

10. Руководство Осло. Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.uis.unesco.org/Library/Documents/OECD OsloManual05_rus.pdf – Дата доступа: 04.12.2014.

11. Gary Hamel, The Why, What and How of Management Innovation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://innovbfa.viabloga.com/files/Gary_Hamel.pdf – Дата доступа: 04.10.2014.

УДК 633.5+691.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЛЬНОПРОИЗВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ДЛЯ ОБЖИГА ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

студенты 5-го курса Стош Е.В., Хотько Д.О.

Научный руководитель – канд. тех. наук, доцент Басалай И.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В настоящее время актуальным вопросом для цементной промышленности является экономия энергетических ресурсов. В условиях ограниченности ресурсного потенциала немаловажным является повышение эффективности использования местных топливно-энергетических ресурсов. Важное значение для производства энергии в этой отрасли может иметь использование отходов растительного сырья. К возобновляемым источникам такого сырья относятся однолетние лубяные культуры. Они позволяют сберечь лес нашей республики, так как возобновляются ежегодно, а также заменить поставляемые из-за рубежа источники энергии.

Беларусь располагает значительными сырьевыми ресурсами, остающимися после первичной переработки льна, которые не находят должного применения. В настоящее время некоторая часть

отходов первичной переработки льна - костры сжигается в котельных льнозаводов, однако значительная её часть остаётся неиспользованной, скапливается на территориях предприятий и является источником пожароопасности и экологического загрязнения. Поиск путей обширного и целесообразного использования льнокостры для получения энергии в настоящее время приобретает все большее значение в связи с удорожанием углеводородного сырья и мировым кризисом.

Объект исследования – отходы льнопроизводства, как альтернативный вид топлива.

Цель работы – исследование возможности использования льнокостры в качестве технологического топлива при обжиге цементного клинкера.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- оценка современного состояния льняной подотрасли Беларуси;
- изучение особенностей технологического процесса получения льноволокна;
- анализ возможных направлений использования льнокостры в народном хозяйстве;
- исследование особенностей технологического процесса производства цемента;
- изучение альтернативных видов топлива, используемых в цементном производстве;
- анализ теплотворных и химических свойств льнокостры;
- оценка возможного замещения топлива льнокострой.

В соответствии с целью работы результатом работы станет обоснование эффективности использования льнокостры в качестве альтернативного топлива при обжиге цементного клинкера.

Работа соответствует приоритетному направлению тематик фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь, утвержденных постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 апреля 2010 г. № 585: п. 1.5. использование возобновляемых источников энергии, вторичных энергоресурсов и местных видов топлива.

1. Анализ льноводства и технологических процессов переработки льняного волокна

Лён является одной из важнейших технических культур Республики Беларусь, источником ценных видов сырья (волокно, семена, костра, масло), которые используются в различных отраслях перерабатывающей промышленности.

Льняной подкомплекс Республики Беларусь представляет собой систему взаимосвязанных предприятий, производящих комплекс машин и оборудования для выращивания и переработки льна; непосредственно льноводство; льнозаводы, льнокомбинат; ткацкие фабрики, другие предприятия и организации, осуществляющие производство, заготовку, переработку, хранение, реализацию сырья и льняных изделий, а также научное обеспечение подкомплекса - инфраструктура. Эта система призвана обеспечить рациональное использование природных и экономических условий в целях эффективного ведения отрасли и ее экспортной ориентации [2].

Земли под лён в 2013 году составили 89,1 тыс. га. В структуре посевных площадей республики лен занимает 0,99 %.

Значительное снижение посевов льна в республике началось после аварии на Чернобыльской АЭС. После этого в 90-е годы, в связи с распадом Советского Союза, кризисными явлениями в экономике, вызванными структурной перестройкой отраслей народного хозяйства, резким повышением цен на энергоносители, транспорт и другие материально-технические ресурсы. Под воздействием рыночных отношений и научно-технического прогресса в последние годы посевные площади льна стабилизировались на уровне 65-70 тыс (рисунок 1) [12].

В настоящее время по объемам производства льноволокна Беларусь входит в число первых пяти стран мира из 26 его производящих.



Рисунок 1– Динамика посевных площадей

По своей структуре и потенциалу данная отрасль может рассматриваться как потенциально экономически выгодная и перспективная в экспортном плане. В целях увеличения потенциала отрасли в стране в 2013 году был утвержден комплексный бизнес-план развития льняной отрасли Беларуси на 2013-2015 годы, в 2015 году должна заработать союзная белорусско-российская программа «Лён», целью которой является модернизация отрасли, увеличение производства льна, повышение его качества и степени переработки.

Предприятия первичной переработки льна в Республике Беларусь представлены 36 льнозаводами, которые осуществляют первичную переработку льнотресты, выработку и реализацию льноволокна.

Цель первичной обработки льна - получить из тресты – волокна.

Основным видом выпускаемой продукции на таких предприятиях является льноволокно: длинное и короткое.

Технология производства длинного и короткого волокна включает следующие операции: сушка: теплофизический процесс,

при котором в результате термического воздействия происходит удаление влаги; формирование слоя; мятье; трепание; трясение.

Треста после сушки подается на конвейер на рулоноразмотчик, который предназначен для размотки рулонов льнотресты.

Из приготовленной тресты волокно выделяют механическим путем, разрушая хрупкую древесину, но сохраняя эластичное волокно. Этого достигают путем многократного промина-пропуска между несколькими парами рифленых вальцов на слоеформирующей машине. Затем производится мятие в мяльной машине, где солома льна подвергается излому и изгибу. Следующий этап – трепание волокна-сырца на барабанах. Трепание – это отделение костры от волокна. В итоге получается трепаное длинное волокно и отходы трепания - короткое спутанное волокно и костра. Волокна после трепания попадают на трясильные машины, которые используются для вытряхивания костры, которая застревает в волокнах льна. Костра представляет собой сток отходов, который идет из турбины, мяльной машины или трепальной машины.

Анализ отходов производства льнозавода

Льняная костра – это древесная часть стеблей (тресты) льна, образующаяся, как отходы производства при механической обработке сырья на машинах (код согласно классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь –1610800 Костра льняная).

Образование костры в результате производства составляет от тресты очень большой удельный вес – 60 – 70 % [3]. Некоторая часть отходов сжигается в котельных льнозаводов, однако значительная её часть остаётся неиспользованной (до 30 - 32 тыс. тонн), скапливается на территориях предприятий и является источником пожароопасности и экологического загрязнения (рисунок 2).

Образование костры на территории РБ за 2000-2010 гг.

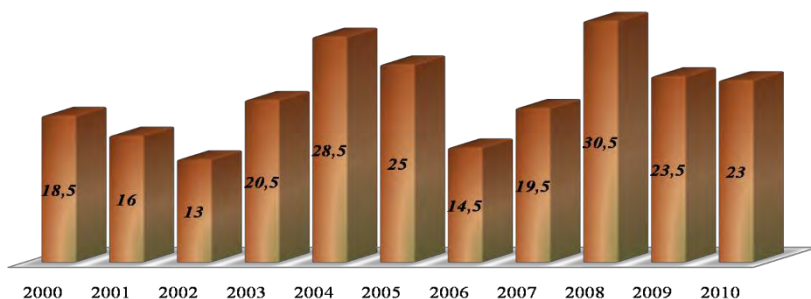


Рисунок 2 – Образование костры в Республике Беларусь за 2000-2010 гг., тыс.т.

Костра имеет следующий химический состав [4]: целлюлоза 45-58 %, лигнин – 21-29, гемилцеллюлоза – 9,1, экстрактивные вещества – 9,9, пектиновых веществ – 2,0, золы – 1,5 %.

По своему химическому составу она близка к дровам. Важным преимуществом костры льна от древесного сырья является то, что лубяные культуры можно выращивать ежегодно, тогда как для выращивания древесины требуются многие годы, прежде чем они станут пригодными для аналогичного использования.

Обзор перспективных методов переработки льнокастры

Немаловажное значение имеет углубленная переработка отходов костры льна в разнообразные продукты, необходимые народному хозяйству, а также поиск перспективных направлений использования льнокастры.

Сегодня методы глубокой переработки льнокастры не получили промышленного использования в Беларуси, поэтому изыскание путей обширного и целесообразного использования костры льна для дополнительного получения энергии в настоящее время приобретает всё большее значение в связи с удорожанием газа и нефти и мировым кризисом.

2. Анализ цементного производства

Производство цемента в Республике Беларусь является важным сектором экономики страны, имеет развитую структуру и в значительной степени обеспечивает нужды внутреннего строительства.

Вместе с тем, данный сектор является крупным потребителем энергоресурсов. Постоянное удорожание традиционных энергоносителей ведет к существенному увеличению себестоимости продукции, а значит – к снижению его эффективности.

Поэтому, необходим поиск нетрадиционных источников энергии.

2.1 Современное состояние цементного производства в Беларуси

В Республике Беларусь производством цемента занимаются ОАО «Белорусский цементный завод», ОАО «Красносельскстройматериалы», ОАО «Кричевцементошифер», сырьевой базой являются соответственно месторождение мергельно-меловых пород «Коммунарское» с промышленными запасами карбонатного компонента 270 млн т; месторождения мела Волковысской группы отторженцев с промышленными запасами 130 млн т; месторождение мергельно-меловых пород «Каменка» с промышленными запасами цементного сырья 170 млн т. [5].

Разработка месторождений мергеля производится открытым (карьерным) способом. Для этого используются карьерные одноковшовые шагающие экскаваторы – драглайны, а также технологический транспорт для доставки сырья от карьера на цементный завод, автосамосвалы или железнодорожный транспорт. Сырье (мергель) после механической переработки в смесителях поступает на термическую обработку.

На комплексные склады доставляются различные виды твердого топлива: каменный уголь, торф фрезерный и лом брикета, а также отработанные автомобильные шины.

Производство портландцемента, глиноземистого цемента, шлакового цемента и аналогичных гидравлических цементов на 2013 год в целом по республике составило 5077 тыс.т. (рисунок 3).

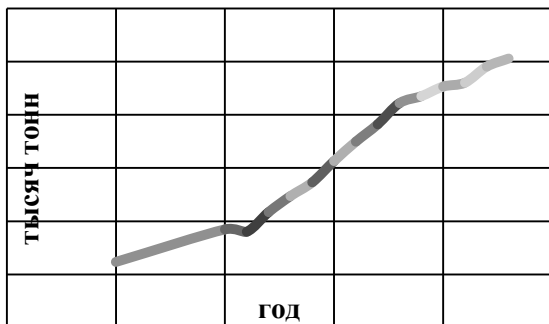


Рисунок 3 –Динамика производства портландцемента в 1993-2013 гг

2.2 Особенности технологического процесса производства цемента

Производство цемента осуществляться: мокрым, сухим и комбинированным способами.

В настоящее время в Республике Беларусь производство осуществляется как по мокрому, так и по сухому технологическому процессу приготовления сырья и обжига [6].

Основным сырьем при производстве клинкера выступают мел, глина, пиритные огарки и кварцевый песок.

Основными технологическими процессами при производстве цемента «сухим способом» являются:

- 1 - формирование породных отвалов (вскрышные работы) и разработка полезной толщи ископаемых;
- 2 - транспортировка ископаемых к отделению приготовления сырьевой муки;
- 3 - прием, хранение компонентов сырьевой шихты, добавок, топлива;
- 4 - сушка и измельчение твёрдого (ископаемого) топлива;
- 5 - приготовление, гомогенизация, хранение, транспортирование и дозирование сырьевой муки на обжиг;
- 5 - транспортирование и дозирование сырьевой муки на обжиг;
- 6 - розжиг вращающейся печей с последующим обжигом сырьевой муки во вращающейся печи с получением клинкера;
- 7 - охлаждение и дробление клинкера в колосниковых холодильниках;
- 8 - транспортирование клинкера на складирование;
- 9 - сушка добавок для производства

добавочных цементов; 10 - транспортирование и дозирование клинкера и добавок на помол; 11 - помол клинкера и минеральных добавок в мельницах с получением цемента; 12 - транспортирование цемента на хранение и упаковку, отгрузка.

Наиболее энергоемкий процесс в технологической цепочке производства цемента — декарбонизация сырья. В состав системы обжига входит двухступенчатый, двухвитьевого циклонный теплообменник и декарбонизатор, который вынесен из вращающейся печи.

В декарбонизаторе сжигают примерно 50 % топлива, что позволяет почти полностью завершить разложение CaCO_3 — основного компонента сырьевой смеси перед поступлением ее во вращающуюся печь [7].

Общее управление технологическим процессом обогащения сырья и производства цемента обеспечивается с центрального пульты.

2.3 Альтернативные виды топлива, используемые при производстве цемента

Основными технологическими видами топлива, используемого при обжиге строительных материалов (в частности, цементного клинкера), являются каменные угли и природный газ. Требования к технологическому топливу для обжига цементного клинкера и извести отражены в ВНТП-06-91 [8].

К альтернативным видам топлива для условий Беларуси относятся: торфобрикет, отработанные автомобильные покрышки, отходы переработки нефти (нефтекокс), в перспективе твердые бытовые отходы (ТБО), сухие осадки сточных вод, высокосернистые и местные бурые угли.

Применение альтернативных природному газу видов топлива при производстве стройматериалов определяется возможностью получения продукции высокого качества. Все виды топлива, при сжигании которых образуется зола, непригодны для производства стекла и стеклоизделий, керамической плитки, изделий тонкой керамики, лицевых изделий, поскольку содержащиеся в золе оксиды кремния и алюминия связывают свободный СаО в силикаты и алюминаты, снижая качество извести.

При обжиге же цементного клинкера зольность не является препятствием, при расчете цементно-сырьевой смеси зола учитывается как ее дополнительный компонент. С учетом больших объемов производства клинкера и особенностей его обжига применение альтернативных видов топлива связывают с производством цемента [9].

Наибольший прогресс в замещении импортируемых видов топлива альтернативными на сегодня достигнут на ОАО «Белорусский цементный завод», а наименьший – на ОАО «Кричевцементношифер». В разрезе видов местного топлива основная доля приходится на торфобрикет.

Таблица 1 – Виды и качественные показатели используемого топлива

Вид топлива	Теплотворная способность (Q _{нр})	Особенности
Природный газ	≥ 8000 ккал/м ³	–
Каменный уголь	≥ 6000 ккал/кг	S до 0,5 %, зольность
Торфобрикет	≥ 3000 ккал/кг	S $\geq 0,3$ %, W $\approx 15-20$ %, зольность – до 20%, пожароопасность, гигроскопичность.
Автопокрышки	≥ 7000 ккал/кг	S $\geq 1,0$ %, металлокорд
Нефтекокс	≥ 7500 ккал/кг	S ≥ 4 %
Топливо из твердых бытовых отходов (АТ из ТБО)	≥ 4000 ккал/кг	Cl $\leq 0,8$ %, S $\leq 1,5$ %, тяжелые металлы
Сухие осадки сточных вод	≥ 3000 ккал/кг	Cl $\leq 0,8$ %, S $\leq 1,5$ %, тяжелые металлы, зольность ≥ 30 %
Бурые угли	~ 2500 ккал/кг	W ≥ 50 %, зольность

Таблица 2 – Экономические показатели использования различных видов топлива

Вид топлива	Цена при поступлении на завод, \$/т.у.т.	Дополнительные затраты на заводе
1. Природный газ	275–281	Нет
2. Каменный уголь	98–120	Складирование, приготовление форсуночного топлива, дозирование
Вид топлива	Цена при поступлении на завод, \$/т.у.т.	Дополнительные затраты на заводе
3. Торфобрикет	103–137	Складирование, приготовление форсуночного топлива
4. Автопокрышки	0	Складирование, транспортирование
5. Нефтекокс (прогноз по нефтекоксу пр-ва ОАО «Нафтан»)	50–60	Складирование, приготовление форсуночного топлива, дозирование
6. АТ из ТБО	70*	Складирование, предварительная подготовка, транспортирование, дозирование
7. Бурые угли	Нет данных	Складирование, приготовление форсуночного топлива, дозирование
8. Сухие осадки сточных вод	Нет данных	Складирование, дозирование



Рисунок 4 - Цех обжига цементного клинкера

Большие перспективы открываются при использовании в качестве технологического топлива льнокостры. Важным показателем костры, в качестве топлива для производства энергии, является её стоимость на предприятиях по первичной переработке льна: производство 1 т костры составляет 6 – 10 тыс. руб. Учитывая, что около 30 – 32 тыс. т костры не используется, это составит дополнительно 300 – 320 млн. руб. Применение костры позволит

сократить долю импортного природного газа, угля и обеспечить развитие льноперерабатывающей промышленности [4].

3. Обоснование возможности использования льнокостры в цементном производстве

Одной из основных целей Директивы № 3 «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства», а также Республиканской программы энергосбережения на 2011 – 2015 годы является увеличение доли местных топливно-энергетических ресурсов в балансе котельно-печного топлива с учетом соблюдения экологических требований, социальных стандартов и обеспечения индикаторов энергетической безопасности. Для выполнения целей государственных программ исследована возможность использования льнокостры в качестве технологического топлива при обжиге клинкера. Возможность применения льнокостры для производства энергии при обжиге клинкера проанализирована на основании соответствия требованиям ВНТП 06-91 [8].

Для обжига клинкера может применяться газообразное, жидкое и твердое топливо. В декарбонизаторах возможно использование различных низкокалорийных топливных отходов. Для обеспечения оптимальной производительности печей форсуночное топливо должно отвечать следующим основным требованиям: теплота сгорания с учетом теплового эффекта разложения карбонатов для декарбонизаторов - не ограничивается; влажность - 1-2 %; пределы колебания зольности ± 1 %;

Анализ теплотворных свойств льнокостры

Для анализа возможности использования костры льна в качестве технологического топлива при обжиге клинкера исследованы теплотворные свойства фрезерного торфа крупной фракции, который уже используется на предприятиях по производству цемента, и льнокостры. Проведен сравнительный анализ теплотворных свойств торфа и костры.

Все исследования проведены в научной лаборатории «Моделирования экологической обстановки» на базе Национального минерально-сырьевого университета «Горный» с использованием современного высокотехнологичного аналитического оборудования.

Определение общей теплотворности при сжигании топлива (Но Дж/г) проводилось в бомбовом калориметре IKA WERKE C2000 (Германия). В результате установлено, что расчетное значение зольности фрезерного торфа на сухое состояние (т.е. с учетом потери влаги при сжигании) 10 % для крупной фракции фрезерного торфа и около 6 % для льнокостры.

Результаты термогравиметрического анализа, совмещенного с дифференциально-сканирующей калориметрией, проведенные дополнительно на термоанализаторе фирмы METTLER TOLEDO (США), свидетельствуют, что при съемке проб льнокостры в воздушной окислительной среде со скоростью 10 °С/мин после 750 °С не наблюдается никаких термозффектов, что свидетельствует о полном сгорании топлива до этой температуры.

Анализ химических свойств льнокостры

Проведено исследование химического состава проб отсева фрезерного торфа крупной фракции и льнокостры.

Определения содержания углерода, водорода, азота и серы выполнены на «СНН628» анализаторе фирмы LECO(США). Средние значения нескольких параллельных измерений, пересчитанные с учетом общей влажности проб, следующие: фрезерный торф (крупная фракция >10 мм): углерод С - 58,59; водород Н - 5,57; азот N - 3,81; сера S - 0,24; льнокостра С - 48,4; Н - 6,95; N - 0,73; S- 0,01.

Анализ возможности брикетирования льнокостры

Наибольшая проблема при сжигании льнокостры – её низкая плотность: у непрессованной костры она всего 30-40кг/м³, что увеличивает стоимость транспортировки и складирования. Костру необходимо поставлять в прессованном виде. С целью выяснения возможности использования отходов льнопроизводства в качестве технологического топлива исследовалась возможность прессования льнокостры, а также с добавлением торфяной сушенки, каменноугольной пыли и древесных опилок в различных соотношениях для получения брикетов.

Все опыты проведены на факультете горного дела и инженерной экологии в научной лаборатории кафедры «Горные машины» [9]. Прессование брикетов осуществлялось на гидравлическом прессе

ПСУ – 125. На рисунке 5 представлены общий вид льнокостры и брикетов, полученных в результате ее прессования.

При проведении опытов по прессованию брикетов из льнокостры приняты следующие режимы прессования: - усилие, развиваемое прессом, 900 кН; - давление прессования 115 МПа.

Плотность полученных брикетов имеет значение от 870 до 950 кг/м³, т. е. при прессовании плотность увеличивается в 3–4 раза. Испытаниями установлено, что изменение целостности брикетов происходило при силе F больше 50 Н (наблюдалось появление трещин, расслоение). Увеличение изгибающей силы до 70-80 Н приводило к растрескиванию брикетов. Наиболее прочными оказались брикеты, полученные при прессовании льнокостры с добавками древесных опилок.

Оценка возможного замещения органического топлива льнокострой

Для оценки возможного замещения топлива льнокострой авторским коллективом разработана методика. Таким образом, валовый сбор льноволокна в 2013 году составляет 44,9 тыс.т. В процессе первичной обработки лубяных культур образование костры составляет от тресты очень большой удельный вес – 60 – 70 %, т. о. отходы костры за 2013г. в целом по республике составляют 29,185 тыс. т.



Рисунок 5 – Льнокостра перед прессованием и полученные брикеты

В 2013 году на ОАО «Белорусский цементный завод» произведено 1329 тыс.т, на ОАО «Кричевцементношифер» - 1630 тыс.т., на ОАО «Красносельскстройматериалы» - 1947 тыс. т. цемента. Расходы котельно-печного топлива на производство 1 т клинкера представлены в табл. 6.

Состав портландцемента: клинкер – 87 %; гидравлические добавки – 10 %; гипс – 3 %.

Данные по потребности в условном топливе при имеющейся годовой производительности сведены в таблицу 4.

Таблица 3 – Расход котельно-печного топлива (К-П.Т)

Предприятие	Удельный расход К-П.Т, кг у.т/т.
1.ОАО «Кричевцементношифер»	202,5
2.ОАО «Белорусский цементный	162,1
3.ОАО «Красносельскстройматериалы»	267,7

Таблица 4 – Потребность цементных заводов в условном топливе

Предприятие	Производительность по клинкеру, тыс.т	Количество К-П.Т, т.у.т
ОАО «Кричевцементношифер»	1418, 1	287 165
ОАО «Белорусский цементный завод»	1156, 3	187 436
ОАО «Красносельскстройматериалы»	1693, 8	453 430

При использовании костры льна в качестве технологического топлива для декарбонизатора на ОАО «Кричевцементношифер» возможно заменить 5% от используемого условного топлива, на ОАО «Белорусский цементный завод» до 7,6 %, на ОАО «Красносельскстройматериалы» - 3,2%.

Использование отходов льнопроизводства, как одного из видов топлива для производства энергии является перспективным направлением. Оно позволит переработать значительную часть

сырья, которое в настоящее время скапливается на территориях предприятий и является источником пожарной опасности и экологического загрязнения.

Анализ технологического процесса производства цемента показал, что при обжиге цементного клинкера зольность не является препятствием, при расчете цементно-сырьевой смеси зола учитывается как ее дополнительный компонент, также выявлено, что в декарбонизаторах возможно использование различных низкокалорийных топливных отходов. Применение льнокостры в качестве топлива при производстве цемента определяется возможностью получения продукции высокого качества.

Для исследования возможности использования костры льна в качестве технологического топлива при обжиге цементного клинкера выполнены:

- сравнительный анализ теплотворных свойства фрезерного торфа крупной фракции и льнокостры;
 - исследован химический состав проб отсева фрезерного торфа крупной фракции и льнокостры, определены содержание углерода, водорода, азота и серы;
 - проведен анализ возможности брикетирования костры, с определением прочности брикетов и изучением возможности их водопоглощения;
- проведена оценка возможного замещения органического топлива льнокострой.

Результаты комплексного исследования эксплуатационно-топливных характеристик проб различных видов топлива показали, что использование льнокостры в цементном производстве допустимо и целесообразно по следующим показателям: – высокая теплотворная способность – 18 МДЖ/кг (~4000 ккал/кг); – большое суммарное содержание горючих элементов (углерода и водорода) – С 48,4%; Н 6,95%; – небольшая зольность на сухое состояние – 5,57%; – малое содержание серы – 0,01%.

Экспериментами по брикетированию отходов льнопроизводства установлено, что льнокостра поддается брикетированию как в чистом виде, так и с использованием добавок (торф, уголь, древесные опилки): – качество брикетов, получаемых из

льнокостры достаточно высокое; – использование в качестве добавок древесных опилок значительно улучшает свойства брикетов; – льнокостра, получаемая непосредственно как отходы при обработке льнотресты, имеет низкую влажность, что способствует улучшению процесса брикетирования.

Использование льнокостры в качестве топлива позволит заменить на государственных цементных заводах до 7,6 % условного топлива и при этом значительно улучшить экологическую обстановку на территориях льноперерабатывающих предприятий.

Отходы льнопроизводства обладают рядом преимуществ по сравнению с ископаемыми видами топлива: экологичностью, дешевизной, доступностью, высокими топливными параметрами. Снижение затрат на выработку энергии за счет использования отходов льнопроизводства позволит снизить себестоимость цемента, и повысить его конкурентоспособность.

Литература

1. О комплексном бизнес-плане развития льняной отрасли Республики Беларусь в 2013 - 2015 годах: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 20мар.2013 г., № 201 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь – 2013. – 5/37037.

2. Пестис, М.В. Состояние и перспективы производства и переработки льна в условиях Гродненской области: монография / М.В. Пестис, И.М. Шинтарь, П.В. Пестис. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 168 с.

3. Карпунин, И.И. Использование отходов растительного сырья для производства энергии/ И.И. Карпунин, В.В. Кузьмич, Т.Ф. Балабанова. – Минск: БНТУ, 2011. – с. 55.

4. Карпунин, И.И. Химия льна и перспективные технологии его углубленной переработки / И. И. Карпунин, И. А. Голуб, П. П. Казакевич. – Минск: Беларус. навука, 2013. – 96 с.

5. Актуальные проблемы исследований в области наук о земле и освоения минерально-сырьевых ресурсов/ А.К. Карабанов [и др.] // Природопользование: сборник науч. трудов. – Вып. 21. – С. 5-19.

6. ТКП 17.08-17-2012. Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов загрязняющих веществ от предприятий по производству цемента и извести. – Введ. 2013–01–01. – Минск: Минприроды; М.: Из-во стандартов, 2013. – 56 с.

7. Мочальник, И.А. Основы технологии и продукция промышленности строительных материалов»: пособие / И.А. Мочальник. – Минск: БГЭУ, 2009. – 157 с.

8. Ведомственные нормы технологического проектирования цементных заводов: ВНТП 06-91: утв. Концерн "Цемент" 29.01.1992: взамен ВНТП 06-86; введ. в действие 1992-03-01 / Российский государственный концерн "Цемент". – СПб, 1991. – 101 с.

9. Научно-технические проблемы использования альтернативных видов топлива в строительном комплексе Респ. Беларусь: материалы VII Междунар. научно-техн. конференции / Минск, 30 октября 2013. / редкол.: А.В. Вавилов [научный редактор] [и др.]. – Минск, 2013. – 40 с.

10. Процесс прессования торфяной сушенки и качество готовой продукции: Методические указания к выполнению лабораторных работ. – Минск: БНТУ, 1990.

11. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2013. – Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа: 09.11.2014.

12. Мин-во сельского хоз-ва и прод. Респ. Беларусь [Электронный ресурс] / Мин-во сельск.хоз-ва и прод. Респ. Беларусь. – Минск, 2014. Режим доступа: <http://mshp.minsk.by>. – Дата доступа: 09.11.2014.