

лирования в пакете Matlab 7 [5] динамической кривой осаждения пульпы в измерительном сосуде, а на рис. 5 - зависимости эффективного давления в осадке в различные моменты времени.

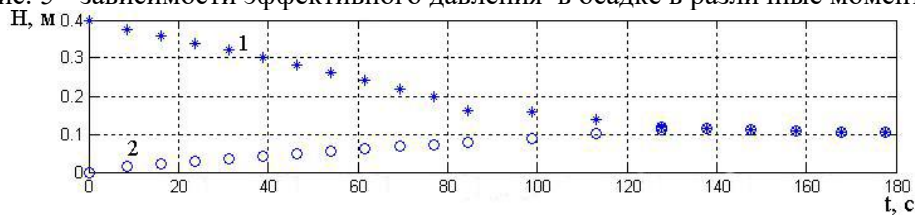


Рис. 4. Результаты моделирования динамической кривой осаждения пульпы в измерительном сосуде: 1- уровень твердой фазы в пульпе; 2 - уровень осадка

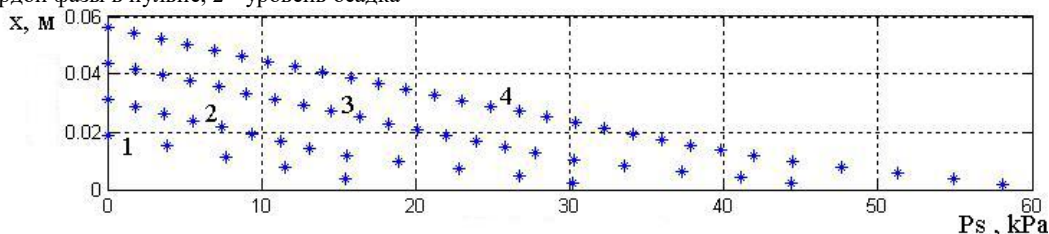


Рис. 5. Зависимости эффективного давления в осадке в различные моменты времени его формирования: 1- 10 с; 2 - 30 с; 3 - 60 с; 4 - 90 с

Вывод. Усовершенствована модель классификации руды в механическом гидравлическом классификаторе путем представления динамической кривой осаждения твердой фазы пульпы и формирования осадка на основе двумерной функции распределения частиц измельченной руды по крупности и плотности с учетом их объемной концентрации, что позволяет повысить качество и энергоэффективность процессов классификации и возврата песков на доизмельчение.

Список литературы

1. Гринман И.Г., Блях Г.И. Контроль и регулирование гранулометрического состава продуктов измельчения. - Алма-Ата: Наука, 1967. - 115 с.
2. Моркун В.С., Потанов В.Н., Моркун Н.В., Подгородецкий Н.С. Ультразвуковой контроль характеристик измельченных материалов в АСУ ТП обогатительного производства. - Кривой Рог: Изд. центр КТУ, 2007. - 283 с.
3. Brajesh Tiwari. Simulation of Batch Thickening Phenomenon for Young Sediments /MS thesis at Virginia Polytechnic Institute & State University. - Blacksburg, Virginia, 2004.
4. Papanicolaou AN., Diplas P. Numerical solution of a non-linear model for self-weight solids settlement. - App. Math. Model 23(5), 1999, p. 345-362.
5. Потемкин В. Система MATLAB: справочное пособие / В. Потемкин. - М.: Диалог. - МИФИ, 1997. - 448 с.

Рукопись поступила в редакцию 15.02.12

УДК 622.331

В.О. ГНСУШЕВ, канд. тех. наук, доц., О.С. СТАДНИК, аспірант

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА ТОРФОВИХ ГРАНУЛ ТА БРИКЕТІВ З НЕКОНДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ

Запропонована технологічна схема виготовлення кондиційних торфових гранул та брикетів з некондиційної торфової сировини. Схема включає сушіння, подрібнення, знепилення, пневматичну сепарацію та пресування. Легка високозольна фракція пневматичної сепарації направляється на спалювання до теплогенератора, а важка – на пресування. Це дозволяє збільшити вилучення горючої маси по технології до 95,5 %.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами. Геологічні запаси торфу в Україні становлять близько 2,17 млрд т. Унікальною рисою цієї корисної копалини є здатність до відновлення. Щорічно на торфових родовищах, збережених у природному стані, та заболочених землях утворюється близько 1,6 млн т торфу, або 0,65 млн т умовного палива.

Нормативними документами, що регламентують якість торфових паливних брикетів та фрезерного торфу є ДСТУ 2042-92 та ДСТУ 2043-92, за якими зольність цих продуктів не повинна перевищувати 23 та 20 %, відповідно. Якість торфових пелет не регламентується загальнодержавними нормативними документами, а обмежується лише рядом технічних умов, розро-

блених підприємствами-виробниками цієї продукції. Оскільки пелети виготовляються переважно для експорту, їх якість має відповідати Європейським нормативними документам, таким як CEN 14961:2005 [1]. За цим стандартом, відповідно до значення зольності, паливу присвоюються марки А2, А4, А6, А8, А10 та А10+, що відповідає зольності $\leq 2\%$, $\leq 4\%$, $\leq 6\%$, $\leq 8\%$, $\leq 10\%$ та $>10\%$. Якщо зольність палива перевищує 10 %, то у марці вказується конкретне значення цього показника. Така градація палива за якістю сприяє розвитку ринку палив за співвідношенням «ціна-якість».

Середня зольність понад 50 % родовищ, які належать до балансових запасів, перевищує 23 %, що обмежує їх використання для виготовлення паливної продукції. Основною проблемою при виробництві пелет з торфу є відсутність кондиціонування (зниження зольності) у технологічних схемах відповідних ліній.

Аналіз досліджень і публікацій. Технологічні схеми виготовлення торфових брикетів і гранул подібні і складаються з наступних технологічних операцій: сушіння, подрібнення та пресування торфу. Сировиною для виробництва торфових палив є фрезерний торф з крупністю $-10+0$ мм та вологістю 40-50 %. Операції сушіння та подрібнення можуть бути об'єднані. Для підготовки сушильного агента використовується 25-30 % загального потоку сировини, яка спалюється у теплогенераторі. Ця частина сировини (з вологістю 40-50 %) може відбиратися безпосередньо з сировинного конвеєра, або ж, за допомогою пневматичного сепаратора з імпактором, відокремлюватись від загального потоку торфо-газової суміші на виході з сушарки. При цьому вологість торфу, що направляється на спалювання до теплогенератора, становить 30-35 % [2].

Жодна з відомих технологій виробництва торфових палив не передбачає зниження зольності торфу та залучення до виробництва некондиційної сировини. Авторами вперше запропонована технологічна схема, яка включає збагачення високозольного торфу (рис. 1).

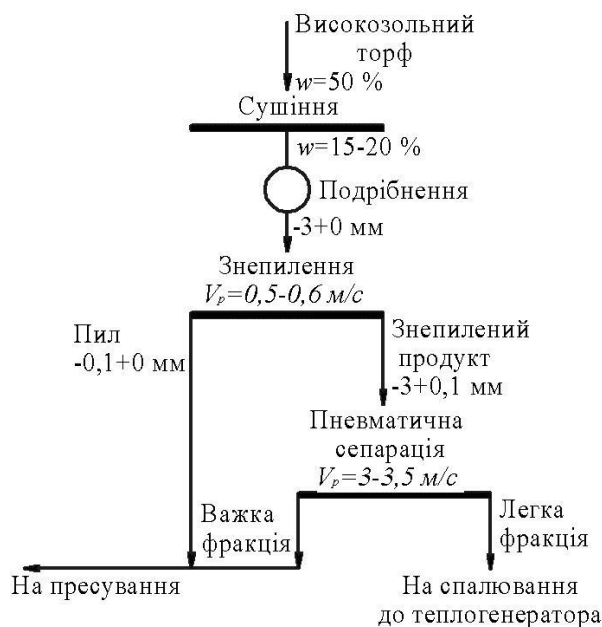


Рис. 1. Технологічна схема збагачення високозольного торфу для виготовлення паливних гранул та брикетів

За цією схемою вихідну сировину спрямовують на сушіння до вологості 20 % та подрібнення до крупності $-3+0$ мм. Висушений та подрібнений торф знепилюють і розділяють пневматичною сепарацією (при робочій швидкості 3,0-3,5 м/с) на легку та важку фракції, після чого легку фракцію направляють на вібраційну сепарацію на звужуючому вібраційному лотку з отриманням легкої та важкої фракцій. Важку фракцію пневматичної сепарації, легку фракцію вібраційної сепарації і пил об'єднують у концентрат та направляють на пресування, а важку фракцію вібраційної сепарації спрямовують на утилізацію як відходи. Цей спосіб забезпечує вилучення горючої маси по схемі збагачення 85-90 %. З урахуванням неповного згорання горючої маси потоку сировини, який направляється на спалювання, загальне вилучення горючої маси за цією схемою становить 81-86 %.

Постановка завдання. Основною задачею даної роботи є збільшення вилучення горючої маси з некондиційною за зольністю торфової сировини в технологічному процесі виробництва паливних гранул і брикетів.

Викладення матеріалу та результати. Основним показником енергетичної цінності будь-якого палива є нижча теплота згорання, яка залежить від його елементного складу та вмісту баластних компонентів: води та золи. У загальному випадку нижча теплота згорання палива визначається за формулами, кДж/кг

$$Q_n^P = Q_v^P - [6(9H^P + w^P)] \times 4,19, \quad (1)$$

$$Q_v^P = [81C^P + 300H^P - 26(O^P - S^P)] \times 4,19, \quad (2)$$

де C^P , H^P , O^P , S^P - вміст карбону, водню, кисню та сульфуру в робочому паливі, %; w^P - вологість робочого палива, %. Для явного вираження впливу вологості та зольності на нижчу

теплоту згоряння у формулу (1) підставимо формулу (2) та виразимо робочий елементний склад через горючий, кДж/кг

$$Q_n^p = [(1 - 0,01 A^d) (1 - 0,01 w^p) Q_n^r - w^p] \times 4,19, \quad (3)$$

де A^d - зольність палива на суху речовину, %; Q_n^r - нижча теплота згорання горючої маси, яку можна визначити з формул (1) та (2), підставивши замість значень елементного складу у перерахунку на робочу масу ці ж значення, перераховані на горючу масу, а замість w^p - нуль. Отже, при інших рівних умовах, зростання вологості палива суттєвіше знижує його нижчу теплоту згоряння, ніж збільшення вмісту золи. Цю закономірність потрібно використати і при продукуванні паливної продукції з торфу.

При виробництві паливних гранул та брикетів до теплогенератора подається сировина, що містить 40-50 % вологи та 10-15 % золи (сумарний вміст баластних домішок 50-65 %), а вміст горючої маси становить, відповідно, 35-50 %. Якщо ж подавати підсушене до вологості нижче 20 % паливо з підвищеною зольністю (при однаковому вмісті баластних домішок), то нижча теплота згоряння такого палива буде більша.

Для виділення продукту з підвищеною зольністю використаємо пневматичну сепарацію. Технологічна схема збагачення високозольного торфу для виготовлення паливної продукції повинна включати сушіння до вологості 15-20 %, подрібнення до крупності $-3\div+0$ мм, знепилення та пневматичну сепарацію при робочій швидкості повітряного потоку 3,0-3,5 м/с. У цьому випадку високозольною буде легка фракція пневматичної сепарації, яка має зольність 30-45 %. Її направляємо на спалювання до теплогенератора (див. рис. 1). Подрібнення до крупності $-3\div+0$ мм передбачається технологією виготовлення пелет та брикетів. При цій крупності подрібнення досягається достатнє розкриття мінеральної частини для її ефективного вилучення

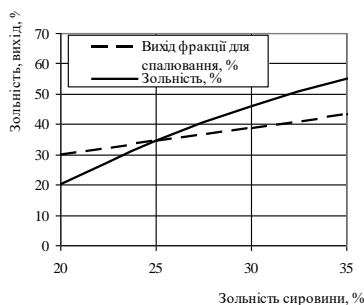
Якість та масовий вихід торфу, що подається на спалювання до теплогенератора залежно від зольності сировини і з урахуванням того, що у цей продукт повинно потрапити 30 % горючої маси загального потоку, можна знайти з системи рівнянь

$$\begin{cases} 100 \cdot A_o = XY + (100 - X) \cdot A_1, \\ \varepsilon_1 = \frac{X \cdot (100 - Y)}{100 - A_o}, \end{cases} \quad (4)$$

де A_o та A_1 - зольність вихідної сировини та концентрату, який потрібно отримати ($A_1=20$ %); X та Y - масовий вихід та зольність відходів, %; ε_1 - планове вилучення горючої маси ($\varepsilon_1=30$ %).

Значення X та Y залежать від якості вихідної торфової сировини A_o , тому результати розв'язку рівняння (4) зручніше одержати у вигляді графіка (рис. 2).

Рис. 2. Графік залежності зольності та масового виходу фракції що направляється на спалювання від зольності сировини

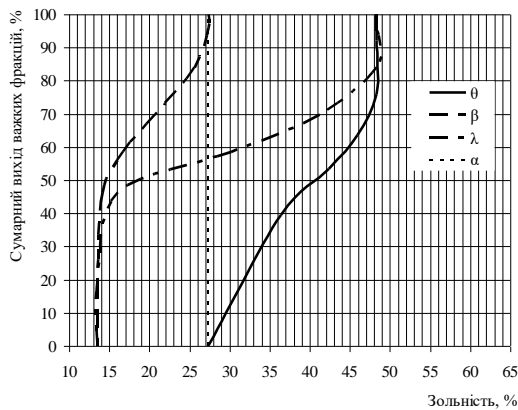


Максимальна кількість баластних домішок у продукті, що подається на спалювання до теплогенератора, не повинна перевищувати 65 %, а з урахуванням максимальної вологості 20 % це значення досягається при зольності вихідної сировини 30 %. Тому пропонується технологічна схема має обмеження по зольності вихідної сировини.

Розглянемо можливості пневматичної сепарації для забезпечення розглянутого режиму. Криві збагачуваності знепиленого високозольного торфу родовища «Засвіття-Ситнелюк» класу крупності $-3\div+0$ мм на сепараторі типу «Зиг-заг» зображені на рис. 3. Масовий вихід пилу становить лише 2,89 %

Цим значенням при виборі режиму сепарації можна знехтувати. Зольність вихідного торфу становить 27,3 %. Як слідує з графіка (див. рис. 2), до теплогенератора потрібно подати продукт із зольністю 40 % та масовим виходом на суху речовину 36 %. Пневматична сепарація високозольного торфу дає можливість отримати легку фракцію з масовим виходом 36 % та зольністю 46 %, що свідчить про недостатню кількість горючої маси у продукті, що направляється на спалювання до теплогенератора.

Регулювання робочої швидкості пневматичної сепарації не забезпечить потрібного режиму, тому потрібно виділити максимальну кількість концентрату (важкої фракції) із зольністю 20 % та його частину підшихтувати до високозольної важкої фракції.



зображено на рис. 4.

Працює технологічна лінія так. Сировину вологістю 40-50 % завантажують у бункери 1. В один з бункерів потрібно завантажувати некондиційну сировину, в інший - кондиційну. Далі сировину потрібно шихтувати до отримання зольності шихти 25-30 %. Утворена шихта за допомогою конвеєра подається на грохочення грохотом 2 по крупності 5 мм. Після грохочення надрешітний продукт направляють на подрібнення молотковою дробаркою 3. Подрібнений продукт об'єднується з підрешітним і направляється на сушіння до барабанної сушарки 5.

Сушильний агент для сушарки готується у теплогенераторі 4. Висушений продукт осаджується циклонами 6 та направляється на першу стадію пневматичної сепарації у сепараторі типу «Зиг-заг» 7. У легку фракцію виділяється продукт із зольністю до 23 %. Робоча швидкість потоку повинна становити 0,5-0,6 м/с та регулюватися залежно від зольності легкої фракції. Важку фракцію першої стадії пневматичної сепарації направляють на другу стадію пневматичної сепарації у сепараторі типу «Зиг-заг» 8, з робочою швидкістю потоку повітря 3-3,5 м/с.

Важка фракція цієї стадії пневматичної сепарації має кондиційну зольність і направляється на додаткове подрібнення молотковою дробаркою 9, після чого об'єднується з легкою фракцією першої стадії пневматичної сепарації. Об'єднаний продукт гранулюється пресом-гранулятором 10. Легка фракція другої стадії пневматичної сепарації осаджується циклонами 15 та направляється на спалювання до теплогенератора. Частина важкої фракції другої стадії пневматичної сепарації також спрямовується на спалювання до теплогенератора. Гранули, утворені в процесі грануляції ковшовим елеватором 12, подаються в охолоджувач 13. Після охолодження гранули направляються на контрольне грохочення на грохоті 14. Підрешітний продукт повертається у бункер гранулятора, а надрешітний, яким є пелети - на склад готової продукції.

Сушильний агент після циклонів 6 та повітря після циклонів 10 направляється на додаткову очистку у мокрому скрубєрі 16.

За наданою схемою виготовлення паливної продукції теплогенератори має бути пристосовано до спалювання торфу із зольністю 30-45 %, тобто бути оснащеними ефективною системою видалення золи з топки.

Зола, утворена в результаті спалювання торфу у теплогенераторі, може використовуватись у виробництві бетонів та дозволяє знизити вміст цементу [3].

Запропонована схема дає можливість підвищити загальне вилучення горючої маси по технології виробництва палива до 95,5 %. Річний економічний ефект від впровадження цієї техно-

Рис. 3. Криві збагачуваності високозолистого торфу класу крупності $-3\pm+0$ мм на пневматичному сепараторі типу «Зиг-заг» β , θ та λ - важкої, легкої та елементарних фракцій; α - зольність вихідної сировини

Це дасть змогу уникнути негативного впливу коливань якості сировини.

Схему технологічного ланцюга апаратів для виготовлення торфових пелет з високозолистого торфу

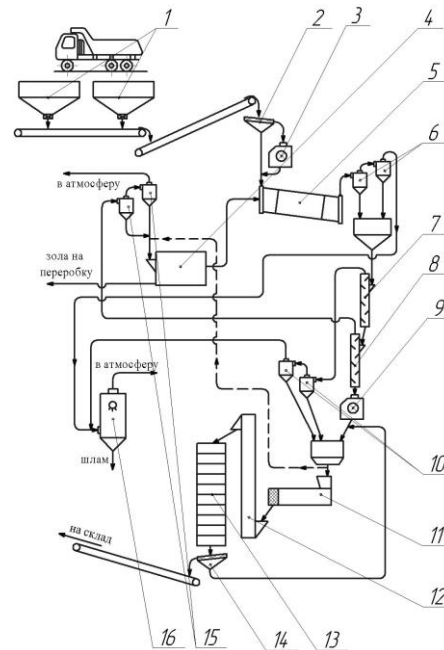


Рис. 4. Схема ланцюга апаратів виготовлення пелет з високозолистого торфу: 1 - бункери сировини; 2 - грохот; 3 - молоткова дробарка; 4 - теплогенератор; 5 - сушарка барабанна; 6, 10, 15 - циклони; 7 - пневматичний сепаратор типу «Зиг-заг» першої стадії сепарації; 8 - пневматичний сепаратор типу «Зиг-заг» другої стадії сепарації; 9 - молоткова дробарка; 11 - прес-гранулятор; 12 - елеватор; 13 - охолоджувач; 14 - контрольний грохот; 16 - мокрий скрубєр

логічної схеми для технологічної лінії з виробництва пелет з торфу продуктивністю 15 тис. т на рік становить 925,5 тис. грн. Цей економічний ефект досягається значною економією на сировині, оскільки вартість некондиційного високозольного торфу на 25-35 % нижча, а частка сировини у собівартості виготовлення пелет складає 73-76 %.

Висновок та напрямок подальших досліджень. Запропонована технологічна схема дозволяє збільшити вилучення горючої маси високозольного торфу до 95,5 % та ефективно утилізувати зольні відходи у виробництві бетонів в якості в'язучого компоненту, а не баласту.

Список літератури

1. **Виллу Варес** Справочник потребителя биотоплива / **Виллу Варес, Юло Каськ, Пеэтер Муйсте** [и др.]. - Таллинн: Таллиннский технический университет, 2005. – 183 с.
2. **Гнеушев В.О.** Переработка торфу в паливні брикети / **В.О. Гнеушев.** - Рівне: НУВГП, 2008. - 212 с.
3. **Костров В.В.** Изучение химического состава и вопросов утилизации торфяной золы в производстве бетонов / **В.В. Костров, А.В. Свиридов, С.В. Цибакин, Ю.Ю. Дубровина** // Химия и химическая технология. - Т. 51 Вип. 11. - Ивановский государственный химико-технологический университет: Иваново, 2008. – С. 52 – 55.

Рукопис подано до редакції 25.03.12

УДК 621.879.01

В.Г. КРУПКО, канд. техн. наук, проф., Донбасская государственная машиностроительная академия
А.В. ВЕСНИН, канд. техн. наук, доц., ГВУЗ «Криворожский национальный университет»
Р.Н. ДИХТЕНКО, аспирант, Донбасская государственная машиностроительная академия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЖЕСТКОСНОЙ СИСТЕМЫ ЭКСКАВАТОРА СО СНИЖЕННЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ

Рассмотрен вопрос снижения динамических нагрузок на механизм подъема механического экскаватора без использования разъединительных предохранительных устройств.

Ключевые слова: жесткость, циклическая нагрузка, коэффициент динамики, стопорение механизма, математическая модель.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими заданиями. В хозяйственном комплексе Украины на строительстве зданий, сооружений, дорог работает большое количество машин на базе строительных универсальных экскаваторов, которые выполняют подъемно-транспортные, землеройные и вспомогательные работы. При этом на привода исполнительных механизмов этих машин действуют значительные динамические усилия, вызванные следующими явлениями: взаимодействием с внешней средой; резкими изменениями нагрузок; изменениями направления движения рабочего органа. Поэтому актуальным является вопрос по определению причин возникновения величины и путей снижения динамических нагрузок на рабочее оборудование и исполнительные механизмы экскаватора.

Анализ исследований и публикаций, в которых дается решение данной проблемы. Проблему возникновения и гашения динамических колебаний системы рассматривали в своих трудах Д.П. Волков [1], Домбровский Н.Г. [2], Панкратов С.А. [3]. Также методы моделирования и анализа динамических систем рассматривали в своих трудах и многие научные деятели Ветров Ю.А. [4], Подерни Р.Ю. [5], Чулков Н.Н. [6]. Но, используя математические пакеты, можно уточнить расчеты и найти рациональные пути снижения динамических нагрузок в сложных динамических системах.

Цель исследовательской работы - обоснование рациональных параметров динамической системы экскаватора с определением величины взаимовлияния исполнительных механизмов на другой при различных вариантах жесткостно массовых параметрах системы «рабочее оборудование - исполнительные механизмы».

Изложение основного материала исследования. Проведенный анализ работы подъемных механизмов экскаваторов показывает, что самые большие динамические нагрузки получают во время стопорения механизмов, в случае упора исполнительного органа в непреодолимое препятствие, а рекомендуемый [1] параметр, влияющий на величину динамических нагрузок - жесткость механизма напора и жесткость подвеса стрелы. Проведем варьирование поперечными жесткостными параметрами стрелы, а также жесткостными параметрами системы подвеса стрелы.