

УДК 662.756.3(477)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ МАСЛИЧНОГО ЛЬНА В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ

Светлана ЯГЕЛЮК, Владимир ДИДУХ, Валентина ТКАЧУК

Луцкий национальный технический университет

Abstract. The article shows the results of experimental studies concerning the suitability of oil flax stems and flax shives for pressing and respectively for manufacturing fuel materials. Also, the expediency of using sapropel as a binder has been established. As a result of the study, a regression equation was obtained. It shows the dependence of the density of samples formed from shredded flax stems and shives and lake sapropel as a binder, on the compression force of starting material and on the coefficient that takes into account the content of sapropel in the material. Regression equations can be used to design equipment for manufacturing fuel materials from stems and shives of flax, which is grown in Western Polissya.

Key words: Fuel briquettes; Oil flax; Stems; Shives; Pressing.

Реферат. Определена пригодность стеблей и костры льна масличного для прессования и, соответственно, для изготовления топливных материалов. Также установлена целесообразность использования сапропеля в качестве связующего вещества. В результате исследования получена регрессионная зависимость плотности образцов, сформированных из измельченных стеблей и костры и замороженного озерного сапропеля в качестве связующего от усилия сжатия исходного материала и коэффициента, который учитывает содержание сапропеля в материале. Уравнение регрессии может быть использовано для проектирования оборудования по изготовлению топливных материалов из стеблей и костры масличного льна, выращенного в природно-климатических условиях Западного Полесья.

Ключевые слова: Топливные брикеты; Лен масличный; Стебли; Костра; Прессование.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с увеличением посевов масличного льна на территории Западного Полесья в Украине возникла необходимость исследования направлений эффективного использования и экологической утилизации стеблевой части урожая. Утилизация должна осуществляться в соответствии с нормами Европейского экологического законодательства. Для выращивания льна регион Западного Полесья Украины имеет очень благоприятные условия. Проведенные в последние годы исследования на базе Луцкого национального технического университета показывают, что в данных природно-климатических условиях можно получать высокий урожай семенной и стеблевой части масличного льна. В отдельные годы высота стеблей достигает 100 см и более (Онюх, Ю.М. и др. 2017; Сай, В.А. 2011; Ягелюк, С.В. и др. 2018; Дідух, В.Ф. и др. 2017). Получить пригодное текстильное волокно из большого количества стеблей масличного льна очень сложно. С другой стороны, масличный лен по сравнению с льном-долгунцом имеет свои специфические особенности, которые влияют на процессы сбора и переработки, а именно отделение волокна, его использование, а также использование остатков переработки соломы (костры) (Ягелюк, С.В. и др. 2018). Во время уборки масличного льна современным зерноуборочным комбайном на поле остаются валки солоистой массы, имеющие значительные размеры и, как следствие, долго не превращающиеся путем росистой мочки в тресту. Как результат, производители вынуждены сжигать стебельную часть и тем самым вредить экологии (Чурсіна, Л.А. 2011).

При научном подходе масличный лен считается культурой безотходного производства, а применение передовых методов хозяйствования позволяет сделать его прибыльным (Чурсіна, Л.А. 2011; Ягелюк, С.В. 2017; Mc Keon, T. et al. 2016).

Стебли льна и отходы переработки соломы (костра) могут быть использованы для изготовления строительных и мебельных плит, топлива (брикеты, пеллеты), гранулированных удобрений. Основные показатели, определяющие направление использования урожая масличного льна: содержание масел в семенах - до 45%; содержание луба (волокна) - до 23%; высота растения - не менее 75 см. Исходя из сказанного выше, исследование возможности использования стебельной части масличного льна, выращенного в природно-климатических условиях Западного Полесья для изготовления топливных материалов, является актуальной задачей и имеет практическое значение,

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для изготовления топливных материалов из растительного сельскохозяйственного сырья лучше использовать технологии и технические средства для получения брикетов. Технология производства топливных брикетов состоит в прессовании шнеком отходов аграрного производства и мелко измельченных отходов древесины (опилок) под высоким давлением, а в ряде случаев и при нагревании от 250 до 350 °С. Получаемые топливные брикеты не включают в себя никаких связующих веществ, кроме одного натурального - лигнина, содержащегося в клетках растительных отходов. При использовании агросырья возможно добавление связующего (ДСТУ-П CEN/TS 15210-2:2009).

Для исследования процесса сжатия измельченной стеблевой части масличного льна и измельченной костры, полученной в результате отделения короткого неориентированного волокна, была разработана опытная установка, которая изображена на рис.1 (Дідух, В.Ф. и др. 2015). Экспериментальная установка состоит из сварной рамы 1, в которой размещена прессовочная камера 2 с измерителем давления. Материал, который прессуется, размещают в матрице 6, ее температуру можно изменять путем нагрева внешней поверхности электрической спирали с регулятором температуры 4. Контроль за температурой внутренней поверхности матрицы осуществляется термопарой, которую соединяют с прибором 7. Жесткость конструкции обеспечивается упором 5 и пластиной жесткости 9.

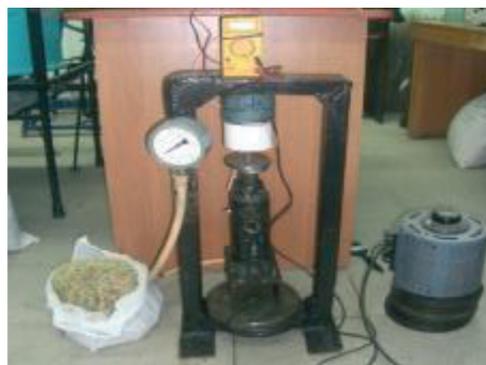
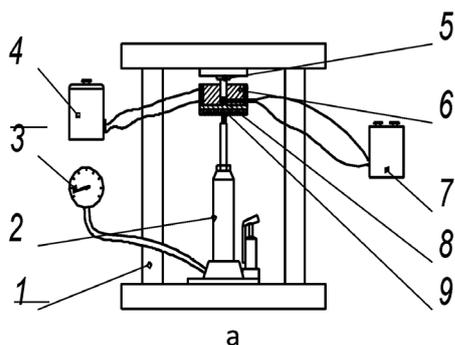


Рис. 1. Оборудование для формирования материала методом сжатия: а) - Схема опытной установки: 1 - рама; 2 - гидравлический домкрат; 3 - измеритель давления; 4 - регулятор температуры нагрева матрицы; 5 - упор; 6 - матрица 7 - прибор измерения температуры матрицы; 8 - пуансон; 9 - пластина жесткости б) - общий вид опытной установки

Для исследования брали стебельную измельченную часть масличного льна со степенью измельчения 20% и относительной влажностью материала 15%. Одним из путей снижения энергетических затрат во время прессования материалов является добавление связующего, которое заполняло бы пустоты и укрепляло готовую продукцию. В качестве связующего использовали озерный сапрпель. При этом озерный сапрпель в естественном состоянии имеет влажность 83%. Соответственно для его применения необходимо предусматривать технологическую операцию сушки. В противном случае такой сапрпель необходимо обезвоживать естественными способами: радиационной сушкой или промораживанием. Как показали результаты опытов по изготовлению топливных материалов с включением связующего, его содержание не должно превышать 10% от общей массы материала. Поэтому для изготовления топливных брикетов использовали замороженный озерный сапрпель влажностью 13%. Оценка формирования топливных материалов проводилась через 7 суток после сбора урожая с выдержкой при комнатной температуре. Определение пригодности стеблей масличного льна для изготовления топливных материалов осуществлялось на основе результатов экспериментальных исследований зависимости плотности стебельной массы в топливном материале от силы сжатия и содержания сапрпеля. Исследования проводились по плану двухфакторного эксперимента Бокса-Бенкена

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Максимальная механизация процесса изготовления топливных материалов связана с высокими давлениями и созданием условий для формирования внешней поверхности различных по форме и размерам кусковых частей, чтобы обеспечить сохранность потребительских свойств в течение необходимого времени.

В таком случае лучше применять устройства с винтовыми рабочими органами. Они должны быть непрерывного действия. С учетом особенностей стебля масличного льна как объекта прессования (наличие остатков волокна, высокая чувствительность к перегреву, неравномерность частиц измельченного материала и, как следствие, затрудненное перемещение его вращающимися рабочими элементами транспортирующих устройств), а также учитывая недостатки существующих типов прессовочных средств, применяемых для изготовления топливных материалов, делаем вывод, что применение связующего компонента формирования измельченных частиц стеблей масличного льна является целесообразным. Целесообразно также применение конического шнека для подачи материала в прессовальную матрицу в которой за счет происходящих процессов, поднимается температура.

Важно также отметить, что и длина измельченных частиц стебля является важным параметром при проведении опытов с использованием связующего. Уменьшение длины резки до 5 мм, улучшает прочность сформированного брикета. Необходимо также учесть состав органической части стеблевой массы. В связи с тем, что в данных исследованиях, основной составляющей соломистой массы является стебли масличного льна, то важно также проследить вариант формирования массы стеблей с наличием волокна и чистой костры (Дидух, В.Ф. и др. 2017).

Таким образом, данное направление требует дальнейших исследований с использованием вышеприведенных данных на предложенной установке.

Исследование проводилось на установке, изображенной на рис. 1. Исследовалось влияние на плотность топливных материалов таких факторов: усилие сжатия топливных материалов P , МПа; коэффициент, учитывающий содержание замороженного сапропеля в общей массе исходного материала, k . При составлении уровней варьирования факторов учитывали результаты предыдущих исследований и информацию, полученную из литературных источников. Выбирали и кодировали три уровня для каждого фактора: верхнего (+1), основного (0) и нижнего (-1) (табл. 1)

Таблица 1. Факторы и уровни варьирования

Уровни варьирования	Факторы	
	Усилие сжатия материала P , МПа	Коэффициент учета содержания сапропеля, k
Верхний (+1)	10	1,6
Основной (0)	7,5	1,3
Нижний (-1)	5,0	1,0
Интервал	2,5	0,3

Обработка данных результатов двухфакторного эксперимента с трехуровневым планом второго порядка с помощью программы, созданной в Mathcad, позволила получить уравнения регрессии, которое выражает зависимость плотности топливных материалов, сформированных на основе измельченных стеблей и костры масличного льна от давления и количества связующего в виде замороженного озерного сапропеля. Уравнение регрессии с факторами в натуральном виде имеет вид:

$$Y = -382,027 + 39,5P + 770,28k \quad (1)$$

На основании уравнения регрессии (1) была построена поверхность отклика (рис. 2)

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что оба фактора имеют существенное влияние на обеспечение необходимой плотности образца на основе измельченных стеблей и костры масличного льна. Общий вид изготовленных образцов представлен на рис. 3.

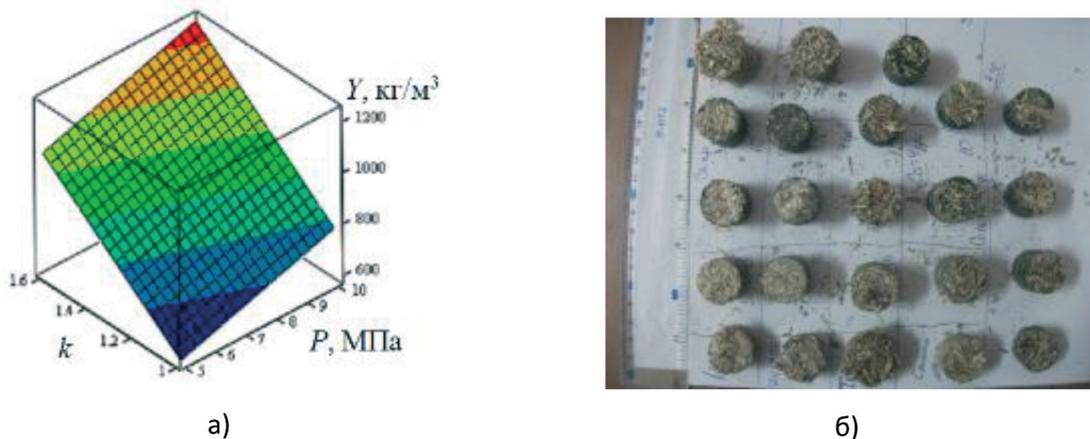


Рис. 2. Результаты экспериментальных исследований:

а) поверхность отклика, которая характеризует плотность образцов, сформированных из костры льна масличного и замороженного озерного сапропеля в качестве связующего в зависимости от усилия сжатия P , МПа и коэффициента k , учитывающего содержание в материале сапропеля; б) изготовленные образцы топливных материалов.

ВЫВОДЫ

Технологии производства льна масличного, выращенного в условиях Западного Полесья несовершенны и нуждаются в модернизации операций переработки стеблевой части урожая с учетом экологических требований и потребностей в альтернативных видах топлива. На основе проведенных экспериментальных исследований установлено, что масличный лен, выращенный в условиях Западного Полесья имеет свои особенности, которые нужно учитывать при переработке (наличие остатков волокна, высокая чувствительность к перегреву, неравномерность частиц измельченного материала и, как следствие, затрудненное перемещение его вращающимися рабочими элементами транспортирующих устройств).

Определена пригодность измельченных стеблей и отходов переработки льна масличного (костры) для прессования и, соответственно, для изготовления топливных материалов. Также установлена целесообразность использования сапропеля в качестве связующего вещества.

В результате исследования получена регрессионная зависимость плотности образцов, сформированных из измельченных стеблей и костры масличного льна и замороженного озерного сапропеля в качестве связующего от усилия сжатия исходного материала и коэффициента, который учитывает содержание сапропеля в материале. Уравнение регрессии может быть использовано для проектирования оборудования по изготовлению топливных материалов из стеблей и костры масличного льна, выращенного в природно-климатических условиях Западного Полесья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ДСТУ-П СЕН/ТС 15210-2:2009. Технічні умови. Паливо з відходів деревини, сільськогосподарських культур гранульоване та брикетоване.
2. ДІДУХ, В.Ф., ДУЦЬ, І.З., ЯГЕЛЮК, С.В. і др. (2017). Технологія переробки стеблової маси льону олійного, отриманої в умовах Західного Полісся. У: Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. Луцьк. Вип. 38, с. 55-60.
3. ДІДУХ, В.Ф., КІРЧУК, Р.В., ОНЮХ, Ю.М., ЯГЕЛЮК, С.В. (2017). Пристрій для розмотування та подрібнення луб'яної сировини: патент на корисну модель № 121747; опуб. 11.12. 2017, бюл. № 23.
4. ДІДУХ, В.Ф., ТОМ'ЮК, В.В., ЧУЧМАН, В.І. (2015). Лабораторно експериментальна установка для виготовлення паливних брикетів. У: Вчені Львівського національного аграрного університету виробництву: Каталог інноваційних розробок. Вип. XV. Львів : Львівський національний аграрний університет, с. 46. Режим доступу: http://www.lnau.edu.ua/lnau/attachments/110_Katalog_2015.pdf
5. ОНЮХ, Ю.М., ЛАЛАК, Юстіна (2017). Виробництво льону олійного на території Західного регіону України. У: Проблеми, якості, стандартизації, сертифікації та метрологічного забезпечення: тези МНПК, 18-20.09.2017, Херсон, с. 65-69.

6. САЙ, В.А. (2011). [Удосконалення технології збирання і первинної переробки стеблової частини льону олійного](#): дис. ...канд. техн. наук: 05.18.01. Луцьк. 194 с.
7. ЧУРСІНА, Л.А., ТІХОСОВА, Г.А., ГОРАЧ, О.О., ЯНЮК, Т.І. (2011). Наукові основи комплексної переробки стебел та насіння льону олійного. Херсон: Олді-плюс. 356 с.
8. ЯГЕЛЮК, С.В., ДІДУХ, В.Ф., ОНЮХ, Ю.М. (2018). Оцінка якості волокна зі стебел льону олійного, вирощеного в умовах Західного Полісся. У: Товарознавчий вісник: збірник наукових праць, вип. 11. Луцьк: ЛНТУ, с. 167-173.
9. ЯГЕЛЮК, С.В. (2017). Напрямки підвищення ефективності переробки луб'яних культур, районуваних у Західному Поліссі. У: Проблеми та перспективи розвитку технічного регулювання у сферах виробництва, послуг і торгівлі згідно з вимогами ЄС: матеріали міжн. наук.-прак. конф., (6-8 вересня 2017 р.), Херсон, с. 80-82.
10. Mc KEON, T., HAYES, D., HILDEBRAND, D., WESELAKE, R. (2016). Industrial oil crops. 474 p. ISBN 978-1893997-98-1. Режим доступу: www.elsevier.com/books/industrial-oil-crops/mckeon/978-1-893997-98-1

Data prezentării articolului: 01.10.2018

Data acceptării articolului: 23.11.2018