

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНИХ ФУСІВ

О. М. Калініхін

Донецький національний технічний університет

вул. Артема 58, м. Донецьк 83001, Україна. E-mail: info@dgtu.donetsk.ua

Курс на укріплення енергетичної незалежності, визначений енергетичною стратегією України до 2030 г., передбачає зменшення частки енергоресурсів що імпортуються у паливно-енергетичному балансі країни більше ніж на 40%. Виробництво вторинного палива з компонентів твердих побутових відходів та промислових відходів є однією з реальних альтернатив споживанню імпортованих енергоносіїв. При цьому перспективним виглядає використання у вигляді теплоутворюючих домішок при виробництві відповідних палив окремих різновидів відходів коксохімічного виробництва і зокрема кам'яновугільних фусів. У свою чергу розробка технології виробництва вторинного палива на основі побутових відходів та кам'яновугільних фусів потребує вивчення характерних особливостей поведінки компонентів паливних сумішей на всіх етапах технологічного процесу. У представленій роботі наведені результати визначення оптимальних умов транспортування кам'яновугільних фусів за допомогою гвинтового конвеєра.

Ключові слова: вторинне паливо, кам'яновугільні фуси, шнек, коефіцієнт продуктивності, гвинтовий конвеєр.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВКИ КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ФУСОВ

О. Н. Калинин

Донецкий национальный технический университет

ул. Артёма 58, г. Донецк 83001, Украина. E-mail: info@dgtu.donetsk.ua

Курс на укрепление энергетической независимости, провозглашенный энергетической стратегией Украины до 2030 г., предусматривает снижение доли импортируемых первичных энергоресурсов в топливно-энергетическом балансе страны более чем на 40%. Производство вторичного топлива на основе компонентов твердых бытовых отходов и промышленных отходов является одной из реальных альтернатив потреблению импортных энергоносителей. При этом перспективным выглядит использование в качестве теплотворных добавок при производстве таких топлив отдельных видов отходов коксохимического производства и в частности каменноугольных фусов. В свою очередь разработка технологии производства вторичного топлива на основе бытовых отходов и каменноугольных фусов требует изучения характерных особенностей поведения компонентов топливных смесей на всех этапах технологического процесса. В представленной работе приведены результаты определения оптимальных условий транспортировки каменноугольных фусов с помощью винтового конвейера.

Ключевые слова: вторичное топливо, каменноугольные фусы, шнек, коэффициент производительности, винтовой конвейер.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Курс на укрепление энергетической независимости, провозглашенный энергетической стратегией Украины до 2030 г., предусматривает снижение доли импортируемых первичных энергоресурсов в топливно-энергетическом балансе страны более чем на 40%. Такие показатели должны быть достигнуты во многом за счет структурного и технологического энергосбережения, уменьшения потребления природного газа более чем на треть, широкого вовлечения в энергетические процессы энергии извлекаемой из вторичных источников.

Украина обладает достаточным потенциалом источников энергии извлекаемой из вторичных источников, одним из которых является получение вторичного топлива Refuse Derived Fuel (RDF) из отдельных компонентов твердых бытовых отходов (ТБО) [1].

Опыт Европейского Союза показывает, что по состоянию на 2013 год значительную часть в топливном балансе отдельных стран составляет именно использование RDF.

Так доля используемых на тепловых электростанциях RDF составляет: Швеция – 91 %, Дания – 72 %, Нидерланды – 40 %, Австрии – 29 %, Франция – 27 % Германия, Бельгия – 12 %.

Сжигание RDF обладает рядом преимуществ перед слоевым сжиганием ТБО на колосниковых решётках:

- RDF простое в эксплуатации и не требующее каких-либо изменений в конструкции котлоагрегатов топливо, на котором могут работать практически любые котлы;

- отбор ряда компонентов из ТБО осуществляемый в процессе производства RDF позволяет существенно снизить потенциальные риски связанные с возможностью образования в процессе сжигания стойких органических загрязнителей таких как диоксины и фураны;

- промышленное использование технологии производства RDF показывает, что производство данного вида топлива обладает малой энергоёмкостью, безотходностью, пожаро- и взрывобезопасностью и может основываться на использовании серийно выпускающегося оборудования;

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

– стоимость топлива в пересчёте на тонну условного топлива не превышает 20-30 % цены исходных компонентов [2].

Перспективным в свете исследований, проведённых авторами [3], выглядит производство вторичного топлива на основе ТБО с использованием некоторых видов отходов коксохимических заводов (КХЗ), и частности каменноугольных фусов, способных выступать не только в качестве теплотворной добавки, но и в качестве эффективного связующего компонента топливной композиции.

Данные полученные авторами показали, что ведение в состав смеси каменноугольных фусов решает проблему, связанную с высокой сезонной влажностью ТБО, понижая общую влажность отходов. Анализ наиболее важного показателя, характеризующего энергетическую ценность полученных смесей, теплоты их сгорания, позволяет предположить, что введение отходов КХЗ позволит уменьшить расход природного газа необходимого для сжигания ТБО.

Одним из основных этапов процесса совместной переработки отходов является передача каменноугольных фусов, на совместное прессование с ТБО.

Трудности подбора оборудования для данной технологической операции напрямую связаны с характерными особенностями состава и свойств каменноугольных фусов.

Цель работы – выявить характерные особенности процесса транспортировки каменноугольных фусов с помощью винтового конвейера и определить оптимальные условия его реализации.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи исследования:

- 1) Проанализировать состав и физические характеристики каменноугольных фусов;
- 2) Исходя из выявленных физических характеристик каменноугольных фусов и технологической схемы проектируемого процесса совместной переработки отходов, рекомендовать к использованию тип транспортирующего устройства;
- 3) На основании проведенных экспериментальных исследований выявить оптимальные условия функционирования устройства предназначенного для транспортировки каменноугольных фусов.

МАТЕРИАЛЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Каменноугольные фусы являются одним из основных вторичных продуктов, получаемых при охлаждении и очистке коксового газа.

Общее содержание в фусах твёрдой фазы составляет 40-50 % на безводную массу, остальное количество представляет собой каменноугольную смолу. Содержание углерода в каменноугольных фусах составляет 60-55 % масс., выход летучих - 50-40 % масс., высшая удельная теплота сгорания - 35-33 МДж/кг.

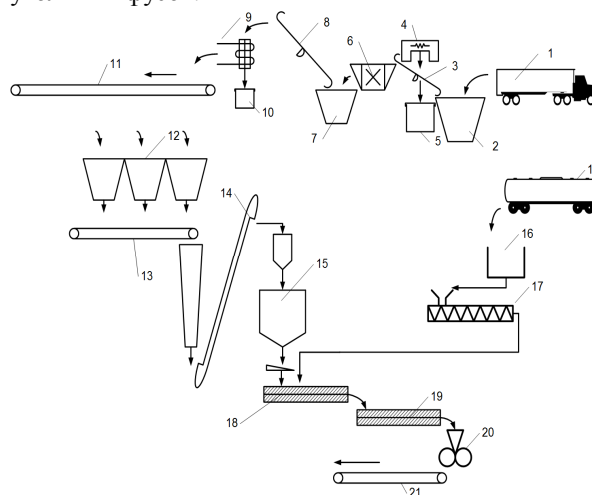
Состав твёрдой и пластичной фазы фусов не постоянен и изменяется в зависимости от интенсивности паронинжекции на коксовых печах и других условий (таблица 1).

Таблица 1 - Содержание компонентов в каменноугольных фусах

Наименование компонента	Содержание компонентов в каменноугольных фусах КХЗ, % масс.
Растворимые в толуоле вещества	30-50
Зола	4-6
Железо	1-2
Циан	0,5-1
Сера	1,6-2,5

Таким образом специфичность свойств каменноугольных фусов проистекает из одновременного наличия в их составе вязко-пластичных и твердых компонентов.

Предлагаемая технологическая схема процесса совместной переработки ТБО и каменноугольных фусов (рисунок 1) складывается из последовательно протекающих основных операций: приёма и подготовки ТБО, прессования ТБО и каменноугольных фусов.



- 1 – подвоз ТБО спецавтотранспортом; 2 – приёмный бункер; 3 – ковшовый погрузчик; 4 – магнитный сепаратор; 5 – пресс для чёрного металлолома; 6 – молотковая дробилка; 7 – накопительная ёмкость; 8 – ковшовый погрузчик; 9 – аэросепаратор; 10 – пакетирование бумаги и текстиля; 11 – ленточный конвейер 12 – приёмные ямы; 13 – ленточный конвейер; 14 – трубы сушилки; 15 – бункера прессовых агрегатов; 16 – лопастные смесители; 17 – винтовой конвейер; 18 – вальцовый пресс; 19 – битумные бункер-вагоны; 20 – хранилище смолистых отходов; 21 – ленточный конвейер.

Рисунок 1 – Технологическая схема производства RDF на основе ТБО и каменноугольных фусов

В свете специфичности свойств каменноугольных фусов, целесообразным выглядит выбор винтового конвейера (шнека) в качестве основного устройства для их транспортировки, что обосновы-

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

вається его способностью по своему назначению перемешать как сыпучие и кусковые материалы, так и вязко пластичные смеси [4,5].

Установлено, что вращающийся шнек эквивалентен непрерывной наклонной плоскости, по которой под действием сил поля тяжести материал скользит, перемещаясь вперед к выходному концу. При этом материал пересыпается, и винтовая поверхность каждой полости шнека передвигает его перед собой в виде клина сплошной формы, называемой формой тела волочения, геометрические параметры которого зависят от степени наполнения шнека, физико-механических свойств материала, параметров шнека и режима работы.

Фактическая работа винтового конвейера характеризуется двумя расчётными коэффициентами: коэффициентом производительности – ϕ ; коэффициентом наполнения – ϕ_n . Коэффициенты не равны между собой и в реальном производственном процессе, коэффициент производительности всегда меньше коэффициента наполнения.

На величину коэффициента производительности винтового конвейера влияют размер площади и форма границ пассивной области. Чем больше доля захватываемой рабочей поверхности шнека, тем больше сечение потока и интенсивнее перебрасывание материала.

Кроме того коэффициент производительности зависит от свойств транспортируемого материала: формы частиц, коэффициента трения материала о поверхность шнека и кожуха, от угла естественного откоса и параметров шнека т.е. является сложной функцией [6].

Значения коэффициента производительности при транспортировке материалов различных типов с помощью винтового конвейера рекомендуется подбирать согласно справочно-нормативной литературы, однако при этом в литературе приводятся данные лишь для ограниченной номенклатуры материалов, воспользоваться которыми при проектировании процесса транспортировки каменноугольных фусов невозможно.

Для определения коэффициента производительности винтового конвейера эмпирическим путём были проведены стендовые испытания с использованием винтового конвейера ВК 50 (рисунок 2).

Значения коэффициентов производительности и наполнения в ходе эксперимента определялись исходя из величины разности массы каменноугольных фусов до и после загрузки в винтовой конвейер за период одного полного оборота вала шнека.

Для исследования процесса прессования штампов использовались каменноугольные фусы Рутченковского коксохимического отделения ОАО «Донецккокс» с содержанием каменноугольной смолы 30 -50 % масс.

Условия проведения эксперимента включали в себя различные варианты прогрева вала шнека и каменноугольных фусов, а также смазку лопастей винтового конвейера минеральным маслом (таблица 2).

Прогрев вала шнека осуществлялся с целью снижения величины трения пары сталь - каменно-

угольные фусы и уменьшения липкости каменноугольных фусов.

Если при содержании смолистых веществ в каменноугольных фусах до 30 % липкость характеризуется сравнительно небольшой величиной 1-2 г/см², то при содержании смолистых веществ 45-50% значение липкости может достигать 20-25 г/см².

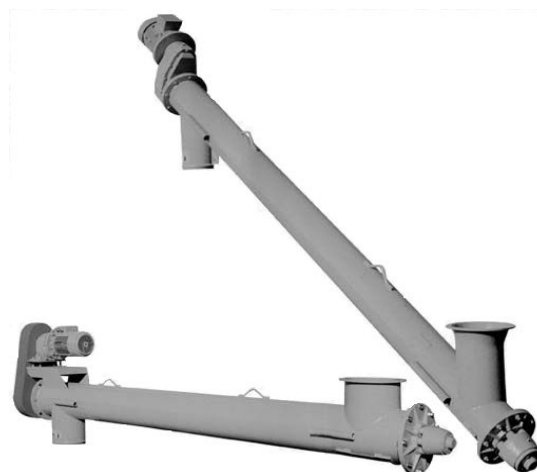


Рисунок 2 – Винтовой конвейер ВК 50

Трения пары фусы-фусы почти в 10 раз выше трения пары пары сталь-фусы. Это объясняется тем, что смола в фусах оказывает антисмазочное действие, приводящее к увеличению сил трения.

Трение пары сталь-фусы с ростом температуры уменьшается благодаря уменьшению вязкости смолистых веществ.

Подогрев осуществлялся для каменноугольных фусов до температуры 60-70°С, для вала шнека до 120-130°С.

Таблица 2 – Условия определения коэффициентов производительности и наполнения винтового конвейера

Смазка лопастей шнека	Температура, С°	
	Вала шнека	Каменноугольных фусов
Есть	110-120	60-70
Нет	120-130	60-70
Есть	Без прогрева	
Есть	110-120	60-70
Нет	Без прогрева	

Результаты проведённых испытаний (таблица 3) показывают, что процесс перемещения каменноугольных фусов по валу шнека существенно зависит от содержания смолистых веществ и от температуры контактируемых тел.

При коэффициенте наполнения первых трех-четырех витков шнека, равном единице, коэффициент производительности обычно не достигал величины более $\phi = 0,15-0,30$, поскольку поверхности

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

лопастей шнека оставались холодными и не были смазанными.

Таблица 3 – Результаты определения коэффициентов производительности и наполнения винтового конвейера

φ	φ _н	Смазка лопастей шнека	Температура, С°	
			Вала шнека	Каменноугольных фусов
0,7	1,0	Есть	110-120	60-70
0,3	1,0	Нет	120-130	60-70
0,15	1,0	Есть	Без прогрева	
0,3	0,5	Есть	110-120	60-70
0,1	0,5	Нет	Без прогрева	

Коэффициент производительности увеличивался до φ = 0,7 при φ_н = 1,0 при смазывании винтовой поверхности шнека минеральным маслом с одновременным подогревом фусов до 70°С и вала шнека до 110-120°С.

Помимо коэффициента производительности и коэффициента наполнения работа винтового конвейера характеризуется расчётной величиной мощности [6] привода шнека N, данная величина рассчитывается исходя из соотношения:

$$N = \frac{1}{367} \cdot Q \cdot (L \cdot W + H) \cdot \frac{1}{K \cdot \eta}, \text{ кВт}$$

где Q – производительность винтового конвейера, т/ч;

L – горизонтальная проекция длины шнека, м;

W – коэффициент сопротивления материала перемещаемого валом шнека;

H – высота подъёма материала, м;

K – коэффициент учитывающий потери на трение в подшипниках;

η – коэффициент полезного действия механизмов привода.

При этом определение значения коэффициента сопротивления материала (W), перемещаемого валом шнека требует использования сложной расчётной методики основанной на представлении коэффициента как функции от скорости движения материала относительно оси шнека и свойств транспортируемого материала.

В соответствии с методикой истинная скорость движения материала относительно оси шнека может быть представлена как сумма трёх скоростей: V0 – относительной скорости частицы материала, V – абсолютной скорости частицы материала, V1 – осевой скорости частицы материала (рисунок 3).

Применение специализированного программного комплекса “T-Collapse” позволило сопоставить значения коэффициента сопротивления материала в зависимости от температуры прогрева каменноугольных фусов и содержания в них смолистых веществ (рисунок 4).

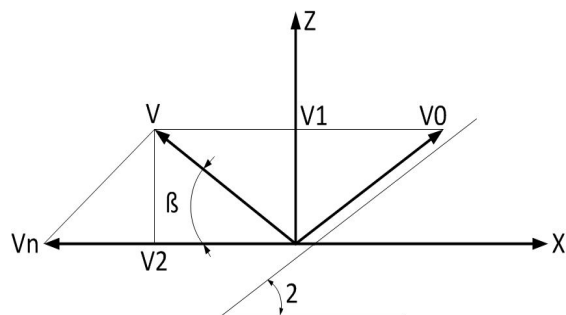
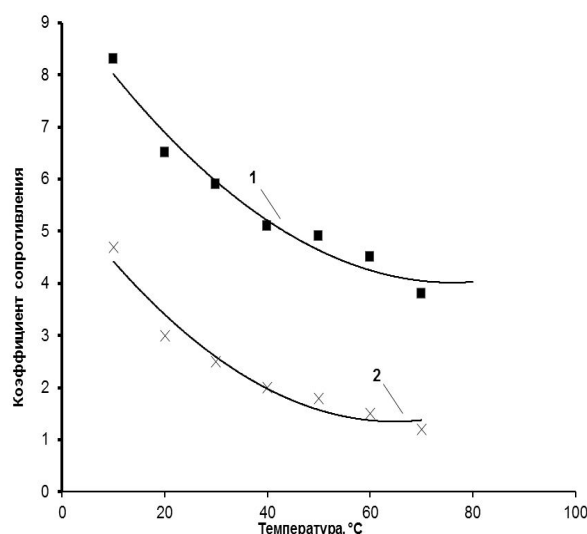


Рисунок 3 – Схема скоростей движения частиц в винтовом конвейере



1 – каменноугольные фусы с содержанием смолистых веществ 50 % масс.; 2 – каменноугольные фусы с содержанием смолистых веществ 30 % масс.

Рисунок 4 – Зависимость величины коэффициента сопротивления каменноугольных фусов от температуры

Результаты исследований зависимости величины коэффициента сопротивления каменноугольных фусов от температуры указывают на то, что минимальная величина коэффициента сопротивления каменноугольных фусов отвечает температуре 70°С, при этом оптимальным вариантом является использование в процессе совместной переработки каменноугольных фусов с содержанием смолистых веществ порядка 30 % масс.

ВЫВОДЫ. Анализ состав и физические характеристики каменноугольных фусов указывает на специфичность их свойств являющихся следствием одновременного наличия в их составе вязкопластичных и твердых компонентов.

В свете специфичности свойств каменноугольных фусов, целесообразным выглядит выбор винтового конвейера (шнека) в качестве основного устройства для их транспортировки, что обосновывается его способностью по своему назначению перемешать как сыпучие и кусковые материалы, так и вязко пластичные смеси.

Обязательным условием процесса транспорти-

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

ровка каменноугольных фусов является прогрев вала шнека и каменноугольных фусов, а также смазка лопастей винтового конвейера минеральным маслом, что обеспечивает снижения величины трения пары сталь - каменноугольные фусы и уменьшение липкости каменноугольных фусов.

Результаты исследования температурной зависимости величины коэффициента сопротивления каменноугольных фусов указывают на то, что наиболее приемлемым вариантом является использование в процессе совместной переработки каменноугольных фусов с содержанием смолистых веществ порядка 30 % масс.

Оптимальными условиями ведения процесса транспортировки каменноугольных фусов является предварительное смачивание винтовой поверхности шнека минеральным маслом с одновременным подогревом фусов до 70°C и вала шнека до 110-120°C, что подтверждается максимальным значением коэффициента производительности винтового конвейера равного 0,7 при соблюдении выявленных оптимальных условий транспортировки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтернативная энергетика в Украине, анали-

тическое исследование. – Киев изд-во «Энергобизнес», 2010. – 38 с.

2. "Managing municipal solid waste a review of achievements in 32 European countries", EEA Report 2013, no. 2, Eurostat, pp. 28–30.

3. Калинихин О.Н., Панасенко А.И. Разработка технологии переработки твёрдых бытовых отходов и отходов коксохимических заводов // научный журнал – Екологічна безпека: Кременчук : КДПУ імені Михайла Остроградського. – 2008. – № 3, 4. – С. 23–29.

4. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. – М.: изд-во Химия, 1983. – 487 с.

5. Марон Ф.П., Кузьмин А.В. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. – Минск изд-во, «Будивництва», 1977. – 271 с.

6. Тетеревков А.И., Печковский В.В. Оборудование заводов неорганических веществ и основы проектирования. – Минск изд-во, «Будивництва» 1981. – 335 с.

7. Романов П.Г., Курочкина М.И., Моджерин Ю.Я., Смирнов Н.Н. Процессы и аппараты химической промышленности. – М.: изд-во Химия, 1989. – 559 с.

DETERMINATION OF OPTIMAL CONDITIONS TRANSPORTATION PROCESS OF COAL FUSE

O. Kalinihin

Donetsk national technical university

vul. Artema 58, Donetsk 83001, Ukraine. E-mail: info@dgtu.donetsk.ua

Policy of strengthening energy independence, proclaimed Ukraine's energy strategy up to 2030, provides for the reduction of imported primary energy share in the energy balance of the country more than 40 %. Production of secondary fuel based on components of municipal solid waste and industrial waste is one of the viable alternatives to imported energy consumption. When this looks promising use as calorific additives in the manufacture of certain types of waste fuels, coke production and coal in particular coal fuse. In turn, the development of technology for the production of secondary fuels based on waste and coal fuse requires studying the behavior characteristics of the components of the fuel mixtures at all stages of the process. The present work shows the results of determining the optimal conditions for transportation of coal fuse with a screw conveyor.

Key words: secondary fuel, coal fuse, screw, performance ratio, screw conveyor.

REFERENCES

1. (2010) *Альтернативная энергетика в Украине, аналитическое исследование*. [Alternative Energy in Ukraine, an analytic study], Publishing house «Enego-biznes», Kiev, Ukraine.

2. "Managing municipal solid waste a review of achievements in 32 European countries", EEA Report 2013, no. 2, Eurostat, pp. 28 - 30

3. Kalinihin O., Panasenko A. (2008), "Development technology of processing firm household waste products and resinous waste products coke chemistry manufactures", *naukoviy zhurnal – Yekologichna bezpeka : Kremenчук : KDPY імені Михайла Остроградського*. no 3, 4, pp. 23 - 29.

4. Spivakovsky A., Diachkov V. (1983) *Transportiruyushchiye mashiny*. [Machine is transported], Publishing house Chemistry, Moscow, Russia.

5. Maron F., Kuz'min A. (1977) *Spravochnik po raschetam mekhanizmov pod'yemno-transportnykh mashin*. [Reference calculations hoisting mechanisms of machinery], Publishing house Budivnictva, Minsk, Byelorussia.

6. Teterevko A., Pechkovskii V. (1981) *Oborudovaniye zavodov neorganicheskikh veshchestv i osnovy proyektirovaniya*. [Equipment plants inorganic substances and principles of design], Publishing house Budivnictva, Minsk, Byelorussia.

7. Romanov P., Kurochkin M., Modzherin Y., Smirnov N. (1989) *Protsessy i apparaty khimicheskoy promyshlennosti* [Processes and devices of chemical industry], Publishing house Chemistry, Moscow, Russia.