

УДК 662.8.054:621.929.6:001.8

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДОЗУВАЛЬНО-ЗМІШУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ СИРОВИНИ БІОПАЛИВНИХ ГРАНУЛ

В. Дубровін, д-р техн. наук, проф., **О. Єременко**, канд. техн. наук, доцент,
Р. Овруцький,
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Проведено аналіз конструкцій змішувачів сипких матеріалів, обрано перспективний тип. Обґрунтовано конструкційно-технологічну схему, розраховано основні параметри раціонального дозувально-змішувального пристрою для твердопаливного гранулятора.

Ключові слова: *біомаса, сипка сировина, дозування, змішування, гранули, пристрій, конструкція, розрахунки, робочі органи, обґрунтування*

Суть проблеми. Біопаливні гранули (пелети) отримують з побічних матеріалів і відходів аграрних, переробних, лісозаготівельних, деревообробних та ін. виробництв, а також з біомаси енергетичних насаджень. Розвинуті країни світу на сучасному етапі поновлюють свої паливно-енергетичні ресурси, переходячи на тверді біопалива як на економічно вигідний та екологічний вид відновлюваної енергетики. За прогнозами фахівців, щорічний світовий обсяг виробництва та застосування пелет з 2014 р. до 2025 р. збільшиться з 15 млн тонн до 50 млн тонн [1-3].

Гранулювання – це процес ущільнення тиском до 40 МПа біосировини в технологічних каналах матриці і утворення виробів однакової циліндричної форми діаметром 4-12 мм, довжиною 10-50 мм відповідно до технологічних вимог. Насипна щільність паливних гранул підвищується у 7-10 разів і становить 650-750 кг/м³, що дозволяє ефективно транспортувати і зберігати цю продукцію. Щільність пелет становить 1100-1700 кг/м³, теплота згорання (16-21 МДж/кг) не поступається бурому вугіллю. Невеликі розміри і правильна форма біопаливних гранул забезпечують їх самоплив, підвищують точність дозування, а тому це біопаливо застосоване в автоматичних котельних системах [2, 4-6].

Біомаса в процесі гранулювання є суцільною реологічною системою, яка передбачає можливість часткового відновлення форми і розмірів матеріалу після зняття навантаження. Під час виробництва гранул біосировина подається послідовно в подрібнювач, сушарку, дозатор-змішувач, гранулятор. Під час інтенсивного ущільнення до 30-40 МПа в каналах матриці протікають процеси внутрішнього тертя і сухої дифузії між частинками розмірами 1-5 мм, в результаті підвищується температура до

90-100 °С, а лігнін, що міститься в біомасі, розм'якшується, склеює частинки у щільні вироби циліндричної форми та сприяє утворенню захисної плівки на поверхні гранул [1-6].

Отже, ретельне виконання технологічних процесів є запорукою отримання переваг і подальшого розвитку виробництв біопаливних гранул. Разом з тим, в прес-гранулятори часто надходять сировинні компоненти, які різняться фізичним походженням, фракційним складом, вологістю тощо. Тому обґрунтування процесів і засобів для живлення, дозування, змішування компонентів сировинної біомаси є актуальним напрямком досліджень та одним із шляхів підвищення ефективності виробництва біопаливних гранул.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Процес змішування сипких матеріалів – це процес рівномірного розподілу частинок окремих компонентів в об'ємі суміші під дією зовнішніх сил. Обладнання для змішування дозволяє отримати суміші декількох компонентів однорідної консистенції та ін. показників матеріалу, покращення результатів подальшої переробки [4, 6-9].

На ефективність змішування впливають щільність вихідних компонентів, гранулометричний склад (форма, розміри, дисперсійний розподіл за величиною для неоднорідних компонентів) частинок суміші, вологість компонентів, сили тертя, стан поверхні й адгезії поверхонь частинок. Ефективність змішування оцінюють коефіцієнтом неоднорідності отриманої суміші. Однорідною є суміш, в якій вміст компонентів у будь-якому об'ємі не відрізняється від заданого їх вмісту для всієї суміші [1, 3, 6-10].

Аналіз показує [6, 7, 8, 10-12], що процес змішування передбачає три фази: конвекцію, дифузію і сегрегацію. Конвективне змішування – це переміщення груп частинок з одного об'єму в інший об'єм суміші; дифузійне змішування – це перерозподіл частинок різних компонентів через знов утворені межі; сегрегація – це зосередження близьких за формою, масою й розмірами частинок у різних місцях камери змішувача.

Якщо розділити змішування за часом на три інтервали, то в першому переважає конвективне змішування, у другому – дифузійне, у третьому – сегрегація. Перші дві фази сприяють рівномірному розподілу частинок сировини у суміші, а остання фаза – перешкоджає. Тому доцільно закінчувати процес змішування компонентів наприкінці другої фази [6-8, 10, 11].

Змішування сипких матеріалів називається механічним, якщо процес виконується за допомогою змішувальних органів або в результаті обертання робочої ємкості, або пропусканням крізь сопла чи ін. пристрої машин. Змішування називається пневматичним при отриманні однорідних сумішей за допомогою стиснутого газового середовища [1, 4, 6-11].

Проведений аналіз свідчить, що дослідження процесів змішування дисперсних матеріалів – досить розповсюджена тема наукових розробок в багатьох галузях. Проте розглянуті фахові праці [7-11] не конкретизують явища одночасного дозування і змішування паливної біосировини з різними

гранулометричними показниками, що особливо важливо для твердопаливних підприємств малих обсягів виробництва. Технологічні завдання виготовлення біопаливних гранул часто різняться за функціональним і технічним станом сільськогосподарських виробництв. Тому виникає потреба в розробленні методичних основ розрахунку технологічних і конструкційних параметрів універсальних засобів для дозування і змішування біопаливної сировини в процесі живлення прес-гранулятора.

Мета дослідження – підвищити ефективність гранулювання біомаси у паливні вироби шляхом визначення перспективного типу та обґрунтування конструкційної схеми дозувально-змішувального пристрою.

Виклад основного матеріалу дослідження. За результатами аналітичного огляду напрямків розвитку твердопаливних виробництв, передового досвіду та класифікації пристроїв для змішування дисперсних матеріалів (рис. 1) з'ясовано, що при виробництві біопаливних гранул найбільш застосовувані – механічні змішувачі сировинної біомаси з одновальними робочими органами гвинтового (шнекового), лопатевого та комбінованого типів. Причому на малих твердопаливних підприємствах, наприклад, в аграрних та лісових господарствах, в основному використовують змішувачі періодичної дії як більш універсальні. Вони забезпечують будь-яку тривалість процесу, широкий діапазон за продуктивністю. Серед базових конструкцій робочих місткостей, зокрема барабана, корита, чаші, перевага надається двом останнім.

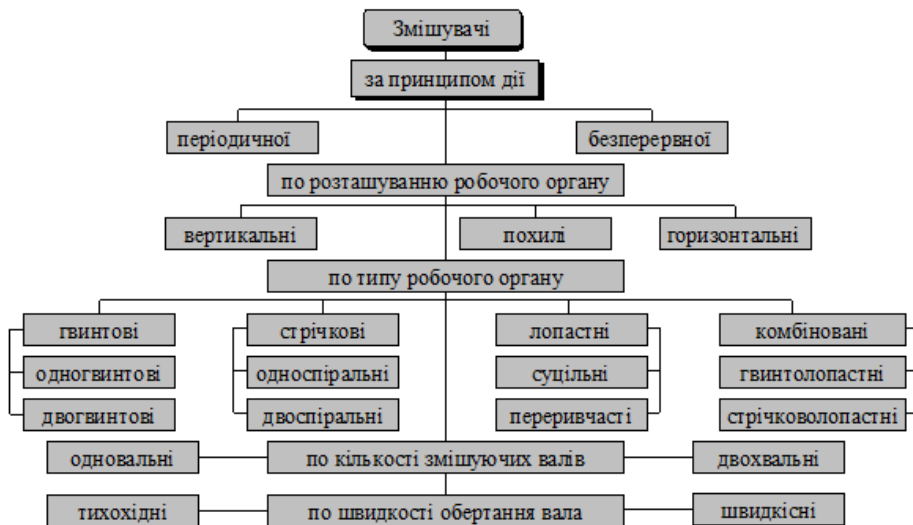


Рисунок 1 – Класифікація пристроїв для змішування дисперсних матеріалів

Ефективність процесу змішування компонентів біопаливної сировини оцінюють за ступенем однорідності β маси перед гранулюванням:

$$\beta = \frac{b-a}{b} = 1 - \frac{a}{b}, \quad (1)$$

де b – середня концентрація речовини, задана умовами змішування;
 a – середнє відхилення від заданої концентрації, яке заміряється в декількох точках маси по всьому обсягу переміщення.

Фактичні значення за ступенем однорідності $\beta = 0,8 - 0,9$.

Тривалість процесу змішування t залежить від конструкції і частоти обертання робочих органів, наявності додаткових пристроїв:

$$t = \frac{C}{n^{ar}}, \quad (2)$$

де n – кількість обертів робочих органів змішувача за хвилину;
 m – параметр, що характеризує властивості сировини, яка перемішується;
 C – постійна величина.

Для рівномірного змішування декількох компонентів, які значно різняться за вологістю, фракційним складом тощо, наприклад, при виробництві кормових сумішей, часто застосовують два і навіть три паралельних гвинти, що також дозують подачу продуктів. Крок гвинтової поверхні може бути постійним і перемінним.

Лопатеві змішувачі конструкційно нагадують гвинтові (шнекові), де гвинтова поверхня замінена на розташовані під кутом до вертикальної поперечної площини лопаті. Такі робочі органи на валу утворюють переривчасту поверхню, що забезпечує не тільки перемішування біомаси, але й транспортує її уздовж осі вала. Косо поставлені лопаті можуть мати форму прямокутника або трапеції, що розширюється від центру вала. У поперечному перерізі лопаті розташовані під кутом від 90° до 120° відносно один одного.

Спіральні змішувачі застосовують для перемішування різних компонентів сировини. Спіраль – це гвинтова смуга прямокутного перетину, що консольно встановлюється на валу або має опорні осі на протилежному кінці. Спіралі розміщені в жолобах камери, їх може бути від однієї до трьох.

У двохвальній системі змішування вали обертаються, як правило, назустріч один одному з однаковою або різними швидкостями, коли ведучі вали мають кутову швидкість у 1,3-2,1 рази меншу, ніж ведені.

На тривалість процесу впливає також місткість робочої камери. Наприклад, при змішуванні компонентів в однотипних мішалках і з однаковою частотою обертів справедливе співвідношення:

$$\frac{t_1}{t_2} = \sqrt[3]{\frac{V_1}{V_2}}, \quad (3)$$

де t_1 і t_2 – тривалість перемішування в змішувачах місткістю V_1 і V_2 , хв.;
Місткість V (м^3) робочої камери змішувача визначають за формулою:

$$V = \frac{60 Q}{t+t_n} = \frac{60 Q}{t(1-\varphi)}, \quad (4)$$

де Q – експлуатаційна продуктивність змішувача, $\text{м}^3/\text{год}$;
 t_n – тривалість підготовчих операцій для машин періодичної дії, хв;
 φ – відношення t_n/t (для змішувачів безупинної дії $\varphi = 0$; для змішувачів періодичної дії $\varphi = 0,1 - 0,3$).

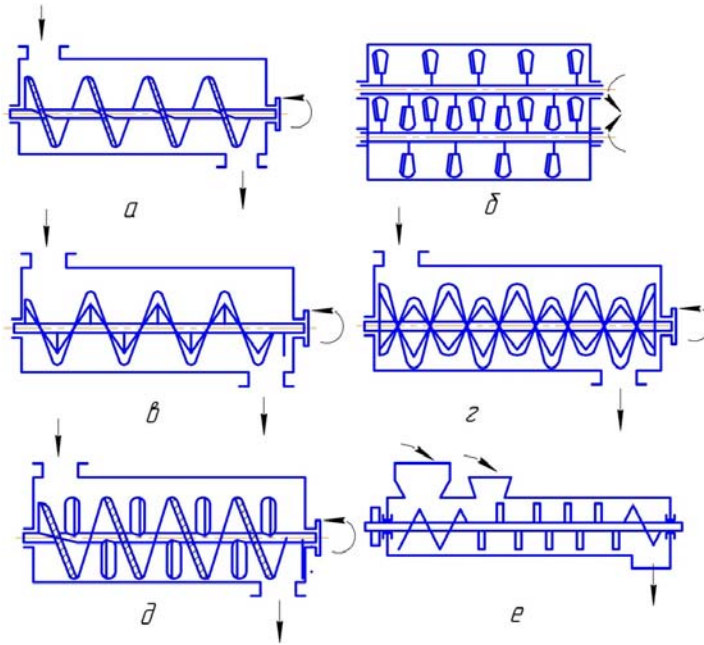
Якість одержуваних сумішей у змішувачах періодичної дії вища, однак змішувачі безперервної дії більш ефективні у потокових лініях. В змішувачах періодичної дії зниження коефіцієнта варіації відбувається в часі, в змішувачах безперервної дії – у просторі, тобто по довжині змішувача. Змішування втрачає суть, коли процеси перерозподілу частинок і їх сегрегація врівноважуються. Цим визначається тривалість змішування в періодичних пристроях або довжина камери змішувача безперервної дії.

За результатами проведеного аналізу визначено групу технічно перспективних пристроїв (рис. 2), що здатні ефективно виконувати функції живлення, дозування і змішування сировинної біомаси перед гранулюванням.

Висока ефективність змішування сипких матеріалів, особливо з великим числом компонентів, досягається з використанням комбінованих робочих органів (рис. 2, д,е). Такі пристрої конструктивно і технологічно більш складні, ніж спрощені механізми для виконання операцій дозування і змішування біопаливної сировини. Тому запропонована конструкційно-технологічна схема дозувально-змішувального пристрою гранулятора, яка передбачає живлення і дозування біосировини шнековим робочим органом, як більш точним, а змішування компонентів за різним гранулометричним складом – механізмом лопатевого типу.

Заслужують на увагу дозувальні і змішувальні пристрої однофазні безперервної дії, що розроблені промисловою інжиніринговою групою ICK Group [6] (інша назва фірми – GRANTECH (Грантех)). Розробка має просту конструкцію і не потребує додаткових механізмів для живлення і вивантаження біосировини у пресувальний вузол гранулятора. Робочі камери являють собою циліндрові корпуси, виготовлені з листової корозійностійкої сталі. Фірмою пропонується широкий діапазон змішувачів, що відрізняються як місткістю (від 0,2 до 0,4 м^3), так і потужністю привода.

Обґрунтування параметрів шнекового живильника-дозатора здійснено за загальною методикою розрахунку. Швидкість обертання шнека має бути вище критичної для створення псевдозрідженого шару суміші. Такі конструктивні і кінематичні параметри зони дозування шнекового пристрою дозволяють працювати йому без пульсацій подачі суміші компонентів.



а – шнековий (гвинтовий); б – лопатевий; в – стрічковий односпіральний; г – стрічковий двохспіральний; д, е – комбінований

Рисунок 2 – Схеми перспективних змішувачів сировинної біомаси

Для розрахунку використані дані, якими задаються конструктивно: діаметр шнека $D_{ш} = 0,20 - 0,25$ м; діаметр вала $d_g = 0,05$ м; крок шнека $t_{ш} = D_{ш}$. Необхідну частоту обертання шнека при заданій продуктивності визначають за формулою:

$$n_{ш} = \frac{4\Pi_{max}}{[\pi(D_{ш}^2 - d_g^2)t_{ш}\rho\psi]}, \quad (5)$$

де Π_{max} – максимальна продуктивність живильника-дозатора, кг/с;
 ρ – об'ємна маса біосировини, кг/м³;
 ψ – коефіцієнт заповнення шнека ($\psi = 0,3 - 0,4$).

Задаючись конструктивно розмірами живильних (дозувальних) шнеків (діаметр шнека $D_{ш} = 0,2$ м; діаметр вала $d_g = 0,05$ м; крок шнека $t = D_{ш}$),

проектують конструкцію таким чином, щоб живильні шнеки мали три різні частоти обертання: максимальну; мінімальну і проміжну.

Частота обертання шнека для рухомих сипучих компонентів становить 40-80 об/хв, для малосипких компонентів – 20-40 об/хв.

Техніко-технологічний розрахунок лопатевих змішувачів передбачає визначення подачі і потужності, потрібної для привода, а також основних конструкційних параметрів: розміри і частота обертання робочих органів.

Подачу лопатевого змішувача безперервної дії визначають за формулою:

$$Q_z = \frac{D^2 s \omega p \varphi_n}{8}, \quad (6)$$

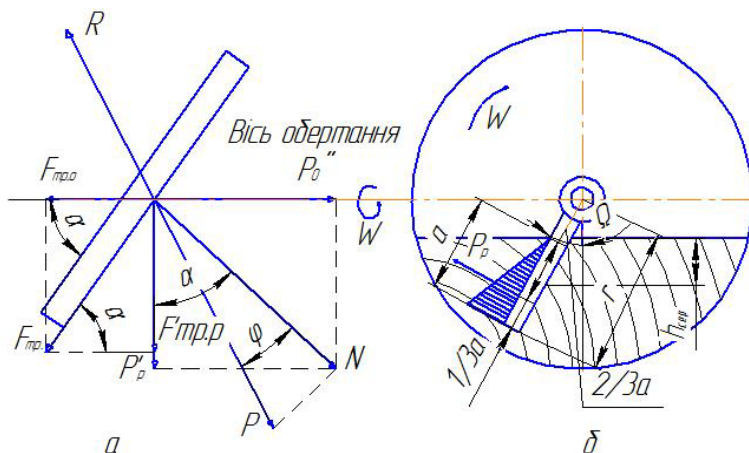
де φ_n – коефіцієнт заповнення робочої камери ($\varphi_n = 0,3-0,7$).

Швидкість обертання лопатей визначають з умови, що відцентрова сила $m\omega^2 R_l$, не повинна перевищувати сили тяжіння mg частинок, інакше матеріал зійде з лопаті і не виконається активне перемішування. Критичну (максимально допустиму) кутову швидкість лопатевої мішалки визначають з виразу:

$$\omega_{кр} \leq \sqrt{\frac{g}{R_l}}, \quad (7)$$

де R_l – найбільший радіус обертання лопаті, м.

Розроблено схему сил, що діють в площині, перпендикулярній до осі ваа змішувача, коли лопать занурена в матеріал, що перемішується (рис. 3).



a – розподіл сил, що діють на лопать; *b* – конструкційні параметри змішувача

Рисунок 3 – Розрахункова схема лопатевого змішувача

На лопать діє рівнодійна R всіх опорів, схилена від нормалі N на кут φ тертя. Для її подолання необхідно докласти з боку лопаті рівне R , але протилежно спрямоване зусилля P .

Нормальну складову P_n цього зусилля розкладемо в напрямку кругової та осьової швидкостей, в результаті отримаємо зусилля P_p , що вказує частинкам обертовий рух, і P_o , що переміщує ці частинки в осьовому напрямку. При цьому $P'_p = P_n \cos \alpha$ і $P''_o = P_n \sin \alpha$, де α – кут нахилу лопаті до осі обертання вала змішувача.

Крім того, під дією нормальної складової рівнодійної R в площині руху частинок по лопаті виникне сила тертя F_{mp} , спрямована проти відносного руху частинок по лопаті.

Розкладемо силу тертя F_{mp} на колову і осьову складові: $F'_{mp,p} = F_{mp} \sin \alpha$ і $F'_{mp,o} = F_{mp} \cos \alpha = \varphi P_n \cos \alpha$.

Підсумовуючи отримані вектори за напрямками, отримаємо значення: колового зусилля $P_p = P'_p + F'_{mp,p} = P_n (\cos \alpha + \varphi \sin \alpha)$; осьового зусилля $P_o = P'_o - F'_{mp,o} = P_n (\sin \alpha - \varphi \cos \alpha)$.

Під час руху лопаті в матеріалі опір вздовж неї розподіляється за законом трикутника і точка прикладання рівнодійної R знаходиться в центрі ваги трикутника або на відстані r_{cp} двох третіх довжини лопаті від осі обертання.

При не повному заповненні місткості під час обертання лопаті глибина її занурення є величиною змінною. З урахуванням зазначеного, нормальну складову P_n сил опорів визначають за формулою:

$$P_n = 9.81 \rho h_c F_l t g^2 \left[45 + \left(\frac{\varphi}{2} \right) \right], \quad (8)$$

де h_c – середня глибина занурення лопаті, м;

F_l – проекція площі лопаті на напрямком обертання, м²;

φ – коефіцієнт внутрішнього тертя, град.

Поставлені під кутом лопаті в змішувачі діють подібно шнеку і передають біосировині колову (обертову) V_p і осьову V_o , швидкості.

Потужність N_l (кВт) на привод лопатевого змішувача визначають за формулою:

$$N_l = \frac{(P_p V_p + P_o V_o) z_l}{1000}, \quad (9)$$

де z_l – число одночасно занурюваних лопатей.

Значення колової швидкості визначають за формулою:

$$V_p = \omega r_{cp}, \quad (10)$$

де r_{cp} – відстань від осі обертання до точки прикладання рівнодійної опорів.

Осьова швидкість дорівнює

$$V_0 = V_p \cos \alpha \sin \alpha, \quad (11)$$

де α – кут нахилу лопаті до осі обертання вала змішувача, град.

При проектуванні лопатевих змішувачів безперервної дії рекомендується розраховувати основні параметри на основі теорії подібності. За наявності раціональної конструкції змішувача, який використовують як фізичну модель, розрахунок доцільно вести за формулами:

$$D_n = D_M^{1.4} \sqrt{\frac{Q_n}{Q_M}}; \quad \omega_n = \omega_M \sqrt{\frac{D_M}{D_n}}; \quad N_n = \frac{N_M \omega_n D_n^{2.82}}{(\omega_M D_M^{2.82})}, \quad (12)$$

де D_n і D_M – діаметри, відповідно проектованого змішувача і моделі;

ω – кутова швидкість, с^{-1} ;

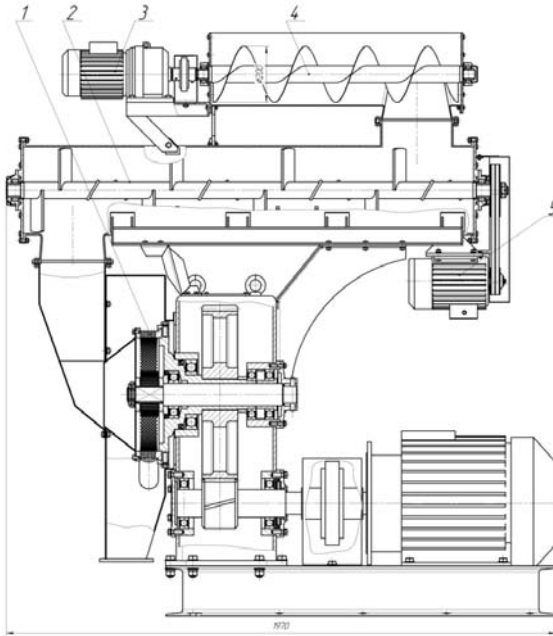
N – споживана потужність, кВт.

Підставивши числові значення вихідних величин у наведені математичні вирази, отримано показники основних конструкційних та технологічних параметрів шнекового живильника-дозатора та лопатевого змішувача компонентів сипкої біосировини (табл. 1).

Таблиця 1 – Розрахункові конструкційні параметри дозувально-змішувального пристрою

Назва параметра, одиниця вимірювання	Значення
Дозатор-живильник шнековий	
Довжина вала шнека, мм	890
Діаметр вала зовнішній, мм	60
Діаметр вала внутрішній, мм	44
Діаметр шнека, мм	200
Крок шнека, мм	220
Довжина шнекової навивки, мм	880
Змішувач лопатевий	
Кутова критична швидкість лопатевої мішалки, с^{-1}	8
Частота обертання лопатевого вала змішувача, об./хв	75
Крок суміжних лопатей, мм	440
Діаметр розгортки лопатей, мм	300
Діапазон встановлення кута лопатей по гвинтовій лінії, град.	35-45
Кут повороту суміжної лопаті по колу вала, град.	90

За результатами проведеного аналізу і розрахунків розроблено технічну документацію, в т.ч. конструкційну схему гранулятора (рис. 4).



*1 – пресувальний вузол гранулятора; 2 – змішувач;
3 – мотор-редуктор; 4 – дозатор-живильник; 5 – електродвигун*

**Рисунок 4 – Конструкційна схема гранулятора
з дозувально-змішувальним пристроєм**

Наведена схема свідчить про те, що окрім вирішення проблеми рівномірного дозованого введення сипкої біомаси в лопатевий змішувач визначено зону і режими процесу змішування. Отже, обґрунтований дозувально-змішувальний пристрій забезпечує утворення суміші сипких компонентів біосировини із заданою рівномірністю без виникнення сегрегації. Крім того, вирішується завдання зниження енергоємності процесу.

Висновки

1. За прогнозами спеціалістів потенціал вторинної біомаси в Україні для енергетичного використання становить 17-22 млн. т умовного палива. Проте, вітчизняна галузь біоенергоконверсії перебуває в стадії, що зароджується, як за обсягами виробництва, так і за якістю технологічного обладнання. Враховуючи значну кількість побічної продукції аграрної та лісової промисловості України, застосування твердих біопалив вже у 2020-

2025 рр. має суттєво до 12 % підтримувати вітчизняний енергетичний баланс та стабілізувати екологічну ситуацію.

2. За результатами проведеного аналізу з'ясовано, що дозатори і змішувачі безперервної дії забезпечують ефективне використання завдяки поєднанню потоків компонентів, навіть в лініях малої потужності. Разом з цим, якість змішування буде в значній мірі залежить від погрішності роботи дозатора. Тому обґрунтування конструкції змішувача необхідно розглядати при його роботі в системі з дозатором. При цьому дозатор має забезпечувати подачу компонентів тонкими шарами. Перевага такого способу полягає в тому, що протікання процесів перемішування в тонких шарах сипкого матеріалу відбувається з більшою до 18 % поверхнею контакту.

Крім того, при пошаровому введенні компонентів, що дозуються, в обертний потік суміші змішувача знижуються у 1,2-1,5 раза витрати споживаної енергії. До переваг пристрою змішувача зі шнековим дозатором також варто віднести простоту конструктивного виконання.

3. Напрями удосконалення конструкційних схем свідчать про доцільність змінення обертів горизонтальних змішувальних органів та створення псевдозріджених шарів. Збільшення колової швидкості сприяє підвищенню якості змішування, але найбільш суттєвий вплив на однорідність суміші справляє зміна швидкості від 1,5 до 2,0 м/с. При цьому частинки, що змішуються, здійснюють рух ефективного створення однорідної суміші.

Рациональним рішенням для перемішування подрібнених до 1-5 мм та відносно сухих частинки біомаси прийнято лопаті, встановлені по гвинтовій лінії під кутом 35-45° до осі вала. Кожна лопать по відношенню до попередньої повернута по колу на кут 90°. Таке встановлення лопатей забезпечує одночасно змішування і переміщення біосировини вздовж камери.

Література

1. Альтернативна енергетика: навч. посібник для студ. вищ. навч. закл. / [М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко та ін.] – К.: Аграр Медіа Груп, 2011. – 612 с.

2. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад: науково-методичні рекомендації / [В.О. Дубровін, М.Д. Мельничук, Ю.Ф. Мельник та ін.] – К: НУБіП України, 2009. – 122 с.

3. Єременко О.І. Аналіз стану та тенденції розвитку твердопаливних виробництв / О.І. Єременко, О.В. Паянок, Д.М. Усенко // Науковий збірник «Вісник Степу». - Ювілейний випуск до 100-річчя Кіровоградського інституту АПВ, ч. 2. – Кіровоград: КОД, 2012. – С. 234-240.

4. Технології та обладнання для використання поновлюваних джерел енергії в сільськогосподарському виробництві: посібник / [В. Кравчук,

В. Таргоня, М. Луценко, Т. Бабинець та ін.] / За ред. В.І. Кравчука, В.О. Дубровіна – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2010. – 184 с.

5. Новітні технології біоенергоконверсії: монографія / [Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетука, І.П. Григорюк та ін.] – К.: Аграр Медіа Груп, 2010. – 360 с.

6. Розробки технологій та техніки для виробництва твердого біопалива [Електронний ресурс]. Режими доступу до журн.: www.bioesurs.com.ua/; www.ick.ua/; www.pelletsgold.com/; www.evrobriket.ru/; www.briketmal.kiev.ua/; www.testmer.com.pl/; www.technogelion.ru/; www.ecology-energy.ru/

7. Геррман Х. Шнековые машины в технологии / Перевод с нем. под ред. Л.М. Фридмана. – Л.: Химия, 1975. – 232 с.

8. Шалугін В.С. Процеси та апарати промислових технологій: навч. посібник / В.С. Шалугін, В.М. Шмандій. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 392 с.

9. Дацишин О.В. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв: [навч. посібник] / О.В. Дацишин, А.І. Ткачук, О.В. Гвоздев та ін. / За ред. О.В. Дацишина. - Вінниця: Нова Книга, 2008. – 488 с.

10. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С.В. Мельников. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.

11. Богомолов О.В. Курсове та дипломне проектування переробних і харчових підприємств: навч. посібник / О.В. Богомолов, П.В. Гурський, В.П. Богомолова. – Х.: Еспада, 2005. – 432 с.

12. Короткий словник-довідник найуживаніших термінів з екології, біотехнології та біоенергетики / [Д.О. Мельничук, М.Д. Мельничук, В.А. Гайченко та ін.] // За ред. акад. Д.О. Мельничука. – К.: НУБіП України, 2009. – 310 с.

Аннотація

Проведен анализ конструкций смесителей сыпучих материалов, выбран перспективный тип. Обоснована конструкционно-технологическая схема, рассчитаны основные параметры рационального дозировочно-смесительного устройства для твердотопливного гранулятора.

Summary

The analysis of constructions of mixers of friable materials is conducted, a perspective type is select. A construction-technological chart is grounded; the basic parameters of rational dosage-mixer device are expected for granular hard biological fuel.