

Аналіз досліджень фізико-механічних властивостей матеріалу, що пресується

С.П. Соколік

Сумський національний аграрний університет (Суми, Україна)

У статті проводиться аналіз досліджень фізико-механічних властивостей рослинних матеріалів, які є сировиною для отримання паливних брикетів. Вивчається вплив даних властивостей на параметри і режими роботи устаткування.

Величина продуктивності процесу просування суміші в циліндрі прес-екструдера в великій мірі залежить від сил тертя, що виникають між матеріалом, поверхнею циліндра і шнека. При цьому значення коефіцієнта тертя суміші по циліндру повинно перевищувати величину тертя суміші по шнеку, що також підтверджується і на практиці.

Фізико-механічні властивості рослинної маси непостійні в часі і просторі. Вони неоднаково виявляють себе в залежності від параметрів стану: температури, гранулометричного складу, вологості та ін.

У зв'язку з цим врахування всіх фізико-механічних властивостей рослинних матеріалів в аналітичних залежностях ускладнене не тільки через множинність, а й через непостійність їх значень в часі і просторі.

Більшість фізико-механічних властивостей рослинного матеріалу прямо обумовлені вологістю, температурою, масовою часткою компонентів і гранулометричним складом. Необхідно знайти такий стан рослинного матеріалу, при якому з найменшими витратами енергії можна отримати гранули, що задовольняють якісними показниками. Дослідникам процесу гранулювання доводиться рахуватися з вологістю, температурою і довжиною частинок пресованої маси. Існує таке їх поєднання, при якому можуть бути мінімальними енергоємність пресування і крихкість отриманих гранул.

Процес гранулювання складається з декількох послідовних етапів: стиснення, витримки під тиском, зняття тиску, релаксації напружень, витримки без тиску, випресування і пружного розширення гранули після вилучення з камери. Основні витрати енергії припадають на перший етап стиснення порції рослинного матеріалу до необхідної щільності. Отже, оцінку стану вихідної рослинної маси з енергетичних витрат з достатньою достовірністю можна здійснити за питомою роботою стиснення.

Ключові слова: *гранула, брикет, пресування, фізико-механічні властивості, рослинна маса, коефіцієнт тертя.*

Вступ. Останніми роками як у світі, так і в Україні зокрема, в зв'язку з подорожчанням енергоносіїв, все більше уваги почали приділяти біопаливу, що виробляється з

високопродуктивних енергетичних культур.

Виробництво енергії з відновлювальних джерел, включаючи біомасу, динамічно розвивається в більшості європейських країн.

Наприклад, основною сировиною для виробництва біопалива у Бразилії є цукрова тростина, у США - кукурудза (з 1 т соняшнику на силос можна отримати від 200 до 400 м³ біогазу). В європейських країнах, а особливо в Німеччині, постійно збільшується виробництво біопалива з цукрових буряків.

Одним із найперспективніших альтернативних джерел енергії на сьогодні є тверда біомаса органічного походження, в тому числі і рослинного, яка є екологічно чистим відновлювальним джерелом енергії. Енергія біомаси еквівалентна 2 млрд т у. п./рік, що становить близько 13-15% загального використання первинних енергоресурсів світу. Частка України, за деякими оцінками, становить близько 50 млн т у. п., але економічно доцільний потенціал біомаси оцінюється у 27 млн т у. п./рік [1].

Постановка проблеми.

Сільськогосподарське виробництво України як і більшості європейських країн, поступово перетворюється з споживача енергії в її виробника.

В Європі на сьогоднішній день близько 50% поновлюваних джерел енергії виробляється з біомаси, що становить 4% від загального попиту енергетичних ресурсів.

Сьогодні біомаса - четверте за значенням паливо у світі, яке дає близько 2 млрд. т. у. п. енергії в рік, що становить близько 14% загального споживання первинних енергоносіїв у світі. Світовий досвід показує, що найбільш перспективною і популярною категорією енергетичних ресурсів є тверді біопалива.

Біоенергетична забезпечення сільської місцевості базується на вирощуванні енергетичних культур і використанні інших місцевих ресурсів. Для України цей напрям дуже

актуальний, враховуючи високу природну родючість ґрунтів.

Ефективність біоенергетики в значній мірі залежить від раціональних технологій вирощування і переробки вирощеної біомаси [1].

В Україні основні ресурси біомаси зосереджені в сільському господарстві. Тільки в рослинництві рослинні залишки складають 50-60 млн. Тонн, а в тваринництві накопичується більше 220 млн. т гною і посліду [2].

Але в межах таких аграрних країн як Україна не слід забувати про потенційні можливості рослинної маси. Тут споживається 230...300 млн. Тонн умовного палива на рік, основна частка якого припадає на вугілля, нафту і природний газ. Аналіз розвитку технологій енергетичного споживання сільськогосподарської продукції в Україні показує, що рослинна маса є одним з найбільш перспективних поновлюваних джерел для отримання біопалива [3]. У межах нашої країни щорічний надлишок соломи та стебел основних сільськогосподарських культур становить близько 15 - 20 млн. т., що з енергетичної точки зору можна вважати еквівалентним значній кількості умовного палива [4].

Використання рослинної маси в енергетичних цілях можливо лише при її більш компактному зберіганні в ущільненому вигляді [5].

Класифікація способів ущільнення стеблової частини врожаю пресуванням може бути зроблена за видом кінцевих продуктів. При цьому розрізняють способи пресування в тюки (звичайні або підвищеної щільності), рулони, брикети, гранули та ін.

Найбільш досконалими способами пресування є брикетування і гранулювання, що дозволяють отримати найбільш високий ступінь ущільнення.

Фізична суть пресування зводиться до зближення і зчеплення частинок твердої фази, тобто до ущільнення і зміцнення розпушеної маси шляхом механічного тиску.

Рослинна маса є об'єктом пресування. Тому ефективність даного процесу у вирішальній мірі залежить від фізико-механічних властивостей пресованого матеріалу.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз технологій виробництва брикетів з рослинних матеріалів показав, що нині виникла потреба в дослідженнях, спрямованих на зниження енергоємності процесу перероблення рослинних відходів на тверде біопаливо на стадіях сушіння та пресування; удосконалення конструкцій існуючих машин для ущільнення сировини з метою підвищення їх надійності, розширення функціональних можливостей у забезпеченні пресування різних видів рослинних матеріалів, а також вивчення оптимальних параметрів сировини для отримання високої щільності брикетів.

Вчені Г.Г. Гелетука, В.А. Герасимович, В.О. Дубровін, Т.А. Желєзна, Д.П. Кіндзера та ін. зробили значний внесок щодо перспектив використання біомаси для виготовлення газоподібного, рідкого і твердого палива. Ці вчені досліджували параметри технологічних процесів і режими роботи обладнання, показники ефективності використання біопалива.

Рослинна маса може складатися з декількох компонентів, різних навіть за природою походження і структурою.

На процес стиснення істотно впливають пружні, в'язкі і фрикційні властивості рослинного матеріалу. До них в першу чергу відносяться модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона, коефіцієнти в'язкості і тертя. Велике

значення має пористість, співвідношення компонентів в суміші, частка фазових складових (тверда речовина, рідина і газова фаза).

Багато дослідників враховували такі властивості як релаксація напружень гранули та її пружне розширення, точка адсорбції води на поверхні частинок, критична щільність, теплоємність, теплопровідність та ін. властивості гранул безпосередньо пов'язані зі специфічними властивостями рослинного матеріалу і його сумішей, і від них залежать режими роботи пресового устаткування.

Величина продуктивності процесу просування суміші в циліндрі прес-екструдера в великій мірі залежить від сил тертя, що виникають між матеріалом, поверхнею циліндра і шнека. При цьому значення коефіцієнта тертя суміші по циліндру повинно перевищувати величину тертя суміші по шнеку, що також підтверджується і на практиці.

Слід зазначити, що в процесі руху суміші по поверхні циліндра прес-екструдера спостерігається два види тертя: внутрішнє тертя - між шарами суміші і зовнішнє тертя суміші по поверхні циліндра [6,7]. В процесі екструзії суміші відбувається руйнування її компонентів в зазорі між кромкою гвинтової лінії шнека і ребрами циліндра.

На вибір конструктивних параметрів прес-екструдера і оптимальних технологічних режимів його роботи вирішальне значення мають показники, що характеризують зсувні властивості шарів вихідної сировини матеріалу, до них відносять: пружність, в'язкість, пластичність матеріалу [8,9].

Мета досліджень. Основним завданням на даному етапі досліджень є вивчення впливу фізико-механічних

властивостей рослинної маси на кількісні і якісні показники процесу пресування.

Рішення поставленого питання дозволить почати роботи по обґрунтуванню конструктивних параметрів прес-екструдера і визначення оптимальних технологічних режимів процесу брикетування.

Результати досліджень. У роботах [10, 11], автори досліджують реологічні властивості рослинних кормо сумішей для брикетування, в роботі [11] на основі дослідження побудували механічну модель процесу деформації стеблових рослинних матеріалів, також відзначено що в порівняно вузькому інтервалі напруг зсуву ефективна в'язкість різко зменшується.

Лихачов Ф. С. в своїй роботі зазначає, що в'язкість і максимальне напруження зсуву досліджуваної суміші різко змінюються при зміні температурного режиму. При зниженні температури рослинної суміші з + 333 ° К до +290 ° К в'язкість збільшилася майже вдвічі [12].

Визначенням коефіцієнтів тертя зерна об різні поверхні при різних умовах ковзання займалися як вітчизняні так і зарубіжні вчені.

В роботі [14] визначили коефіцієнт тертя в залежності від режимів ковзання. Для різних видів зерна значення коефіцієнтів тертя коливаються в межах 0,25-0,6. Помічено, що зі збільшенням швидкості ковзання коефіцієнт тертя зменшується, а зі збільшенням вологості зерна коефіцієнт тертя зростає [13, 14]

Ширші дослідження коефіцієнта тертя провів на спеціально сконструйованому приладі автор роботи [15], яким виявлено, що коефіцієнт тертя при різних режимах ковзання змінюється в інтервалі 0,35 -

0.5. У цій роботі було відзначено, що зі збільшенням чистоти поверхні ковзання f_{mp} зменшується, але зростає при зменшенні розміру подрібнених частинок матеріалу. Наведені роботи по визначенню коефіцієнта тертя маси проводились для умов, в яких не враховувалося нормальний тиск матеріалу на поверхню ковзання.

Симанович В.С. в роботі [16] наводить результати визначення коефіцієнта тертя в залежності від вологості комбікорми швидкості ковзання і нормального тиску. При цьому характер зміни f_{mp} в залежності від вологості було отримано таку. Зі збільшенням вологості комбікорми до 20% f_{mp} зменшується з 0,48 до 0,4 при подальше збільшення вологості до 35% f_{mp} , збільшується до 0,43. Автор також визначив, що зі збільшенням швидкості ковзання до 2 м/с f_{mp} зменшується від 0,48 до 0,45, а при зміні нормального тиску з 0,75 до 3 кПа, f_{mp} зменшується від 0,5 до 0.38.

Егоров В. Т. [17] зазначає, що з підвищенням вологості комбікорму і його температури коефіцієнт тертя його зменшується до 0,25. Також як і автор роботи [18] Гриб В.К. підтверджує зменшення f_{mp} рослинного матеріалу зі збільшенням нормального тиску і збільшенням вологості вище 30%. Наприклад, при збільшенні нормального розподілу від 1117,2 Па до 3351,6 Па f_{mp} падає при відповідних значеннях вологості: $W = 12,37\%$, $f_{mp} = 0,2256 - 0,35$; $W = 35\%$ $f_{mp} = 0,13 - 0,19$. Автор вважає, що при подальшому зростанні нормального тиску до 7840 Па f_{mp} залишається постійним $f_{mp} = 0,20$.

Ігнатьевський Н.Ф. і Острецов В.Н. проводили дослідження з визначення коефіцієнта тертя рослинного матеріалу методом планування експерименту. Досліди проводилися на установці, розробленій в лабораторії

брикетування рослинного матеріалу. Робочими органами установки є матриця, пластина з нагрівальним елементом, верхній і нижній пуансон [19].

Для розрахунку коефіцієнта тертя використовували формулу:

$$f = \frac{P_r}{P_0 \cdot 2F}$$

де P_r - горизонтально спрямоване зусилля на протягування пластини, Н;

P_0 -осьовий тиск, МПа;

F - площа пластини в матриці, м².

Склад рослинної суміші: солом'яна різка - 40%, комбікорм - 40%; трав'яна мука - 20%.

Для оцінки ступеня впливу факторів на коефіцієнт тертя ними був реалізований багатофакторний експеримент. Були прийняті 4 фактори, що впливають на величину коефіцієнта тертя: вологість рослинного матеріалу суміші, %; тиск пресування, МПа; температура матричного каналу, К; швидкість переміщення рослинної суміші, м/с.

Після реалізації багатофакторного експерименту ними було отримано рівняння регресії, яке після розкодування мало вигляд:

$$f = 0,1366 - 0,132 \times 10^{-4} W^2 - 0,726 \times 10^{-7} T^2 - 0,39 \times 10^{-5} W T$$

Дослідні дані досить близько збігаються з розрахунковими. З отриманих результатів досліджень випливає, що для мінімізації коефіцієнта тертя, а отже, отримання можливості збільшення часу перебування рослинного матеріалу в матричному каналі необхідно (в розглянутих межах варіювання факторів) прагнути до збільшення вологості рослинної суміші та температури матриці. При цьому слід враховувати енерговитрати на створення високої температури матриці.

Також були визначені деякі характеристики фізико-механічних властивостей повнораціонних соломистих кормосумішей Челишева С.В. [20]. До складу гранульованих кормосумішей для великої рогатої худоби і овець включається солома, подрібнена до частинок розміром від 0,001 до 0,050 м в кількості 30-60% по вазі, дроблене зерно із середнім розміром частинок 0,001-0,003 м від 20 до 50%, трав'яне борошно від 10 до 20%, білкові, мінеральні мікро- і макродобавки до 3-5%. Вологість таких кормосумішей на різних етапах обробки коливається від 12% до 20% і більше.

Необхідною умовою вирішення завдань, пов'язаних з тертям, є встановлення області, в якій протікають цілком певні процеси, які обумовлюють ті чи інші види взаємодії контактуючих матеріалів і середовища. Іншими словами «закономірності тертя» без вказівки меж їх застосування втрачають будь-який сенс. Це положення дуже істотно, особливо в даному випадку екструдуювання, тому що тертя в цьому процесі відіграє важливу роль. Це полягає в тому, що маса в процесі обробки змінює свою фізико-хімічну структуру, піддається змінним впливам тиску і температури. Крім того, тертя істотно впливає на продуктивність прес-екструдера, його тепловий режим, на правильний вибір оптимальної геометрії шнека і підбір конструктивних матеріалів для виготовлення шнека і корпусу циліндра.

Ілюстрацією мінливості коефіцієнта тертя при сталості певних факторів, що впливають на зерно, може служити результат наступного досвіду (рис. 1).

Сила тертя, що виникає при ковзанні зерна ячменю вологістю 15%, при впливі нормального тиску в 3 кПа і

швидкості ковзання по сталі, що дорівнює 3 м/с, змінюється в часі таким чином. У перші десять секунд (зона «а») вона майже постійна, але в міру згладжування шорсткості поверхні зерна - падає (зона «б»). Надалі сила тертя збільшується, з огляду на фізико-механічні перетворення на поверхні тертя зерна внаслідок збільшення температури за рахунок тертя матеріалу об поверхню ковзання (зона «в»). Потім сила тертя зменшується (зона «г») і після 53 з дещо вирівнюється (зона «д»).

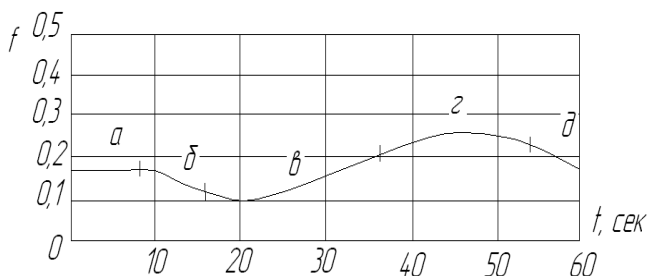


Рис.1. Залежність сили тертя від часу ковзання по поверхні

При дослідженні випробуваного зерна на мікроскопі МІМ-7, виявлено, що з зони «г» поверхню тертя починає ставати склоподібною і в зоні «д» цей процес сповільнюється.

Отже, в кожній із зон в площині тертя протікають процеси цілком певні для кожної з них, але відмінні між собою. Тому і закони тертя в цих зонах різні.

Так як процес екструзії триває не більше 20 секунд, ми обмежилися дослідженням коефіцієнта тертя тільки в зоні «а» вважаючи, що процеси, що відбуваються в площині тертя визначені і постійні. Це дозволяє досягти достовірності в визначенні закономірностей зміни коефіцієнта тертя в залежності від різних факторів.

З наведених вище робіт по визначенню коефіцієнта тертя рослинних матеріалів видно, що представлені різними авторами

значення коефіцієнта тертя при однакових умовах досвіду різні. Наприклад, значення коефіцієнта тертя зерна коливається від 0,2 до 0,5, а комбікормів від 0,2 до 0,47.

Певною мірою, розбіжності в вищенаведених значеннях коефіцієнта тертя зерна і комбікорми можна пояснити, так як ці речовини анізотропні і різні за своїм хімічним складом навіть в межах одного сорту.

Висновки. Фізико-механічні властивості рослинної маси непостійні в часі і просторі. Вони неоднаково виявляють себе в залежності від параметрів стану: температури, гранулометричного складу, вологості та ін.

У зв'язку з цим врахування всіх фізико-механічних властивостей рослинних матеріалів в аналітичних залежностях ускладнене не тільки через множинність, а й через непостійність їх значень в часі і просторі.

У той же час більшість фізико-механічних властивостей рослинного матеріалу, особливо важливих в процесі пресування, прямо обумовлені вологістю, температурою, масовою часткою компонентів і гранулометричним складом. Вони в переважній мірі визначають поведінку рослинного матеріалу в процесі стиснення, витримки порції під тиском, при релаксації напружень і в умовах пружного розширення гранул після їх вилучення з камери.

В силу неможливості обліку всіх фізико-механічних властивостей, що впливають на процес гранулювання, необхідно знайти такий стан рослинного матеріалу, при якому з найменшими витратами енергії можна отримати гранули, що задовольняють якісними показниками.

Оптимізацію стану рослинного матеріалу здійснюють за її основними

параметрами. Дослідникам процесу гранулювання доводиться рахуватися з вологістю, температурою і довжиною частинок пресованої маси.

Ці параметри значною мірою визначають стан вихідної рослинної маси. Очевидно, існує таке їх поєднання, при якому можуть бути мінімальними енергоємність пресування і крихкість отриманих гранул.

Процес гранулювання складається з декількох послідовних етапів: стиснення, витримки під тиском, зняття тиску, релаксації напружень, витримки без тиску, випресування і пружного розширення гранули після вилучення з камери.

Ефективність всього процесу залежить від ступеня досконалості здійснення кожного етапу. Оцінка стану вихідної рослинної маси по кожному етапу окремо з узагальненням результатів по всьому процесу є найбільш повною. Однак основні витрати енергії припадають на перший етап стиснення порції рослинного матеріалу до необхідної щільності. Отже, оцінку стану вихідної рослинної маси з енергетичних витрат з достатньою достовірністю можна здійснити за питомою роботою стиснення.

Література

1. Захарків Г. 2010: Виробництво рідких біопалив в умовах модельного господарства / Г. Захарків // Мотрол. – Люблін. – 12Б – 189– 193.
2. Таргоня Б. 2010: Визначення залежності виходу біогазу и ступеня біоконверсії органічної речовини від типу и часу ферментації в біотехнологічному процесі метанового зброджування відходів тваринництва / Б. Таргоня // Мотрол. – Люблін. – 12Б – 86– 90.

3. Пуговиця М. 2006: Зелені технології, або як створити еколого-енергетичну безпеку країни / М. Пуговиця // Пропозиція. – № 4. – с. 126 – 128.
4. Мельничук М. 2006: Тенденции развития био-энергетики в Украине / М. Мелничук, В. Таргоня, Г. Гелетуха // Зерно. – Июнь. – с. 84 – 87.
5. Жовмир Н. 2007: Солома обогреет села / Н. Жовмир, Е. Олейник, С. Чаплыгин // Агро-сектор. – № 5 – с. 28 – 30.
6. Кукта Г. Машины и оборудование для приготовления кормов. / Г. Кукта. - М.: Агропромиздат, 1987. 303с.: ил.
7. Кулаковский И. Машины и оборудование для приготовления кормов : Справочник в 2 частях 4 1:/ И. Кулаковский, Ф. Кирпичников, Е. Резник. М.: Росагропромиздат, 1987. - 289 е.: ил.
8. Макаров Е. Определение параметров процесса экструзии кормов и разработка методики расчета пресс-экструдера : Дис. к.т.н. - Москва. 1985,-190 с.
9. Новиков В. Исследование рабочего процесса и обоснования параметров пресс-экструдера для приготовления карбамидного концентрата : дис. к.т.н. Саратов СИМСХ., 1981 -157 с.
10. Машины и аппараты для пищевых производств / В 2 кн. 1: Учеб. для вузов / С. Антипов, И. Кретов, А. Остриков и др.; под ред. акад. РАСХН В. Панфилова. М.: Высш. шк., 2001. - 703 е.: ил.
11. Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений - М.: ВНИИПИ, 1986.-56 с.
12. Лихачев Ф. Исследование физико-механических свойств брикетируемых кормов / Ф.Лихачев // Записки ЛСХИ. т 311. 1976. С 15-25.

13. Симанович Б. Исследование и обоснование параметров шнековых дозаторов для раздачи комбикормов на молочно-товарных фермах к.р.с. : Автореферат на соискание ученой степени к.т.н, Минск 1975.

14. Мельников С. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. Мельников, В. Алешкин, П. Рошхин. Л.: Колос, 1980, - 168 с.

15. Ханин В. Ресурсосберегающий процесс экструзионной обработки зернового сырья : Дис. к.т.н. Оренбург., 1999 - 142 с.

16. Егоров В. Методы и приборы для определения коэффициента сопротивления сдвигу и коэффициента

внутреннего трения зерновых продуктов / В. Егоров // Труды ВНИИЗ. выпуск 79. 1974. С 46-48.

17. Гриб В. Определение коэффициента трения комбикормов ./ В. Гриб // Научные труды БИМСХ. выпуск 14. 1970. С 14- 16.

18. Корма / Справочная книга под ред. М. Сурыгина. М.: Колос, -1977.-368 с.

19. Челышев С. Коэффициенты трения комбикормов при режимах процесса гранулирования / С. Челышев // Труды Горк. с.-х. ин-та. 1974. -Т. 30.

20. Мельников С. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С. Мельников. Л.: Колос 1978. - 560 с.

Аннотация

Анализ исследований физико-механических свойств прессуемого материала

С.П. Соколик

В статье проводится анализ исследований физико-механических свойств растительных материалов, которые являются сырьем для получения топливных брикетов. Изучается влияние данных свойств на параметры и режимы работы оборудования.

Величина производительности процесса продвижения смеси в цилиндре пресс-экструдера в большой степени зависит от сил трения, возникающих между материалом, поверхностью цилиндра и шнека. При этом значение коэффициента трения смеси по цилиндру должно превышать величину трения смеси по шнеку, что также подтверждается и на практике.

Физико-механические свойства растительной массы непостоянны во времени и пространстве. Они неодинаково проявляют себя в зависимости от параметров состояния: температуры, гранулометрического состава, влажности и др.

В связи с этим учет всех физико-механических свойств растительных материалов в аналитических зависимостях затруднен не только из-за множественности, но и из-за непостоянства их значений во времени и пространстве.

Большинство физико-механических свойств растительного материала прямо обусловлены влажностью, температурой, массовой долей компонентов и гранулометрическим составом. Необходимо найти такое состояние растительного материала, при котором с наименьшими затратами энергии можно получить гранулы, удовлетворяющие качественным показателям. Исследователям процесса гранулирования приходится считаться с влажностью, температурой и длиной частиц прессованной массы. Существует такое их сочетание, при котором могут быть минимальными энергозатраты прессования и хрупкость полученных гранул.

Процесс гранулирования состоит из нескольких последовательных этапов: сжатие, выдержки под давлением, снятие давления, релаксации напряжений,

выдержки без давления, выпрессовки и упругого расширения гранулы после извлечения из камеры. Основные затраты энергии приходятся на первый этап сжатия порции растительного материала до необходимой плотности. Итак, оценку состояния исходной растительной массы по энергетическим затратам с достаточной достоверностью можно осуществить по удельной работе сжатия.

Abstract

Analysis of studies of physical and mechanical properties of the molded material S. Sokolik

The article analyzes the research of physical and mechanical properties of plant materials, which are the raw material for production of fuel briquettes. The effect of these properties on the parameters and modes of operation of the equipment.

Process performance size promote mixture in the cylinder of the extruder press heavily depends on the frictional forces generated between the material and the surface of the screw cylinder. The value of the coefficient of friction of the mixture in the cylinder must be greater than the friction mixture screw, which is also confirmed in practice.

Physical and mechanical properties of the plant mass are unstable in time and space. They manifest themselves differently depending on the state parameters of temperature, size distribution, moisture content etc..

In this regard, a record of all the physical and mechanical properties of the plant material in the analytic dependency difficult not only because of the multiplicity, but also from the variability of their values in time and space.

Most of the physical and mechanical properties of plant material directly caused by humidity, temperature, mass fraction of components and size distribution. It is necessary to find a state of the plant material, in which the lowest energy consumption possible to obtain pellets satisfying quality indicators. Researchers granulation process to be reckoned with humidity, temperature and length of the compressed mass of particles. There is a combination in which the energy consumption can be minimized brittleness and pressing the resulting granules.

The process of granulation consists of several stages: compression, holding pressure, removing the pressure, the stress relaxation exposure without pressure, removing and elastic expansion of the granules after removal from the chamber. Basic energy costs accounted for the first stage of the compression portion of the plant material to the required density. So, the initial assessment of plant mass on energy costs with reasonable certainty can be achieved for a specific work of compression.