менше 15.20.

Технологія біоконверсії гною, посліду методом пасивного компостування у буртах складається з блоків, показаних на рисунку 1.4.

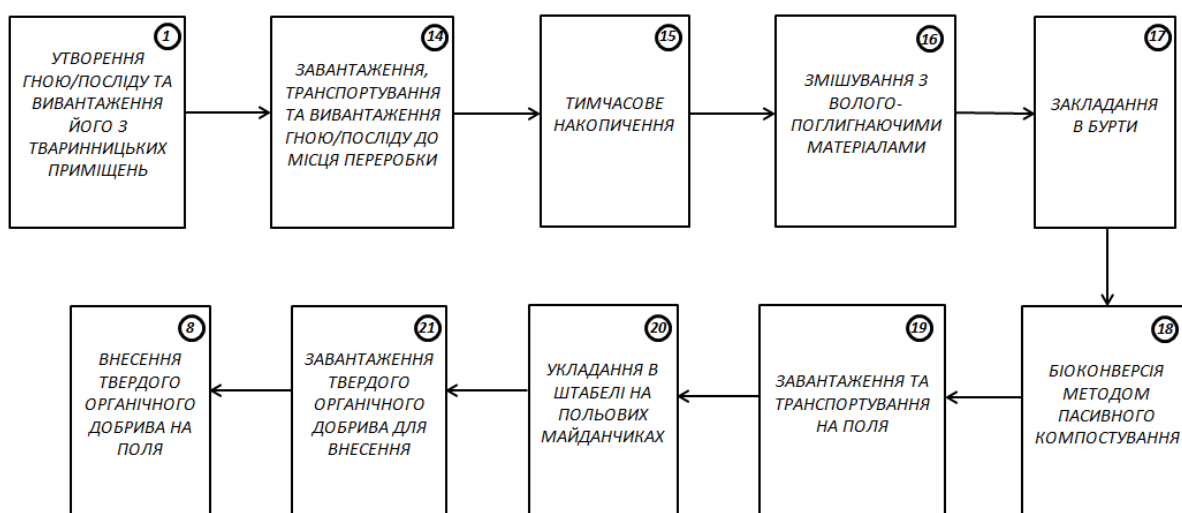


Рисунок 1.4 - Блок-схема технології біоконверсії методом пасивного компостування у буртах

Завантаження отриманого гною/посліду в мобільний транспортний засіб (автомобіль, трактор і причіп, що агрегатується з ним) виконують або за допомогою фронтального навантажувача, або за допомогою похилого транспортера. Тимчасове накопичення гною/посліду здійснюється на бетонованих або на спеціально підготовлених польових майданчиках. Для компостування в якості вологопоглинаючого матеріалу можуть бути

використані торф, подрібнена солома, тирса, деревна кора і так далі. Змішування здійснюється на спеціально підготовлених польових або бетонованих майданчиках фронтальним навантажувачем або стаціонарною шнековою установкою. Бурти, що закладаються, мають наступну характеристику: ширина 4...5 м, висота 1,5...2 м. Довжина не обмежена. Розрізняють 2 способи компостування : пошарове і осередкове.

Відмітною особливістю пошарового компостування є чергування шарів торфу і гною/посліду. Спершу укладають по усій ширині і довжині бурту торф шаром до 50 см, який повинен перешкоджати просочуванню гній/рідоти позначки в ґрунт, потім шар гною/посліду. Так шари торфу і гною/посліду чергують до тих пір, поки висота бурту не досягне 1,5...2 м. Самий верхній шар бурту також кладуть з торфу, щоб зменшити звітрювання аміачного азоту гною/посліду. Товщина шарів компонентів цих компостів залежить від співвідношення взятих гною/посліду і торфу. Так, при співвідношенні в компості гною/посліду і торфу 1:1 товщина шарів їх у бурті може бути по 25...30 см. Чим більше використовується торфу, тим товщими мають бути шари його в порівнянні з гноєм/послідом.

При осередковому компостуванні гній/послід розміщують суцільно або переривчасто усередині бурту торфу. При цьому спочатку укладають торф шаром 50-60 см, потім згори упродовж і посередині усього бурту шар гною/посліду завтовшки 70- 80 см і шириною на 1,0-1,5 м вже нижнього шару торфу. При нестачі гною/посліду або використанні безпідстилкового рідкого гною, його краще розташовувати у бурті торфу у вигляді окремих переривчастих вогнищ, які згори і з усіх боків обкладають торфом шаром 50-70 см. Осередкове компостування гній/посліду і торфу доцільно для районів з холодною зимою (для зимового компостування), коли можливо розморожування бурту. При такому компостуванні впродовж зими температура усередині бурту не опускається нижче 25-30 °С. Бурт з суміші гною, посліду з вологопоглинаючим матеріалом в зимовий період закладають в 1-2 дні, по можливості під час відлиги. У літній час бурт торфо-

гною/компосту позначки укладають фронтальним навантажувачем. При цьому на удобрюване поле автосамоскидами і тракторними причепами підвозять торф і вивантажують в ряд купами на відстані 5 м одна від одної. Потім підвозять гній/послід і вивантажують його між купами торфу. На майданчику розміщують три такі ряди. Після цього бульдозером або фронтальним навантажувачем зрушують два крайні ряди до середнього, перемішують усю масу в двох протилежних напрямках і укладають бурт. Процес переробки методом пасивного компостування відбувається шляхом витримки суміші, що складається з гною/посліду і вологопоглинаючих матеріалів, у буртах. Міру біоконверсії визначають:

- по відсутності або загибелі збудників паразитних хвороб.
- по загибелі індикаторних мікроорганізмів в 10 см³ проби гною, збудників підвищеної стійкості, споротворної мікрофлори.

Час компостування складає: взимку - 3 місяці, влітку - 2 місяці.

Більше високоякісні торфо-гноєві компости отримують при додаванні до них, при формуванні бурту, фосфоритного борошна (15-30 кг на 1 т компостованого матеріалу). Отримане методом пасивного компостування у буртах добриво вивантажують з буртів на заздалегідь підготовлені польові або бетонні майданчики, а потім для зберігання укладають в штабель. Готовий штабель має висоту 3 метри і ширину 6 метрів, довжина його довільна. Завантаження отриманого органічного добрива в спеціалізовані машини, призначені для внесення (наприклад, ПРТ-7А, МТТ- 9, МТУ- 15) здійснюють фронтальним навантажувачем. Внесення на поля здійснюється поверхнево під заорювання. Внесення здійснюється навесні і осінню.

Переваги і недоліки технології пасивного компостування наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Переваги і недоліки технології пасивного компостування

Переваги:	Недоліки:
<ul style="list-style-type: none"> • Широкий діапазон вологості початкового гною (при використанні 	<ul style="list-style-type: none"> • Тривалий час переробки 2-6 місяців; • Нерівномірність дозрівання

вологопоглощаючих матеріалів) 60-92%. • Низькі вимоги до кваліфікації працівників. • Простота конструкції майданчиків компостування. • Відносно невеликі капітальні вкладення.	компосту; • Залежність процесу компостування від погодних умов; • Підвищений ризик витоків забруднених стоків в дощовитий період і весняні паводків.
---	--

1.2.2 Технологія активного компостування у буртах

Технологія призначена для переробки твердого гною/посліду або в суміші з вологопоглинаючими матеріалами або без них на гідроізольованих майданчиках.

Активне компостування гною/посліду з вологопоглинаючим матеріалом у буртах на відкритому майданчику здійснюється впродовж 40 днів з триразовою аерацією бурту через кожні 9 днів з моменту закінчення формування бурту. Умовою застосовності технології є:

- вологість гною, посліду або компостної суміші не повинна перевищувати 75%.

- співвідношення вуглецю до азоту (C/N) в початковій суміші повинне варіюватися в діапазоні не менше 15.20.

- наявність твердого гідроізольованого майданчика для маневрування техніки, що здійснює аерацію. Технологія переробки посліду/гною методом активного компостування у буртах включає блоки, представлені на рисунку 1.5.

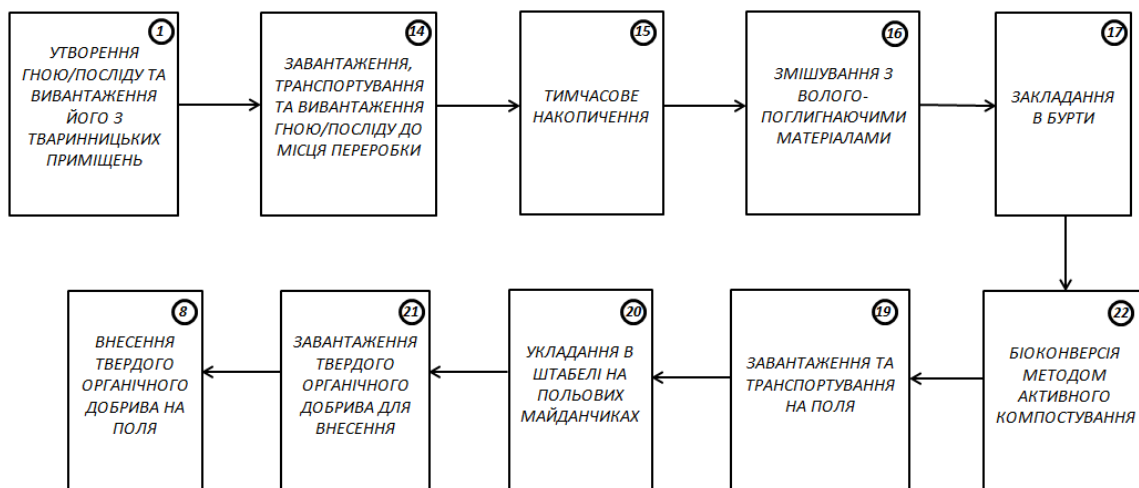


Рисунок 1.5 - Блок-схема технології біоконверсії методом активного компостування у буртах



Рисунок 1.6 - Машини для аерації буртів

А, Г - фірма EcoBridge; Б - фірми Амкадор; В - розробник Мічурінський ГАУ

Активне компостування у буртах здійснюється методом штучної аерації. Аерація дозволяє насичувати киснем суміш, що призводить до зниження терміну компостування. Для механізації процесу використовують спеціальні

машини для аерації буртів. Аерація буртів проводиться періодично, мінімум 3 рази впродовж 40 днів. Для ще більшого прискорення процесу компостування можливе застосування різних біологічних препаратів, що підвищують швидкість процесу. Термін біоконверсії методом активного компостування не перевищує 1...1,5 місяця.

Для механізації процесу аерування буртів використовуються спеціальні машини, приклади машин для аерації буртів представлені на рисунку 1.7 [39-43]. Переваги і недоліки технології активного компостування наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Переваги і недоліки технології активного компостування

Переваги:	Недоліки:
<ul style="list-style-type: none"> • Скорочені терміни компостування (1,5 місяця). • Зменшення капітальних витрат за рахунок зменшення майданчика компостування (до 40%). • Низькі вимоги до кваліфікації працівників. 	<ul style="list-style-type: none"> • Збільшення експлуатаційних витрат зважаючи на використання додаткової техніки для аерації буртів і закупівлі біопрепаратів. • Неможливість компостування при негативних температурах. • Нестабільність процесу переробки залежно від погодних умов.

1.2.3 Переробка гною, посліду методом біоферментації в установках камерного типу

Технологія біоферментації в установках камерного типу є прогресивним способом переробки гною/посліду у високоякісне органічне добриво.

Біоконверсія методом біоферментації в установці камерного типу заснована на окисленні частини органічної речовини за рахунок насичення його киснем атмосферного повітря. В результаті біологічного окислення частини органічної речовини, температура в масі, що переробляється, піднімається понад 6⁰ С, що згубно впливає на личинки і лялечки мух, яйця гельмінтів і патогенну мікрофлору [20, 22, 27, 34, 44, 45, 46]. Величезний вклад в розробку технології і її адаптації до умов господарств вклав авторський колектив ВНИИМЗ під керівництвом академіка Н.Г. Ковальова. Згідно РД-АПК 1.10.15.02-08, біоферментатор камерного типу є спорудою з цеглини розміром 5×10 м (50 м²) і заввишки до 4,5 м, в пів якої вмонтовані вісім перфорованих труб, тупикових з одного кінця, і об'єднаних з іншого загальним повітряпровод. На задній стіні камери (із зовнішнього боку) встановлюється вентилятор, що подає через сполучний рукав повітря у повітряпровод і через труби, - в органічну суміш. Схематичне представлення біоферментатора камерного типу представлено на рисунку 1.7.

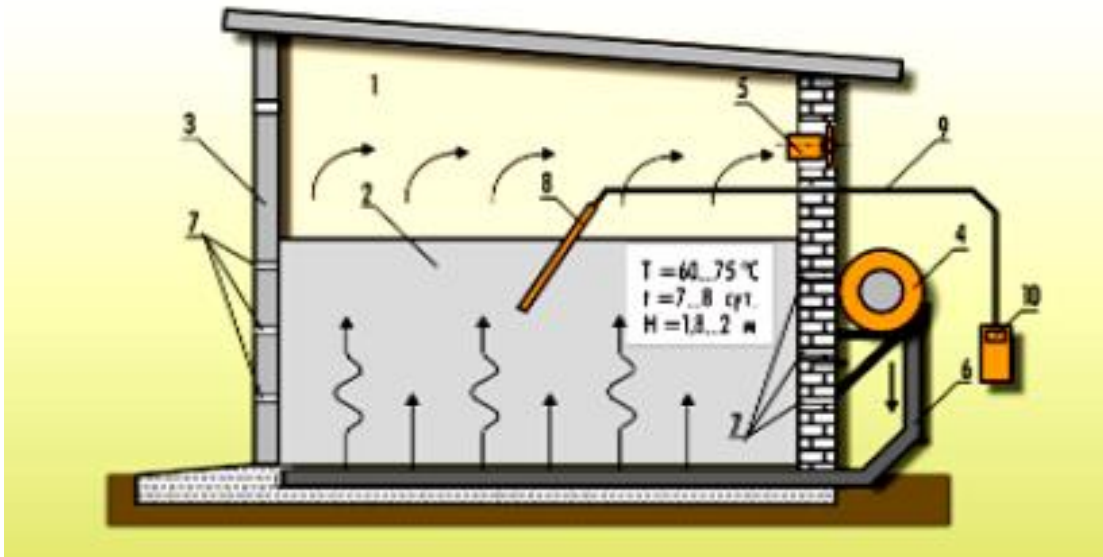


Рисунок 1.7 - Схема біоферментатора камерного типу:

1-приміщення ферментації сировини; 2-робоча суміш; 3-ворота; 4- вентилятор нагнітач, 5-вентилятор витяжний; 7-система нагнітаючих повітропроводів; 8-штанга кисньовимірювача; 9-гнучкий шланг; 10-кисньовимірювач.

Передня частина камери обладналася двосекційними металевими воротами. Задня стіна ферментатора і коміра мають отвори для виміру температури і вмісту кисню в компостованій масі.

Після завантаження компостованої маси у ферментатор газоаналізатором заміряється кількість кисню в масі і встановлюється тривалість вентиляції.

Біоферментатор може зводитися також із залізобетону і інших матеріалів.

Залежно від обсягів виробництва біодобрих з біоферментаторів можуть зводитися модулі з будь-якого числа секцій. Умови застосовності :

- вологість гною, посліду або компостної суміші не повинна перевищувати 65%.

- співвідношення вуглецю до азоту (C/N) в початковій суміші повинне варіюватися в діапазоні не менше 15...20.

Технологія біоконверсії посліду/гною/твердих фракцій гною після сепарації методом біоферментації у біоферментаторі камерного типу включає блоки, представлені на рисунку 1.8.

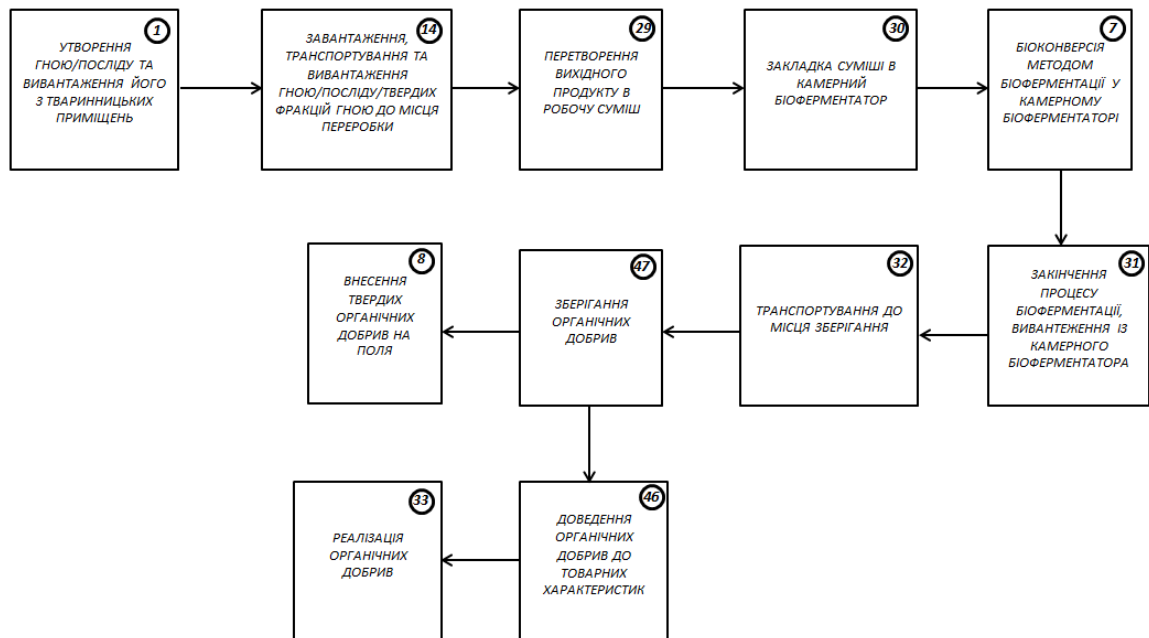


Рисунок 1.8 – Блок-схема технології біоконверсії посліду методом біоферментації в установках камерного типу

Початкову суміш (послід/гній/тверді фракції гною) перетворюють в робочу суміш (далі - суміш) шляхом приведення до робочих параметрів:

- Вологість: 55...65 %.
- Кислотність: 5,5...6,5 рН.
- Густина: 0,6.0,65 т/м3.
- Відношення вуглецю до азоту (C/N) : 15...20.

Усі операції підготовчого процесу мають бути спрямовані на отримання сумішей, що мають оптимальні властивості для розвитку аеробної мікрофлори за показниками вологості, реакцією середовища і співвідношення азоту до вуглецю. Вологість підвищують додаванням води, знижують - додаванням в суміш вологопоглинаючих матеріалів (торф, тирса, солома). Для нейтралізації

кислотності додають вапно, крейду або фосфоритне борошно. Ці дії проводяться згідно з результатами аналізу заздалегідь відібраних проб.

Закладка суміші здійснюється через ворота за допомогою фронтального навантажувача. Суміш укладає в камеру біоферментатора, поступово заповнюючи її на висоту 1,5-2 м.

Після заповнення камери ворота герметично закривають і включають напірний і витяжний вентилятори. При закладці маси вологістю 55...65 % з початковою температурою близько 1⁰С температура маси через 10...12 годин піднімається до 40...50 ⁰С. Через добу після закладки маси у ферментатор, її температура досягає 60...75 ⁰С.

По падінню температури в суміші до 30...40⁰С і загибелі індикаторних мікроорганізмів в 10 см³ проби гною, посліду, контамінованого малостійкими збудниками хвороб, збудників підвищеної стійкості, спороутворюючої мікрофлори визначають закінчення процесу ферментації.

Термін біоконверсії методом біоферментації в установках камерного типу складає 7...9 діб залежно від досягнутої температури. Вивантаження з біоферментатора здійснюється фронтальним навантажувачем на заздалегідь підготовлений майданчик. Транспортування отриманого твердого органічного добрива до місця зберігання здійснюється за допомогою вантажних автомобілів або тракторів і тракторних причепів, що агрегатуються з ними. Органічним добривом, що досягло товарних характеристик, прийнято вважати добриво, що відповідає стандартам та технічним умовам. Переваги і недоліки технології біоконверсії методом біоферментації в установках камерного типу представлені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Переваги і недоліки технології біоконверсії методом біоферментації в установках камерного типу

Переваги:	Недоліки:
<ul style="list-style-type: none"> • Низька енергоємність процесу і, як наслідок, відносно низькі експлуатаційні витрати. • Простота технології. • Низькі вимоги до кваліфікації працівників. • Можливість дрібнороздрібної реалізації отриманого добрива. 	<ul style="list-style-type: none"> • Відсутність можливості безперервного ведення процесу біоферментації; • Відсутність можливості перемішувати суміш в процесі біоферментації для досягнення нею однорідності і необхідної структури.

2 МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Методика формування технології утилізації посліду

Одним з найважливіших кроків при формуванні технологій утилізації гною, посліду є врахування закономірностей протікання окремих процесів і операцій при утилізації гною, посліду, визначення їх параметрів. У першу чергу це процеси пов'язані безпосередньо з переробкою (біоконверсією), оскільки саме ці процеси в основному забезпечують кінцеву якість продукту - органічного добрива.

Основою виробництва органічних добрив є екскременти птахів. В процесі руху їх від птахів до рослини відбувається випадкова або цілеспрямована зміна, як фізичної маси, так і якісних показників. Вид отриманого добрива, як правило, залежить від прийнятої технології видалення посліду, якість - від технології обробки і зберігання добрив, а засвоюваність рослинами - від технології внесення в ґрунт.

У зв'язку з вищевикладеним згідно моделі «ферма - спорудження обробки і зберігання посліду - ґрунт» система розглядається як єдине ціле з метою максимального підвищення ефективності застосування і отримання високої врожайності сільськогосподарських культур. Усі дії, спрямовані на предмет праці, покликані на як можна повніше використання усіх ресурсів удобрювачів відходів птахівництва за призначенням [22, 24].

Переробка екологічно небезпечної сировини (екскрементів) у високоякісні органічні добрива супроводжується підвищенням якості в процесі обробки (підвищення біологічної активності, накопичення гумусу, знезараження, інактивації схожості насіння бур'янів), а також додаванням компенсуючих добавок, відсутніх в достатній мірі компонентів для рослин, - вологопоглинаючих, вапняних і мінеральних речовин.

Утворення посліду і його якісні показники.

У основі розрахунку використовують нормативні матеріали по виходу екскрементів, застосуванню підстилки, витраті води залежно від вікових груп і структури стада.

1. Добовий вихід екскрементів на фермі визначається за формулою:

$$G_{\Sigma} = \sum_{j=1}^{N_j} g_j \cdot N_j \quad (2.1)$$

2. Добова витрата підстилки :

$$P = \sum_{j=1}^{N_j} p_j \cdot N_j \quad (2.2)$$

де p_j – норма витрати підстилки на одну голову за добу.

3. Добова витрата води :

$$B = \sum_{j=1}^{N_j} v_j \cdot N_j \quad (2.3)$$

де v_j – добова витрата води на одну голову.

4. Вихід посліду по фермі:

$$M_H = (G_{\Sigma} + P + B) T_C \quad (2.4)$$

де T_C – стійловий період.

Варто відмітити, що велика частина нормативів не оновлювалася вже більше 30-40 років, при цьому істотно змінилася продуктивності тварин, технологи і конструкції систем гноювидалення. На основі проведення ряду експериментальних і теоретичних досліджень для визначення кількості гною, що утворюється, посліду запропоновано використати коефіцієнти, приведені в таблиці 2.1 [47, 48].

Таблиця 2.1 - Добовий вихід гною, посліду на підприємстві

Вид тварин	Технологія, тип господарства	Добовий вихід гною, кг	Позначення
ВРХ	прив'язне утримання	97X	X- кількість фуражних корів
безприв'язне утримання	109X		
Свині	господарства із закінченим циклом	8,4 X	X - загальне поголів'я свиней на підприємстві
	репродукторні господарства	7,3 X	
	відгодівельні господарства	10,25X	
Птахи	птахофабрики яєчного напрямку	0,13X+0,12x	X - кількість курей промислового стада (дорослий птах), x - ремонтний молодняк (10-12тижнів)
	бройлерні птахофабрики утримання на підлозі	0,11X	X - кількість голів бройлерів
	бройлерні птахофабрики вміст в клітках	0,09x	x - кількість голів бройлерів

5. Вологість отриманого гною можна визначити по формулі:

$$W_H = \frac{\sum_{j=1}^{N_j} g_j N_j W_{\varepsilon} + P W_{\Pi} + 100B}{G_{\varepsilon} + P + B}, \quad (2.5)$$

де W_{ε} , W_{Π} - вологість екскрементів та підстилки.

6. Концентрація NPK :

$$K_j^{CM} = (1 - f_j^{ud}) \frac{K_j^{\varepsilon} \sum G_{\varepsilon} (100 - W_{\varepsilon}) + (100 - W_{\Pi}) P_{\Pi} K_j^{\Pi}}{\sum G_{\varepsilon} (100 - W_{\varepsilon}) + (100 - W_{\Pi}) P_{\Pi}}, \quad (2.6)$$

де K_j^{CM} - концентрація NPK суміші;

f_j^{ud} - втрати NPK підчас утворення та видалення посліду

Переробка гною або посліду в органічні добрива.

До процесу переробки гною/посліду відносяться операції розділення гною на фракції, змішування його з вологопоглинаючими матеріалами, компостування або біоферментація, а також зберігання гною і органічних добрив.

1. При розділенні гною на фракції маса кожної фракції визначається по формулам:

$$m_1 = \frac{m_{\text{исх}}(W_{\text{исх}} - W_2)}{W_1 - W_2}, m_2 = m_{\text{исх}} - m_1, \quad (2.7)$$

де $m_{\text{исх}}$, m_1 , m_2 - відповідно маса початкового гною і його фракцій
 $W_{\text{исх}}$, W_1 , W_2 - вологість початкового гною і його фракцій.

2. При змішуванні посліду з вологопоглинаючими матеріалами потреба в останніх визначається по формулах:

$$M_T = M_H \frac{W_H - W_{CM}}{W_{CM} - W_T},$$
$$M_{CM} = M_H + M_T, \quad (2.8)$$

де M_T , і M_{CM} - маса вологопоглинаючого матеріалу і суміші;
 W_T , W_{CM} - вологість вологопоглинаючого матеріалу і суміші.

3. Вологість компостів після ферментації суміші :

$$W_k = 100 - \frac{(1 - \varepsilon)(100 - W_{CM})100}{100 - 6\varepsilon(100 - W_{CM})}, \quad (2.9)$$

де ε - коефіцієнт розкладання органічної речовини в процесі обробки

4. Маса отриманого компосту :

$$M_k = M_{CM} [1 - 6\varepsilon (1 - 0,01W_{CM})]. \quad (2.10)$$

5. Вміст NPK в компостах визначається по формулі:

$$K_j^{\text{обр}} = (1 - f_j^{\text{обр}}) \frac{K_j^{\text{см}} M_{CM} (100 - W_{CM})}{M_k (100 - W_k)} \quad (2.11)$$

де $f_j^{\text{обр}}$ - втрати NPK в процесі обробки посліду;

M_k - маса готового добрива.

Внесення в ґрунт.

1. Вміст NPK в добривах, що поступили в ґрунт :

$$K_j^{en} = (1 - f_j^{en}) K_j^{удобр} \quad (2.12)$$

f_j^{en} - втрати NPK в процесі внесення добрива в ґрунт.

2. Площа внесення добрив визначається поживним елементом що дає максимальну величину площі, визначається вираженням:

$$S_j = \frac{1000 G_{уд} (1 - 0,01 W_{уд}) K_j^{уд} K_j^{en} 100}{100 Y_{пл} B_j - \Pi_j K_{Пj}} \rightarrow \max \quad (2.13)$$

де - $G_{уд}$ маса органічних добрив;

K_j^{en} - коефіцієнт використання NPK з добрив;

B_j - винесення NPK урожаєм рослин;

$Y_{пл}$ - планований урожай;

Π_j - вміст поживних елементів в ґрунті;

$K_{Пj}$ - коефіцієнт використання поживних речовин з ґрунту.

3. Потреба в додатковому об'ємі мінеральних добрив визначається по формулі:

$$R_j^{мин} = \frac{(100 Y B_j K_{Пj}) S_{max} - G_{уд} K_j^{уд} K_j^{en}}{10 K_j^{мин} K_j^{мин}} \quad (2.14)$$

де S_{max} - площа внесення добрив;

$K_j^{мин}$ - коефіцієнт діючої речовини в мінеральних добривах;

$K_{уд}^{мин}$ - коефіцієнт використання NPK мінеральних добрив.

2.2 Методика розрахунку визначальних параметрів компостування і біоферментації посліду

Одними з основних процесів для отримання органічних добрив залишаються компостування і біоферментація. Чинником, що характеризує

економічні і екологічні показники кінцевого продукту, є час його отримання [49-51].

Одним з основних напрямів досліджень на сьогодні є проведення теоретичного аналізу процесів, що відбуваються в апаратах прискореного компостування і виявлення шляхів по скороченню тривалості процесу біоферментації органічних відходів сільськогосподарського виробництва і зниження втрат поживних речовин.

Нижче представлені основні параметри технологічного процесу і методи їх визначення.

Визначення витрати повітря на основі окислювальних реакцій

Компостування - процес мимовільний. Проте в природі це процес тривалий і абсолютно не придатний для господарського застосування де потрібне зменшення тривалості при управлінні процесом.

Для гарантованої якості компосту потрібна оптимізація деяких параметрів, що грають ключову роль в процесі : насичення киснем, температура, вологість і відношення C : N.

Компостування є екзотермічним процесом окислення деякій частині органічної речовини за допомогою мікроорганізмів. При цьому органічна речовина зазнає фундаментальні фізичні і хімічні зміни, після чого компостований матеріал досягає біологічної стійкості. Для визначення витрати кисню, необхідного для надійного протікання технологічного процесу можна використати методику Стехіометрії на основі балансової таблиці використовуваних матеріалів [52, 53].

Склад органічних речовин компостованої суміші, визначений на основі аналізу експериментальних даних, близький до оптимального, наступний:

- вологість 65%;
- зола і нейтральні матеріали 15%;
- органічні речовини 85%;
- органічний вуглець 45%;
- органічний азот 1,8%.

Аналіз компостованої суміші визначив вміст основних хімічних елементів:

- вуглець 48%;
- кисень 28%;
- водень 10%;
- азот 2%;
- інші елементи (P, K, Mg, Ca та ін.) 12%.

Кінцевими продуктами реакції окислення органічної речовини мікроорганізмами є вода і вуглекислий газ (H_2O і CO_2). Потреба в кисні для окислення вказаних основних елементів суміші дозволить визначити витрату повітря, необхідну для протікання технологічного процесу компостування.

Приймаючи за основу, що суміш на 100% складається з 4 елементів, отримаємо наступне їх співвідношення: C=54,5%, O=31,8%, H=11,4% і N=2,3%, що при вираженні в молях дає: C=4,54, O=1,98, H=11,4, N=0,16.

Виходячи з потреби кожного хімічного елементу в кисні (для окислення 1 г вуглецю вимагається 2,6 г, для водню 8 г і так далі), для окислення 100 г органічної речовини потреба в кисні складе:

- для утворення CO_2 145,3 г;
- для утворення H_2O 91,2 г;
- для утворення NO_2 0,37 г;
- є присутнім спочатку 31,8 г.

Загальна потреба в кисні на 100 г органічної речовини складає 205,0 г. Оскільки мінералізується не весь матеріал, то отримане в результаті розрахунку кількість кисню є приблизною.

Питома маса повітря за нормальних умов і відносної вологості повітря 50% складає $1,12 \text{ кг/м}^3$, по масі кисень складає 23,2% тоді маса його рівна $0,277 \text{ кг/м}^3$. Отже, об'єм повітря, необхідний для розкладання 1 кг органічної речовини, складе $7,4 \text{ м}^3/\text{кг}$

Фактично протікають не хімічні процеси, а біохімічні, що дає можливість швидшого розкладання органічної речовини за допомогою біологічних каталізаторів - ферментів і прискорення процесів ферментизації.

Визначення початкової вологості суміші

Знаючи величину мінімально необхідної питомої кількості теплоти біотермічних процесів з урахуванням втрат залежно від конструкції ферментатора, достатньої для нагрівання суміші до необхідної температури мінімальна концентрація органічної речовини гною або посліду визначається по формулі [54]:

$$C_{ов см} = ((T - T_0) * c_m * k) / (p * q), \text{ кг ОВ/т}, \quad (2.15)$$

де T, T_0 - температура компосту і початкової суміші, К;

c_m - масова питома теплоємність суміші, МДж/т×К;

k - коефіцієнт, що враховує втрати тепла, залежний від прийнятої технології компостування;

p - коефіцієнт, що враховує долю активної частини органічного речовини суміші;

q - маса органічної речовини суміші.

На її основі визначається вміст загальної сухої речовини посліду $C_{св см}$.

Виходячи з умови взаємозв'язку питомої кількості теплоти при компостуванні з концентрацією лише активної частини органічної речовини і маючи потребу в кисні одиниці органічної речовини посліду в суміші, вагове співвідношення вологопоглинаючого матеріалу і

компостованого посліду $\delta_{тах}$, т/т, складе:

$$\delta_{тах} = (10 (100 - W_{см}) - C_{св см}) / (10 (W_{см} - W_n) + C_{св см}), \quad (2.16)$$

де $W_{см}, W_n$ - вологість суміші і наповнювача відповідно, %

$C_{св см}$ - мінімальна концентрація загальної сухої речовини посліду в суміші, кг/т.

Після цього легко визначається гранична вологість посліду Wn_{max} за формулою:

$$Wn_{max} = (\delta_{max} + 1) W_{см} - \delta_{max} W_n . \quad (2.17)$$

При зниженні вологості гною знадобиться менша кількість наповнювача, а компостування твердої фракції можливе взагалі без додавання наповнювача.

Маючи концентрацію загальної сухої речовини гною або посліду в суміші управління процесом автотермічного розігрівання суміші відбувається шляхом контролю поточної величини абсолютної температури T , К.

Температура можна визначити за формулою:

$$T = T_0 + \frac{10 X_y (100 + \delta * W_n - (1 - \delta) * W_{см}) * q * p * (1 - \beta_n)}{(\delta + 1) * c_n * k} , \quad (2.18)$$

де X_y - потреба в кисні одиниці сухої речовини посліду в суміші, кг O_2 /кг;

δ - відносний вміст вологопоглинаючого матеріалу в суміші в долях одиниці, який визначається рівнянням:

$$\delta = (Wn - W_{см}) / (W_{см} - W_в), \quad (2.19)$$

де Wn - вологість посліду, %.

$W_в$ - зольність посліду.

Останні залежності показують основні напрями по регулюванню процесу тепловиділення шляхом варіації вологості теплотехнічних і фізико-технічних характеристик початкових компонентів і вибору умов компостування.

Співвідношення вуглець-азот

Величина співвідношення вуглець-азот робить вирішальний вплив на втрати азоту при компостуванні органічних матеріалів, тому початкові концентрації вуглецю і азоту в суміші мають важливе значення [22, 55].

Вміст вуглецю

1. Частковий вміст вуглецю в сухій масі суміші визначається формулою:

$$d_c = \frac{d_n + \delta d_v}{\delta + 1} \quad (2.20)$$

де d_n , d_v - частковий вміст відповідно в гної і наповнювачі в частинах одиниці.

2. Вміст активного вуглецю в суміші початкових компонентів в кг/т визначається вираженням:

$$C_{c.a.m} = p \times C_{cn} / (\delta + 1), \quad (2.21)$$

де C_{cn} - загальна концентрація вуглецю в посліді, кг/т;

p - доля розкладання органічної речовини, в долях одиниці.

Вміст азоту

Мінімальний достатній вміст азоту в компостованій масі, при якому досягаються задані параметри ферментації, визначається первинною дозою азоту, що вноситься.

Реальна концентрація рухливого азоту в суміші, кг/т, визначається по формулі:

$$C_{N_{a.m}} = \frac{C_{N_{a.n}} + \delta \times C_{N_{a.v}}}{\delta + 1}, \quad (2.22)$$

де $C_{Na.n}$, $C_{Na.v}$, $C_{Na.cm}$ - концентрація рухливого азоту відповідно у відходах тваринництва, наповнювачі і їх суміші, кг/т.

Знаючи потрібну і існуючу концентрації рухливого азоту визначають первинну дозу азоту, що вноситься, в кг/т по формулі:

$$C_{N1} = C_{KL} \cdot f - \frac{C_{N_{k,p}} + \delta \times C_{N_{k,n}}}{\delta + 1}, \quad (2.23)$$

де C_{KL} - концентрація клітинної речовини мікроорганізмів, кг/т

f - частковий вміст азоту в сухій масі мікроорганізмів.

При значному відхиленні фактичного співвідношення C/N в добривах від потрібного потрібне його коригування.

Фактичне відношення C/N в добривах визначається формулою:

$$(C/N)_{уд} = \frac{(C/N)_{см}(1 - p_C)}{1 - p_N}, \quad (2.24)$$

де $(C/N)_{уд}$, $(C/N)_{см}$ - углерод-азотне співвідношення відповідно в компості і суміші;

p_C , p_N - втрата вуглецю і азоту за період компостування, в долях одиниці.

Шукана доза азоту, визначається з рівності $(C/N)_{уд}$ і необхідного C/N :

$$C_{N_2} = C_{N_{ком}} \left[\frac{(C/N)_{уд}}{(C/N)_{тр}} - 1 \right], \quad (2.25)$$

де C_{N2} - доза азоту, що вноситься в готове добриво, кг/т;

$C_{Nком}$ - концентрація азоту в готовому добриві, кг/т;

$(C/N)_{тр}$ - необхідне вуглець-азотне співвідношення компосту.

Концентрація азоту в готовому добриві, кг/т, визначається по формулі:

$$C_{N_{ком}} = \frac{(C_{N_k} + \delta \times C_{N_n})(1 - p_N)}{(1 + \delta)(1 - p_{CB})}, \quad (2.26)$$

де P_{CB} - втрати сухої речовини компосту.

Вирішальне значення для протікання біотермічних процесів має постійне забезпечення мікроорганізмів киснем, а це залежить від густини суміші.

Облік густини суміші, залежної від складу і співвідношення компонентів, вологості може змінити аераційний режим тіла компостування. Зміна пористості суміші істотно позначиться на інтенсивності біотермічних процесів.

Пористість суміші визначимо з наступного вираження [56]:

$$\begin{aligned} m &= \frac{V_I}{V_{CM}} = \frac{V_{CM} - V_T - V_b}{V_{CM}} = 1 - \frac{V_T + V_b}{V_{CM}} = \\ &= 1 - \frac{\rho_{CM}}{\rho_T} + 0,01W_{CM} \frac{\rho_{CM}}{\rho_T} - 0,01W_{CM} \frac{\rho_{CM}}{\rho_b} = \\ &= 1 - \frac{\rho_{CM}}{\rho_T} \left[1 - 0,01W_{CM} \left(1 - \frac{\rho_T}{\rho_b} \right) \right], \end{aligned} \quad (2.27)$$

де V_{II} – об'єм пір, м³;

V_T - об'єм твердої фракції, м³;

V_b - об'єм води, м³;

ρ_{cm} - густина суміші, кг/м³;

ρ_m - густина твердої фази, кг/м³;

ρ_b – густина води, кг/м³;

W_{cm} - вологість суміші, %.

Вираз (2.27) показує, що для визначення пористості потрібне знати зміну об'ємної густини суміші по висоті бурту, а також густину твердої фази суміші ρ_m .

Визначивши експериментально об'ємну густину суміші залежно від навантаження на неї, що представляє експоненціальний закон розподілу об'ємної густини суміші по висоті бурту набуває вид:

$$\frac{d\rho_{cm}}{dh} = C_1 - C_2 e^{C_3 h}, \quad (2.28)$$

де C_1 ; C_2 і C_3 - безрозмірні коефіцієнти.

Вирішивши рівняння (2.28) відносно h , отримаємо формулу для визначення густини суміші в різних точках тіла компостування з урахуванням пористості маси по висоті:

$$m = 1 - \frac{C_1}{\rho_T} \left[1 - \frac{C_2}{C_2 - (C_2 - C_1)e^{-C_3 C_2 h}} \right] \times \left[1 - 0,01W_c \left(1 - \frac{\rho_T}{\rho_b} \right) \right]. \quad (2.29)$$

Оскільки пористість в основі тіла $m > 0$, то максимальна висота його H_{max} , при якій можлива біотермічна обробка суміші :

$$H_{\max} = -\frac{1}{C_1 C_3} \ln \frac{C_2}{C_1^2 \left[1 - 0,01 W_c \left(1 - \frac{\rho_r}{\rho_b} \right) \right]} \quad (2.30)$$

Контроль за виходом готових добрив

При приготуванні добрив необхідно знати їх кінцеву масу. Зменшення маси може бути знайдене ваговим методом шляхом контролю маси проте такий метод трудомісткий і при індустріальній технології приготування компостів у більшості випадків неприйнятний [54].

На основі розрахунково-аналітичного методу загальне зменшення маси в процесі компостування складається, в основному, з втрат органічних речовин і втрат вологи :

$$P_G = P_{OV} + P_{H_2O}, \quad (2.31)$$

де P_G , P_{OV} , P_{H_2O} - пайове зниження загальної маси компосту, органічних речовин і вологи.

Зменшення маси компосту із-за втрат органічних речовин визначається формулою:

$$P_{OV} = 10^{-3} (C_{OVCM} - C_{OVK}), \quad (2.32)$$

де C_{OVCM} - концентрация органічних речовин в початковій суміші;

C_{OVK} — концентрація органічних речовин в компості, приведена до початкової їх концентрації.

Величина C_{OVK} може бути визначена за рівнянням:

$$C_{OVK} = 10(100 - W_{CM})(1 - Z_{CM})(1 - \rho_{OV}), \quad (2.33)$$

де W_{CM} - вологість суміші (%);

Z_{CM} - зольність сухих речовин суміші;

ρ_{OV} - розпад, сухих органічних речовин компосту.

З урахуванням зольності початкової суміші і компосту вираження для визначення втрат органічних речовин в компості набере вигляду:

$$P_{OB} = 1 - \frac{(1 - 3_K) 3_{CM} / 3_K}{1 - 3_{CM}} \quad (2.34)$$

Остаточне вираження для оцінки зміни маси компосту із-за мінералізації органічної фракції визначається вираженням:

$$P_{ov} = 10 - 2(100 - W_{CM}) [3_K(1 - 3_{CM}) - 3_{CM}(1 - 3_K)] / 3_K \quad (2.35)$$

Спад вологи при компостуванні є різницею вологовмісту суміші і компосту :

$$P_{H_2O} = 10^{-3} (C_{H_2O_{CM}} - C_{H_2O_K}) \quad (2.36)$$

де - концентрація вологи в суміші $C_{H_2O_{CM}}$;

$C_{H_2O_K}$ - концентрація вологи в компості, приведена до концентрації вологи в суміші.

На підставі співвідношення концентрації органічної речовини і вологи в компості отримаємо:

$$C_{H_2O_K} = \frac{C_{OB_K} W_K}{(1 - W_K)(1 - 3_K)} \quad (2.37)$$

Остаточна формула для розрахунку:

$$P_{H_2O} = 10^{-3} \left[W_{CM} - W_K \frac{(100 - W_{CM}) 3_{CM}}{(100 - W_K) 3_K} \right] \quad (2.38)$$

Остаточна формула для розрахунку:

$$Q_K = Q_{CM} (1 - P_G), \quad (2.39)$$

де Q_K , Q_{CM} - добовий вихід відповідно до початкової суміші і готового добрива.

При цьому варто відмітити, що зменшення маси справедливе для компостування під навісом і для біоферментації в закритих установках. При компостуванні на відкритих майданчиках, а так само при зберіганні на відкритих майданчиках і сховищах може відбуватися збільшення маси із-за атмосферних опадів.

2.3 Методика визначення екологічного ефекту при впровадженні ефективних машинних технологій утилізації посліду

Для повноцінної еколого-економічної оцінки при проектуванні технологій і вибору їх варіантів необхідно враховувати критерій E_{ef} що відбиває екологічну ефективність, яка визначається економічним ефектом від зниження негативної дії на довкілля і додатковим доходом від використання органічних або додатково отриманих енергетичних ресурсів.

$$E_{ef} = \Pi_{ур} + E_{ен} + E, \quad (2.40)$$

де E_{ef} - еколого-економічний ефект при впровадженні технології переробки посліду і використання органічних добрив, грн;

$\Pi_{ур}$ - прибуток від реалізації надбавки урожаю при використанні органічних добрив, грн;

$E_{ен}$ - прибуток від реалізації або економічна вигода від використання додаткових енергетичних ресурсів (в результаті переробки біо-або генераторного газу);

E - екологічний ефект від зниження негативної дії на довкілля, грн.

Вартість надбавки урожаю, отриманої за рахунок застосування органічних добрив, визначається з рівняння:

$$\Pi_{ур} = U_n \cdot \Pi \quad (2.41)$$

де U_n - прибавка урожаю (з 1 га або усієї площі), ц з.о.;

Π - вартість за 1 ц надбавки урожаю, крб.

Надбавка урожаю визначається по методу пайової участі добрив у формуванні урожаю [4, 34]:

$$U_n = U_{\phi} D_y / 100, \quad (2.42)$$

де U_{ϕ} - фактична врожайність або увесь валовий збір в рослинництві, ц 3.0.;

D_y - частка впливу органічних добрив на врожайність сільськогосподарських культур, %.

Числові значення надбавки урожаю і частки участі добрив можна визначити з нормативно-довідкової літератури відповідно до кількості внесених з ними поживних речовин [4, 34, 57, 58].

Екологічний ефект від зниження негативної дії на довкілля визначається з вираження:

$$E = B_{\text{грунт}} + B_{\text{вод}} + B_{\text{пов}}, \quad (2.43)$$

де $B_{\text{грунт}}$ - зниження негативної дії на ґрунти, грн.;

$B_{\text{вод}}$ - зниження негативної дії на водні об'єкти, грн.;

$B_{\text{пов}}$ - зниження негативної дії на атмосферне повітря, грн.;

Зниження негативної дії на ґрунти і водні об'єкти визначається по формулах:

$$B_{\text{грунт}} = CXB \times S \times K_r \times K_{\text{вих}} \times T_x, \quad (2.44)$$

$$B_{\text{вод}} = K_{\text{вг}} \times K_{\text{дл}} \times K_{\text{в}} \times K_{\text{ін}} \times \sum H_i \times M_i \times K_{\text{із}}, \quad (2.45)$$

де S - площа ділянки зниження негативної дії (кв. м);

CXB - усунена міра хімічного забруднення;

K_r - показник залежно від глибини усуненого хімічного забруднення або псування ґрунтів;

$K_{\text{исх}}$ - показник залежно від категорії земель і цільового призначення на якій розташована забруднена ділянка.

T_x - тариф для обчислення розміру шкоди, заподіяної ґрунтам як об'єкту довкілля

$K_{вг}$ - коефіцієнт, що враховує пору року спричинення шкоди

$K_{дл}$ - коефіцієнт, що враховує час неприйняття заходів по ліквідації забруднення

$K_{в}$ - коефіцієнт, що враховує екологічні чинники (стан водних об'єктів)

$K_{ин}$ – коефіцієнт індексації

$K_{из}$ – коефіцієнт, який враховує інтенсивність забруднення

H_i - тарифи (тис.грн./тонн) для обчислення розміру шкоди від забруднення водних об'єктів

M_i - маса відверненого скидання забруднюючої речовини, тонн.

На сьогодні найбільш складним завданням є визначення зниження негативної дії на атмосферне повітря, оскільки практично усі викиди на тваринницьких об'єктах є розосередженими - «дифузними».

Тому до теперішнього часу не склалося єдиної методики за визначенням $B_{пов}$ для тваринницьких об'єктів. Незважаючи на наявність методик за визначенням $B_{грунт}$ і $B_{вод}$ з тієї ж причини складно використати цей підхід за визначенням еколого-економічної оцінки.

Тому еколого-економічну оцінку технологій утилізації посліду для конкретних підприємств пропонується вести по доходу від реалізації надбавки урожаю при використанні органічних добрив - Пур і доходу від реалізації або економічної вигоди від використання додаткових енергетичних ресурсів (в результаті переробки біо- або генераторного газу) - $E_{еф}$.

3 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПЕРЕРОБКИ ПОСЛІДУ МЕТОДОМ БІОФЕРМЕНТАЦІЇ В УСТАНОВКАХ БАРАБАННОГО ТИПУ

3.1 Опис технології переробки посліду методом біоферментації в установках барабанного типу

Біоконверсія методом біоферментації в установці барабанного типу аналогічна технології біоферментації в установках камерного типу, за винятком того, що біоферментер може обертатися [21, 22, 36, 43]. Барабанний біоферментатор дозволяє вести процес біоферментації безперервно, не спустошуючи повністю барабан. Досить вивантажити рівну за об'ємом частину готового органічного добрива перед завантаженням нової партії початкового матеріалу. Барабан повинен мати відношення довжини до діаметру 3:1 для забезпечення витримки оброблюваної суміші при температурі 60 °С не менше 3 діб. На рисунку 3.1 представлена принципова схема вдосконаленого біоферментера барабанного типу.

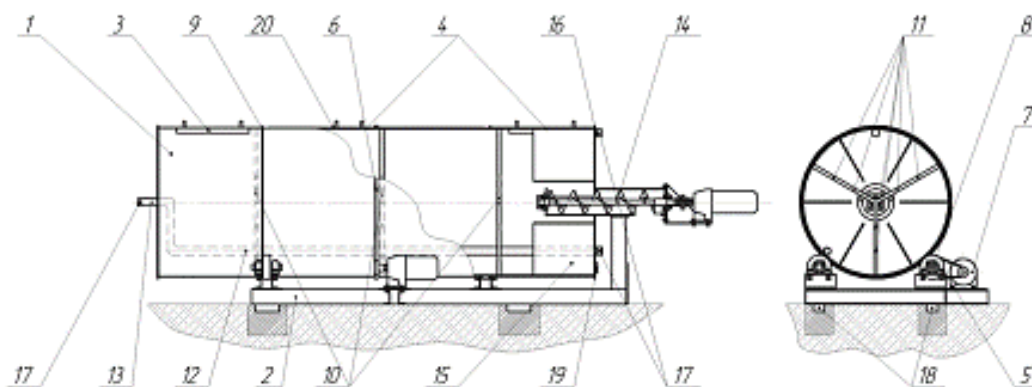


Рисунок 3.1 – Загальна схема біоферментатора барабанного типу

Біоферментатор складається з рухливого циліндричного барабана 1, встановленого на нерухомій, жорстко закріпленій рамі 2. У корпусі барабана 1 є завантажувальний люк 3, а також два контрольні люки 4. За допомогою вказаних люків здійснюється візуальний контроль протікання процесу, а також робиться процес відбору проб. Обертання барабана 1 здійснюється за допомогою приводного вузла 5, ланцюги 6, прикріпленою до корпусу барабана, і зв'язаного з ними мотора-редуктора 7 за допомогою катків 8.

Приводний вузол 5 включає набір зірочок і ланцюгову передачу, що сполучає зірочки і мотор-редуктор 7. Довільний рух барабана 1 відносно катків 6 обмежено обичайками 9. Усередині барабана 1 на рівному видаленні один від одного і від торців розташовані три комплекти планок, до яких кріпляться 10 три комплекти датчиків температури, вмісту кисню і CO_2 - 11. Усередині барабана 1 розташована аераційна труба 12, яка під'єднана за допомогою повітропроводу для подання зовнішнього повітря 13 до напірного вентилятора. Вивантаження компостованого матеріалу з біоферментативної установки здійснюється за допомогою шнекового транспортера 14, жорстко закріпленого до рами 2. Для поліпшення процесу вивантаження у вивантажній частині барабана використовуються шість лопаток 15, розташованих через 60° один відносно одного. Торець, розташований у вивантажній частині барабана 1, окрім отворів під аераційну трубу 12 і шнековий транспортер 14 має витяжний повітропровід 16, що сполучається з барботажним пристроєм. Перед повітропроводом подачі повітря 13 на виході з аераційної труби 12 і після витяжного повітропроводу 16 розташовані лічильники повітря 17 для оцінки викидів з біореактора. Під рамою розташовані чотири тензометричних датчика 18, підключені до вагового терміналу. Корпус барабана 1 має теплоізоляцію 20.

Умови застосування :

- вологість гною, посліду або компостної суміші не повинна перевищувати 65%.
- співвідношення вуглецю до азоту (C/N) в початковій суміші повинне варіюватися в діапазоні не менше 15...20.

Закладка суміші до барабанного біоферментатора здійснюється за допомогою шнекового транспортера. Для оптимального режиму роботи біоферментатора барабанного типу його заповнення початковою сумішшю повинне складати 80% від загального об'єму. Після заповнення біоферментатора люк закривають і включають напірний і витяжний вентилятори. Під час стадії біоферментації для перемішування і досягнення

однорідності суміші необхідно робити 4...5 повних обертів барабана кожні 12 годин. Необхідний час переробки сировини для отримання якісного біодобрива у біоферментаторі складає 3-4 доби при робочій температурі 65-75°C. При закладці маси вологістю 55...65 % з початковою температурою близько 10 °С температура маси через 10...12 годин піднімається до 45...50°C. Через добу після закладки маси у ферментатор її температура досягає 60...75 °С. Після закінчення трьох діб третина завантаженого матеріалу вивантажується і завантажується відповідна частина свіжого гною, посліду, потім щодоби відбувається вивантаження і завантаження третини корисний об'єму біоферментатор, що забезпечує потоковість процесу.

Термін біоконверсії методом біоферментації в установці барабанного типу складає 3...4 доби залежно від досягнутої температури.

Вивантаження з біоферментатора здійснюється за допомогою шнекового транспортера. В процесі вивантаження необхідно періодично здійснювати 1...2 повних обороту барабана. Переваги і недоліки технології біоконверсії методом біоферментації в установках барабанного типу представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Переваги технології біоконверсії методом біоферментації в установках барабанного типу

Переваги:	Недоліки:
<ul style="list-style-type: none"> • Мінімальна кількість обслуговуючого персоналу. • Можливість автоматизації процесу. • Можливість регулювання процесу переробки гною/посліду. • Можливість безперервного ведення процесу біоферментації. • Можливість отримання додаткових продуктів (підстилка для ВРХ). • Високе якість отриманого продукту. 	<ul style="list-style-type: none"> • Відносно високі капітальні витрати (вартість модуля для переробки 10 т/дів - 4500 тис. грн.). • високі енергетичні витрати, відносно біоферментації в камерному біоферментаторі, і, як наслідок більш високі експлуатаційні витрати. • Більш високі вимоги до кваліфікації обслуговуючого персоналу. • Складність конструкції

3.2 Конструкторсько-технологічні параметри ферментера барабанного типу

Починаючи з 2000-х років виконуються роботи по вдосконаленню конструктивних параметрів і режимів роботи біоферментативної установки барабанного типу.

Біореактор барабанного типу як найповніше задовольняє вимогам, що пред'являється до технологічного процесу виробництва екологічно безпечних, біологічно активних добрив з відходів тваринництва і птахівництва. Проте велика поверхня тепловіддачі барабана біореактора і значний перевертаючий момент при його обертанні вимагають істотних витрат енергії. Щоб понизити ці витрати, необхідно оптимізувати основні конструктивні параметри.

Вибір основних конструктивних параметрів біореактора барабанного типу ґрунтується на забезпеченні безперервного режиму його роботи при мінімальних енерговитратах.

Одним з ключових параметрів біореактора барабанного типу є співвідношення його довжини до діаметру (L/D).

Визначення цього співвідношення за умови забезпечення мінімуму площі тепловіддачі може бути отримано з рішення рівняння, що зв'язує, площа бокової поверхні і об'єм барабана біореактора.

$$S_{\text{б}} = \frac{4V}{D} + \frac{\pi D^2}{2}, \quad (3.1)$$

де V - об'єм барабана, м^3 , що визначається вираженням :

$$V = \frac{\pi D^2}{4} L, \quad (3.2)$$

D - діаметр барабана, м;

L - довжина барабана, м.

З рішення цього рівняння витікає, що найменша площа тепловіддачі біоферментатора за умови постійності його об'єму буде при співвідношенні $L/D=1$

В якості основних витрат енергії при обертанні барабана біореактора розглядається подолання перевертаючого моменту, що утворюється оброблюваним матеріалом, розташованим у барабані, при обертанні, під кутом природного укусу. Розрахункова схема визначення перевертаючого моменту наведена на рисунку 3.1.

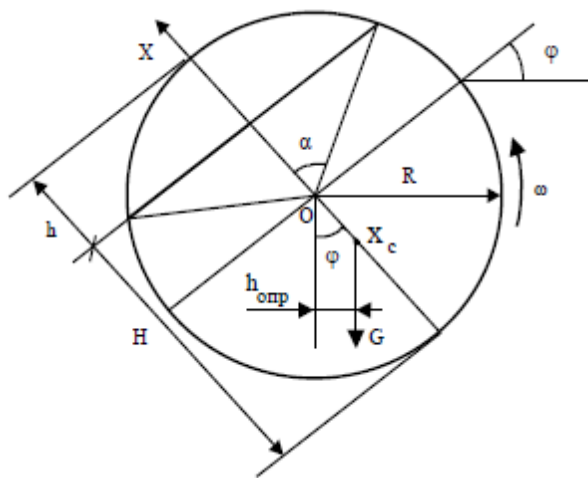


Рисунок 3.1 - Розрахункова схема визначення перевертаючого моменту

Перевертаючий момент визначуваний по формулі:

$$M_{\text{опр}} = V_{\text{см}} \cdot \rho_{\text{см}} \cdot g \cdot h_{\text{опр}}, \quad (3.3)$$

де $V_{\text{см}}$ - об'єм суміші у барабані, м^3 ;

$\rho_{\text{см}}$ - густина суміші, $\text{кг}/\text{м}^3$;

g - прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$;

$h_{\text{опр}}$ - плечо перекидання, горизонтальна проекція відстані між центром барабана і центром маси компостованої суміші, м.

Об'єм суміші у барабані визначимо по формулі:

$$V_{\text{см}} = S_c L, \quad (3.4)$$

де S_c - площа поперечного перерізу об'єму, зайнятого масою, м^2 .

Площа поперечного перерізу об'єму, зайнятого масою визначимо за формулою:

$$S_c = R^2(\pi - \alpha + \sin 2\alpha / 2), \quad (3.5)$$

де R - радіус кола, м ; α - кут сектора кола, рад .

Розташування центру мас перерізу об'єму, зайнятого сумішшю, визначимо за формулою:

$$x_c = 2 R \sin 3\alpha / 3 (\pi - \alpha + \sin 2\alpha / 2). \quad (3.6)$$

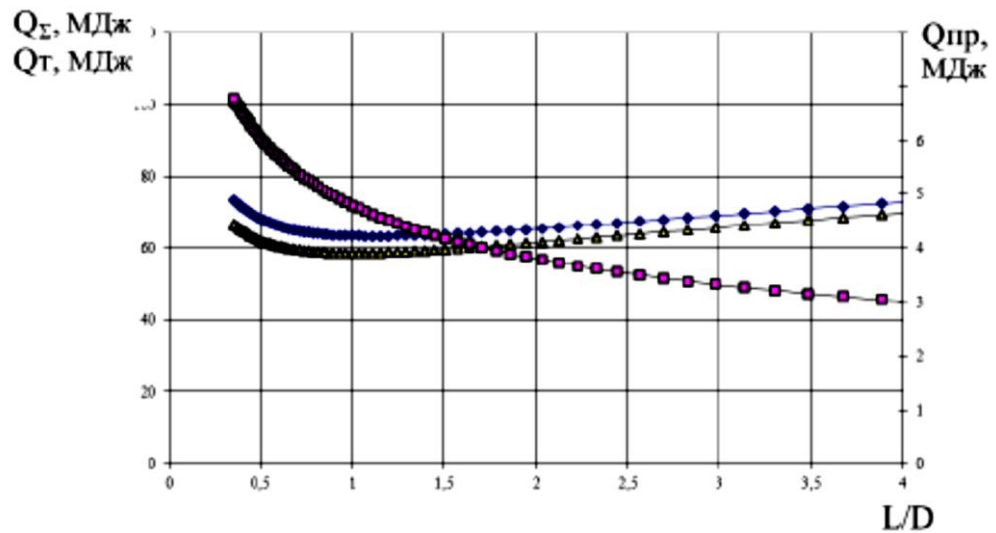
Перевертаючий момент визначимо по формулі:

$$M_{\text{ОПР}} = 3/2 R^3 L \rho_{\text{СМ}} g \sin 3\alpha \sin \varphi, \quad (3.7)$$

де φ - кут природного укоосу, рад .

Розрахунок сумарних втрат енергії від витоку тепла через поверхню біореактора і на подолання перевертаючого моменту барабана при усереднених режимах експлуатації показав, що їх мінімальне значення буде мати місце при співвідношенні $L/D=1$. Це співвідношення є визначальним, тому що величина витрати енергії на подолання перевертаючого моменту є незначною в порівнянні з втратами тепла через поверхню барабана біореактора.

Залежність витрат енергії от L/D представлена на рисунку 3.2.



- ◆— сумарні витрати енергії Q_{Σ} ;
- ▲— втрати тепла до навколишнього середовища Q^T ;
- витрати на подолання M_{opr} , $Q_{пр}$;

Рисунок 3.2 - Залежність витрат енергії при експлуатації біобарабана від співвідношення L/D

Водночас, виходячи з часу завантаження, виходу на робочий тепловий режим і експозиції дегельмінтизації, а також за умови безперервності роботи біореактора, компостна суміш повинна піддаватися обробці в термофільному режимі не менше 2 діб. Тоді добова доза завантаження свіжої суміші з урахуванням операцій завантаження і розвантаження і виходу процесу на робочий режим повинна займати не більше однієї третини робочого об'єму біореактора.

У робочому положенні барабан біореактора заповнений на дві третини загального об'єму. Завантаження свіжої порції робиться через люк барабана, розташований біля торцевої стінки, за декілька прийомів в проміжку, між якими барабан обертається на 1 оборот. Порція при завантаженні суміші за 1 прийом займає об'єм у формі конуса з тією, що утворює під кутом природного укосу φ . Розрахункова схема визначення порції завантаження наведена на рисунку 3.3.

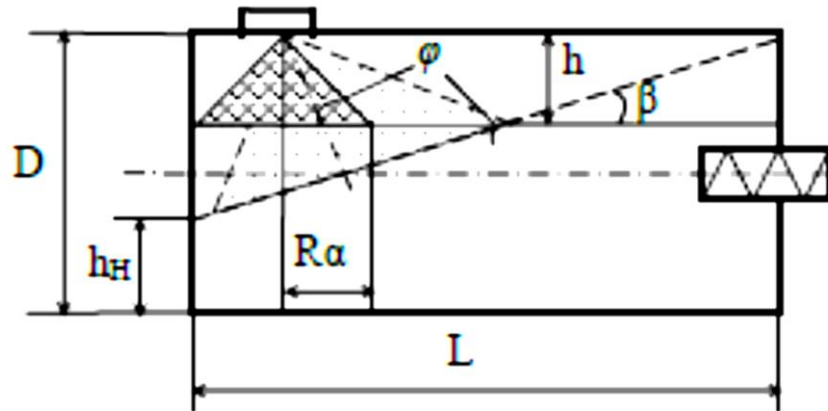


Рисунок 3.3 - Розрахункова схема визначення порції завантаження

Об'єм конуса (при завантаженні на дві третини загального об'єму) визначиться за формулою:

$$V_K = \frac{1}{3} \pi R_0^2 h = \frac{0,012}{\operatorname{tg} \varphi} \pi D^3 \quad (3.8)$$

де h - висота конуса $h = 0,33 D$, м;

$R_0 = h / \operatorname{tg} \varphi$ - радіус основи конуса.

Оскільки в процесі обертання відбувається не лише витіснення, але і змішування свіжої суміші з сумішшю, що знаходиться у барабані, то об'єм, який буде зайнятий свіжою сумішшю, буде більше однієї третини об'єму барабана. Міра витіснення оброблюваної суміші свіжою порцією позначимо коефіцієнтом k_{BT} .

Враховуючи, що добова порція свіжої суміші завантажуватиметься за n_3 оборотів барабана, отримаємо вираз:

$$V_{\text{сут}} = \frac{0,012}{\operatorname{tg} \varphi} \pi D^3 n_3 = \frac{2}{3} \frac{\pi D^2}{4} \frac{1}{3} L k_{BT} \quad (3.9)$$

Після перетворень отримаємо:

$$L = \frac{0,216}{k_{BT} \operatorname{tg} \varphi} D n_z \quad (3.10)$$

У цьому виразі тільки коефіцієнт витіснення є невідомим і визначається досвідченим шляхом.

Для розвантаження добрив застосовується шнековий транспортер. З обліком чисельних значень коефіцієнтів формула об'єму розвантаження добрива шнеком за один оборот барабана має вигляд:

$$q_p = V_K = 5,18 \times \pi \times d_1^3 \times t_{об} \times n_p, \quad (3.11)$$

де d_1 - діаметр шнека, м;

$t_{об}$ - час 1 обороту шнека, с;

n_p - частота обертання шнека, с^{-1} ;

частоту обертання шнека визначимо по формулі:

$$n_p = \frac{2,32 \times D^3}{10^3 \times d_1^3 \times t_{об} \times \operatorname{tg} \varphi} = \frac{2,32}{10^3 \times k_p^3 \times t_{об} \times \operatorname{tg} \varphi}, \quad (3.12)$$

де $k_p = d_1/D$ - відношення діаметру шнека до діаметру барабана.

Таким чином, частота обертання розвантажувального шнека при тому, що встановилося режимі роботи біоферментатора залежить від частоти обертання барабана і кута природного укусу добрива.

Для безперервної стійкої роботи вивантажного шнека необхідно, щоб над ним постійно знаходився значний шар готового добрива. Водночас, для збільшення об'єму порції завантаження за 1 прийом необхідно зменшувати рівень оброблюваного матеріалу у завантажувального люка барабана. Рішення цих проблем може бути досягнуто нахилом барабана у бік вивантаження представленому на рисунку 3.4.

Обмеженням нахилу барабана є висота готового добрива у торцевої стінки барабана з вивантажувальним шнеком $h_k=D$, що дозволяє забезпечити нормальний режим аерації і перемішування суміші.

При завантаженні барабана на $2/3$ граничний кут нахилу барабана визначимо за формулою:

$$\beta = \arctg(1,33/k_6), \quad (3.13)$$

де k_6 - відношення довжини барабана до його радіусу $k_6 = L/R$.

Нахил барабана впливає на величину перевертаючого моменту. Розрахунок значення перевертаючого моменту від кута нахилу барабана визначимо інтегруванням по довжині барабана по формулі:

$$M_{опр} = \frac{2}{3} \cdot R^2 \cdot \gamma \cdot g \cdot \sin \phi \int_0^{k_6 R} \sin^3 \left[\arccos \left(\frac{h_x + y \cdot \tg \beta}{R} - 1 \right) \right] dy, \quad (3.14)$$

В результаті проведених розрахунків по отриманих залежностях за допомогою програми MathCAD, отриманий наступний результат, представлений на рисунку 3.4.

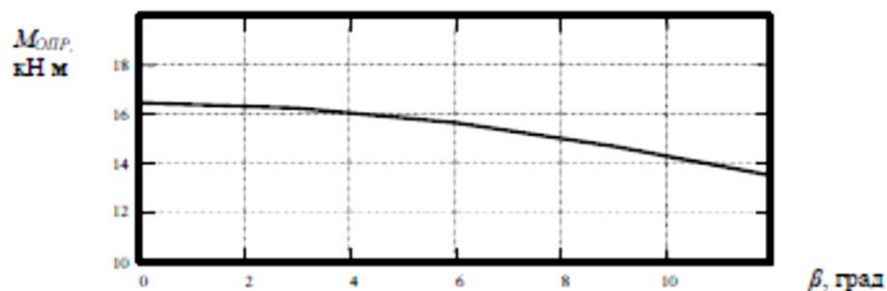


Рисунок 3.4 - Залежність перевертаючого моменту $M_{опр}$ від кута нахилу барабана β

Розрахунок був проведений для барабана з одиничним радіусом і відношенням $k_6 = 6$. З характеру графіку видно, що зі збільшення нахилу

барабана відбувається зниження перевертаючого моменту. Розрахунок для різних типів барабанів може бути проведений по наведеним залежностям.

Таким чином, оптимальне відношення довжини барабана біореактора і його радіусу залежить: від міри витіснення суміші, що знаходиться у біореакторі, новою порцією свіжої суміші, яка завантажується; коефіцієнта природного укосу і об'єму нової порції суміші і може бути визначено по отриманих залежностях. Зворотний ухил барабана забезпечує зниження перевертаючого моменту до 18% і збільшення порції завантаження за один прийом.

Аналіз основних показників процесу біоферментації і методів їх визначення показує, що усунення недоліків процесу слід вести в наступних напрямках:

- прискорення біохімічних процесів окислення субстрату біологічними каталізаторами - ферментами;
- посилення масообміну між мікрофлорою, субстратом і киснем повітря шляхом подрібнення субстрату і збільшенням його пористості;
- вирівнюванням температурного поля по перерізу тіла компостування шляхом збільшення теплоізоляції;
- зниженням втрат NPK шляхом прискорення процесів завантаження – вивантаження і подальшого доопрацювання добрива.

Запропоновано технологічну схему біоферментатора барабанного типу з продуктивністю 250 тон готового продукту на рік (рисунок 3.5).

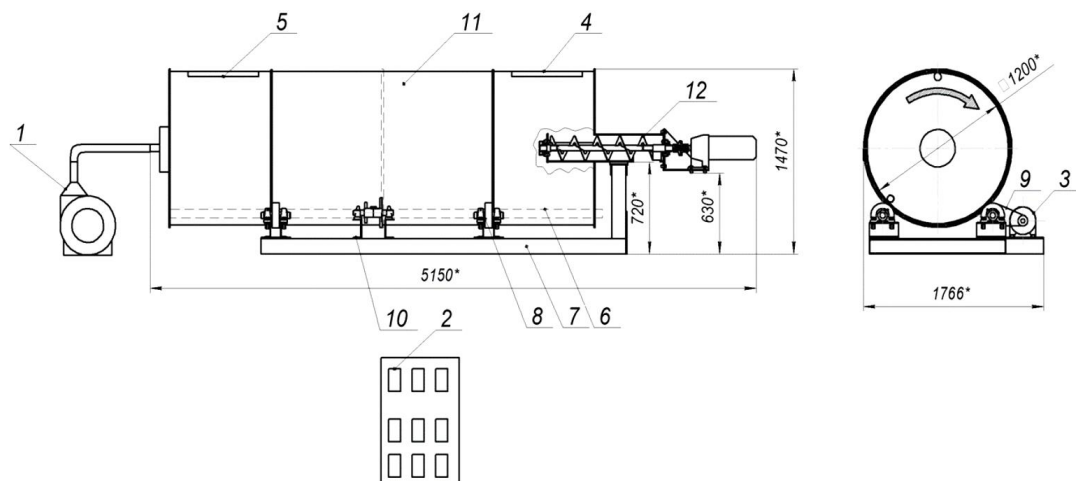


Рисунок 3.5 - Технологічна схема установки для біоконверсії відходів виробництва:

1 – вентилятор; 2 - шафа управління; 3 - привід біоферментера; 4 - вивантажний люк; 5 - завантажувальний люк; 6 - перфорована труба; 7 - рама біоферментера; 8 - опорне колесо; 9 - ланцюг; 10 - приводна зірочка; 11 - біоферментер; 12 - вивантажний шнек

Основні технічні характеристики біоферментативної установки наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Основні технічні характеристики біоферментативної установки

Найменування	Характеристики
1. Продуктивність, т/добу.	0,5-0,7
2. Період обробки не менше, діб.(після виходу в робочий режим)	2
3. Загальна встановлена потужність, кВт	4,95
4. Електроживлення – напруга мережі, В – частота струму, Гц	380/220 +10%...-15% 50+2
5. Привід барабана біоферментера - тип мотор - редуктора – потужність, кВт – частота обертання, хв ⁻¹	ЗМП- 40-12,5-525-0,55 - G110 0,55 12,5
6. Характеристика вентилятора – марка – потужність, кВт – частота обертання, хв ⁻¹	ВЦ 14-46 №2 2,2 3000
7. Характеристики вивантажного шнека -тип мотор - редуктора -продуктивність, т/год	4 МЦ2С- 80-71-2,2 - G 100ЦУЗ №119 1...3,5
8. Габаритні розміри, мм	5150x1766 x1470
9. Маса біоферментера, кг	2000
Вимірювальні прилади (у комплект постачання не входять)	
10. ТЦМ 9410/М2 одноканальний термометр цифровий (електронний) малогабаритний	
11. Первинний перетворювач ТТЦ01И- 180 (голка) для сипких середовищ - межі вимірюваної температури, °С (не менше) - довжина монтажною частини не менше (щупа), м - довжина кабелю не менше, м	-50 до +200 1,2 1,5

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Біоферментативна установка барабанного типу розташована на птахофабриці. Продуктивність установки складає 250 тон готових добрив на рік. Місце розташування враховує вимоги ДСТУ 7748:2015 «Безпека праці. Біологічна безпека. Загальні вимоги»

Будівлі на птахофабриці повинні відповідати вимогам технологічного процесу і бути добудовані відповідно до габаритних розмірів устаткування. До складу птахофабрики входять основні і допоміжні будівлі для утримання птиці, будівля ветеринарного призначення, кормоцех.

Крім того, є інженерні споруди (водопровід, мережі електро- і тепlopостачання), навіси для зберігання грубих кормів, навіси для зберігання техніки. На птахофабриці є також санітарно-побутові приміщення: кімната відпочинку, душова, гардеробна, туалетна, які відповідають вимогам ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки адміністративного та побутового призначення».

Проїзди по території повинні мати тверде покриття, що дає зручність для підвезення кормів і транспортування гною. По території рівномірно розташовані грязевідстійники і рідше збірки.

Усі виробничі будівлі розміщені на ділянці рівномірно, при цьому враховані необхідні і протипожежні розриви між будівлями згідно ДБН В.2.2 - 27-2010 «Будинки і споруди» [35]. Розташування будівель на фермі повинне відповідати вимогам НАПБ А.01.001-2015 (ДНАОП 0.01-1.01-15) «Правила пожежної безпеки в Україні» [42]. На випадок пожежі на фермі використовується вода. Для цього на території розміщений резервуар для води місткістю 100 м³.

На в'їзді на територію ферми встановлений ветсанпропускник на 25 чоловік з дезінфекцією транспортних засобів. Інші в'їзди обладнані дезбар'єрами.

Переміщення і проникнення на територію сторонніх осіб категорично заборонене.

Безпека праці на птахофабриці

На птахофабриці є наступні шкідливі і небезпечні виробничі чинники: пил органічного походження (від птахів) і газів (аміак, сірководень та ін.), що утворюються в результаті біологічних і хімічних процесів; враження електричним струмом, як людей, так і тварин; попадання людей під рухомі машини (кормороздавач) і їх частини, що обертаються і рухаються.

З метою виключення впливу пилу і газів на організм, утримування їх в повітрі робочої зони нормують, встановлюючи норми ГДК по ГОСТ 12.1.005-88 «Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги». Відповідно до санітарних норм на птахофабриці передбачена природна вентиляція з витяжними шахтами. З метою обігріву приміщення птахофабрики і при необхідності, активізації процесу вентиляції використовується опалювально-вентиляційні агрегати АПВС- 50-30.

Розрахунок вентиляції і опалювання виконаний в розділі 2 цих записки пояснення згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [36].

Важливим чинником, що впливає на умови праці, є раціональне освітлення приміщень і робочих місць.

Розрахунок природного і штучного освітлення виконаний згідно ДБН.В 2-5-28-2006 «Природне та штучне освітлення» [34]

Виробничі процеси на птахофабриці відповідають ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ «Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки».

Виробничі процеси механізовані: годівлі, прибирання гною, напування, роздача корму птиці.

Усе устаткування свинарника відповідає ГОСТ 12.2.042-91 ССБТ «Машини і устаткування для тваринництва і кормовиробництва. Загальні вимоги безпеки». Механізми і устаткування на птахофабриці розміщені відповідно до проекту на міцних фундаментах і рейковому шляху. Канали для прибирання гною транспортерів в місцях проходів і проїздів закриті щитами.

Люки для проходу гною на похилий транспортер захищені перилами із сталевих труб заввишки 1,6 метра.

Небезпека враження електричним струмом багато в чому залежить від середовища, в якому експлуатується установка. Птахофабрика відноситься до особливо небезпечних приміщень по ураженості струмом, оскільки вона характеризується високою вологістю і хімічно активним середовищем. Виходячи з цього усі електроустановки на птахофабриці виконані у вологозахищеному виконанні. Пускова і захисна апаратура - закритого типу.

Усе електроустаткування на птахофабриці занулюване відповідно до вимог ДБН В.2.5-27-2006 «Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд», ДНАОП 0.00-1.32-01 «Правила улаштування електроустановок (ПУЕ)»

Птахофабрика відноситься до будівель III ступеню вогнестійкості і до категорії Д виробництва. Джерелами займання можуть служити: замикання електропроводки, попадання блискавки, недотримання заходів обережності з вогнем, куріння в невстановлених місцях і так далі

Для гасіння пожежі на птахофабриці є пожежні крани, до яких надаються пожежні рукави завдовжки 36 метрів. Відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2015 (ДНАОП 0.01-1.01-15) «Правила пожежної безпеки в Україні» [42] у свинарнику передбачений пожежний щит, ящик з піском і вогнегасники ОХП- 10 з розрахунком один вогнегасник на 100 м² площі птахофабрики.

Виконаємо розрахунок контурного заземлення птахофабрики для відгодівлі.

Розрахунок контурного заземлення

Розрахунок заземлення виконуємо згідно ДБН В.2.5-27-2006. «Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд»

Для розрахунку контурного заземлення приймаємо наступні початкові дані:

- довжина заземляючого стержня $l = 2$ м;

- діаметр вертикальних заземлителів $d_v = 0,05$ м;
- ширина смуги горизонтального заземлителя $h_g = 0,06$ м;
- глибина заставляння вертикального заземлителя $h_v = 0,7$ м

Розрахунок починаємо з визначення питомого опору ґрунту. Для суглинку $\rho = 100$ Ом/м³

Згідно ГОСТ 12.1.19-79 вибираємо допустимий опір заземляючого пристрою R_d .

Визначаємо відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача по формулі:

$$t = h_g + \frac{l_g}{2} = 0,7 + \frac{2}{2} = 1,7 \text{ м} \quad (4.1)$$

Визначаємо опір розтіканню струму для поодинокого поглибленого вертикального заземлювача:

$$R_{г.о.} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_g} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l_g}{d_g} + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{4t + l_g}{4t - l_g} \right) \right), \text{ Ом.} \quad (4.2)$$

$$R_{г.о.} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{4 \cdot 1,7 + 2}{4 \cdot 1,7 - 2} \right) \right) = 36,7 \text{ Ом}$$

Визначаємо число вертикальних заземлювачів без урахування коефіцієнта екранування:

$$n = \frac{R_{г.о.}}{R_d} = \frac{36,7}{5} = 7,34 \text{ шт.} \quad (4.3)$$

Приймаємо $n=8$.

Визначимо необхідну кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта екранування :

$$P_{\theta} = \frac{R_{\theta.o.}}{n \cdot Q_{\theta}} \quad (4.4)$$

Де Q_{θ} - коефіцієнт екранування; для вертикальних заземлювачів $Q_{\theta}=0,61$.

$$n_{\theta} = \frac{36,7}{8 \cdot 0,61} = 7,5.$$

Приймаємо $n_{\theta}=8$.

Визначимо розрахунковий опір для усіх вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта екранування :

$$R_{\theta} = \frac{R_{\theta.o.}}{n_{\theta} \cdot Q_{\theta}} = \frac{36,7}{8 \cdot 0,61} = 7,52 \text{ Ом.} \quad (4.5)$$

Визначимо довжину горизонтальних з'єднань при контурному заземленні:

$$l = P_{\text{зд}} = 204 \text{ м}$$

де $P_{\text{зд}}$ - периметр будівлі, м

Визначимо опір розтіканню струму в горизонтальному заземлювачі з урахуванням коефіцієнта екранування по формулі:

$$R_{\eta} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_{\eta} \cdot Q_{\eta}} \cdot \ln \frac{2 \cdot \theta_{\eta}}{h_{\eta} \cdot h_{\theta}}, \text{ Ом;} \quad (4.6)$$

де Q_{η} - коефіцієнт екранування; для горизонтальних заземлювачів $Q_{\eta}=0,4$.

$$R_{\eta} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 648 \cdot 0,4} \cdot \ln \frac{2 \cdot 648^2}{0,06 \cdot 0,7} = 7,2 \text{ Ом.}$$

Визначаємо загальний розрахунковий опір розтіканню струму в заземленому контурі:

$$R_n = \frac{R_g \cdot R_z}{R_g + R_z} = \frac{7,52 \cdot 7,2}{7,52 + 7,2} = 3,7 \text{ Ом.} \quad (4.7)$$

Умова $R_n < R_d$ виконана, оскільки $3,16 < 5 \text{ Ом}$.

Безпека біоферментативної установки

При розробці конструкції враховувалися вимоги ГОСТ 12.02.042-91 «Машини і устаткування тваринницьких ферм. Загальні вимоги безпеки». Виконані вимоги: робочі органи, які в процесі роботи можуть забиватися масою посліду або сторонніми включеннями, проектуємо легкодоступними для огляду і очищення і обладнані засобами обертання (муфтами, шпильками та ін.).

Муфти повинні бути легкодоступними і легко демонтуватись. Захисні обгороджування відповідно до ГОСТ 12.02.062-81 «Устаткування виробниче. Захисні обгороджування».

Для попередження про початок роботи, система для переробки посліду обладнана звуковим сигналом. Електрокабель підведений до транспортера для транспортування посліду в закритому виконанні.

При роботі транспортера можливий порив ланцюгів, що може створити небезпечну ситуацію. Може статися захоплення одягу частинами приводу, що обертаються. Для цього частини, що обертаються, захищені.

Для забезпечення техніки безпеки при роботі з проєктованим транспортером для транспортування посліду користуємося ОСТОМ 46.03.150-84 ССБТ «Навантажувально-розвантажувальні роботи і перевезення тяжкості в сільському господарстві. Загальні вимоги безпеки».

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Обробка посліду методом біотермічної ферментації в аеробних умовах заснована на окисленні частини органічної речовини змішаною популяцією мікроорганізмів за рахунок насичення його киснем атмосферного повітря при періодичному перемішуванні. В результаті біологічного окислення частини органічної речовини температура в масі, що переробляється, піднімається понад $+50^{\circ}\text{C}$, що згубно впливає на личинки і лялечки мух, яйця гельмінтів і насіння смітної рослинності. В якості мікробних добавок пропонується використовувати мікробний інокулянт.

Біодобриво є стійким продуктом, який не представляє труднощів у зберіганні, у нього немає різкого неприємного запаху, патогенних організмів, шкідливих бур'янів і інших фітотоксичних речовин.

Розрахунок питомих показників при переробці у біоферментаторі барабанного типу

Початковими даними для розрахунку питомих показників при переробці є:

1. Добовий вихід посліду Q , т.
2. Густина посліду ρ , т/м³.
3. Час переробки t_v , t_{pk} , так, доба.
4. Вартість квадратного метра основи гноєсховища S_{th1} , тис. грн.
5. Вартість квадратного метра бічної стінки гноєсховища S_{th2} , тис. грн.
6. Радіус гноєсховища R_n , м.
7. Вартість квадратного метра плівкового гноєсховища S_{th3} , тис. грн.
8. Вологість початкового посліду W_i , %.
9. Вологість вологопоглинаючого матеріалу W_p , %.
10. Вологість компостної суміші W_c , %.
11. Маса вологопоглинач на 1 тону посліду M_v , т.
12. Вартість будівництва 1 м² бетонованого майданчика S_{t6} , тис. грн.
13. Розміри технологічних роз'їздів, м.
14. Вартість 1 тони вологопоглинаючого матеріалу C_{v1} , тис. грн.

15. Розміри біоферментаторів барабанного, м.

Будівельною частиною є бетонований майданчик під біоферментатори барабанного типу і будівлю для біоферментаторів.

Маса вологопоглинача на 1 тону посліду, кг визначається по формулі (5.1).

$$M_{\text{в}} = \frac{W_{\text{н}} - W_{\text{с}}}{W_{\text{с}} - W_{\text{п}}} . \quad (5.1).$$

де $W_{\text{н}}$ - вологість початкового посліду %;

$W_{\text{п}}$ - вологість вологопоглинаючого матеріалу %;

$W_{\text{с}}$ - вологість суміші для приготування буртів %;

$M_{\text{в}}$ - маса вологопоглинача на 1 тону гною/посліду, кг;

Маса суміші, що переробляється за добу, у біоферментаторі барабанного типу визначається по формулі (5.2). Час біоферментації складає 3 діб.

$$M_{\text{с}} = Q \cdot t_{\text{пк}} + Q \cdot t_{\text{пк}} \cdot \frac{W_{\text{н}} - W_{\text{с}}}{W_{\text{с}} - W_{\text{п}}} . \quad (5.2).$$

$t_{\text{пк}}$ - час пасивного компостування гною/посліду, доба;

Розміри біоферментатора барабанного типу :

- довжина - $dl_{\text{б}}$, м;

- діаметр барабана - $D_{\text{б}}$, м.

Співвідношення довжини біоферментатора барабанного типу до його діаметру складає 3:1.

Об'єм одного барабана $V_{\text{б}}$, м^3 визначається по формулі:

$$V_{\text{б}} = \pi \cdot dl_{\text{б}} \cdot \left(\frac{D_{\text{б}}}{2} \right)^2 . \quad (5.3)$$

Для оптимального режиму роботи біоферментатора барабанного типу його заповнення початковою сумішшю складає 80% від загального об'єму. Відповідно, корисний об'єм $V_{\text{бп}}$, м^3 , розраховується по формулі:

$$V_{bn}=0,8 \cdot V_b. \quad (5.4)$$

Щодня відбувається вивантаження з біоферментатора $1/3$ отриманого біодобрива, і завантаження в нього $1/3$ початкової суміші. Об'єм суміші, що завантажується V_{bc} , m^3 щодня, в один біоферментатор розраховується за формулою:

$$V_{bc} = \frac{V_{bn}}{3} \cdot (1 - \text{ппм}), \quad (5.5)$$

де ппм - коефіцієнт втрат маси, бр.

Маса щодня завантажуваної суміші M_{bc} (добова продуктивність), т, в один біоферментатор барабанного типу визначається по формулі:

$$M_{bc}=V_{bc} \cdot \rho_c. \quad (5.6)$$

Кількість необхідних біоферментаторів барабанного типу визначається по формулі:

$$K_{bb} = \frac{M_{cb}}{M_{bc}}. \quad (5.7)$$

Довжина бетонowanego майданчика під біоферментатори барабанного типу $dl_{пб}$, м обчислюється за формулою:

$$dl_{пб}=x_1+x_2+dl_b, \quad (5.8)$$

де x_1 , x_2 - відстань від біоферментатора барабанного типу до краю бетонowanego майданчика (з урахуванням маневрування техніки), м.

Ширина бетонowanego майданчика під біоферментатори барабанного типу $sh_{пб}$, м визначається по формулі:

$$sh_{пб}=x_3+x_4+K_{bb} \cdot D_b+x_5 \cdot (K_{bb}-1), \quad (5.9)$$

де x_3 , x_4 - відстань від біоферментатора барабанного типу до краю бетонowanego майданчика (з урахуванням маневрування техніки), м;

x_5 - відстань між біоферментаторами барабанного типу, м.

Витрати на спорудження бетонованого майданчика визначаються за формулою:

$$P_k = st_{\text{б}} \cdot sh_k \cdot dl_k, \quad (5.10).$$

Витрати на спорудження будівлі $Z_{\text{зд}}$, тис. грн, під біоферментатори барабанного типу визначаються по формулі:

$$Z_{\text{зд}} = dl_{\text{пб}} \cdot sh_{\text{пб}} \cdot Vs_{\text{б}} \cdot \Pi, \quad (5.11)$$

де Π - усереднена вартість спорудження 1 м³ будівлі, тис. грн;

$Vs_{\text{б}}$ - висота будівлі під біоферментатори барабанного типу, м.

Вартість вологопоглинаючого матеріалу $Z_{\text{вл}}$, тис. грн, визначається по формулі:

$$Z_{\text{вл}} = M_{\text{в}} \cdot Q \cdot \Pi_{\text{вл}}, \quad (5.12)$$

де $\Pi_{\text{вл}}$ - вартість 1 тони вологопоглинаючого матеріалу, тис. грн.

Таким чином продуктивність по готовому продукту складає 250 тон/рік. При собівартості отримуваних органічних добрив 1500 грн/т (з урахуванням фасування в упаковку 5 кг) і реалізації органічних добрив 3650 грн/т (18,25 грн. за упаковку) термін окупності установки складає менш 2-х років.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз впливу гною на навколишнє середовище та технології його утилізації.
2. Зроблено аналіз технологій і технічних засобів переробки гною і посліду, а саме: технологія пасивного та активного компостування у буртах та переробка гною, посліду методом біоферментації в установках камерного типу.
3. Описані методики формування технології утилізації посліду та проведені розрахунки визначальних параметрів компостування і біоферментації посліду.
4. Визначений екологічний ефект при впровадженні ефективних машинних технологій утилізації посліду.
5. Проведені технологічні розрахунки переробки посліду методом біоферментації в установках барабанного типу.
6. Визначені конструкторсько-технологічні параметри ферментера барабанного типу.
7. Запропоновані заходи з охорони праці на птахофермі при роботі з установкою барабанного типу.
8. Техніко-економічна ефективність запропонованої технології біоферментації посліду продуктивність по готовому продукту складає 250 тон/рік. При собівартості отримуваних органічних добрив 1500 грн/т і реалізації органічних добрив 3650 грн/т термін окупності установки складає менш 2-х років.

