

УДК 622.331.002.5

Яблонев Александр Львович, д.т.н., доцент, **Гусева Анна Михайловна**, старший преподаватель

Тверской государственный технический университет, 170035, Россия, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22

E-mail: alvovich@mail.ru

МЕТОДИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ КУСКОВОГО ТОРФА

Аннотация: Актуальность работы обусловлена необходимостью оперативного контроля качества кускового торфа, производимого в полевых условиях, что позволит своевременно вносить необходимые изменения в конструкцию добычных машин и режим их работы. Одним из самых важных показателей качества кускового торфа является его прочность на изгиб. Целью работы является создание механического стенда для контроля прочности кускового торфа и отработка методики его применения на практике. Для осуществления поставленной цели применялись теоретические и экспериментальные методы исследования с разработкой и изготовлением стенда, лабораторным производством кускового торфа и определением прочности куска. В результате работы была разработана методика использования стенда, получены данные о влиянии скорости вращения формующего шнека на прочность и обоснованы параметры рационального режима работы шнекового пресса фрезформовочных и стилочных машин. В отличие от оборудования с гидроприводом, рассмотренный в работе стенд обладает большей чувствительностью, меньшей металлоемкостью и себестоимостью, а оснащение его современным цифровым динамометром способствует большей информативности. Применение на практике такого оборудования позволит организовать рациональный режим работы машин для производства кускового торфа.

Ключевые слова: кусковой торф, шнековый пресс, плотность, прочность на изгиб, разрушение, деформация, цифровой динамометр, стенд, испытания.

Информация о статье: принята 01 декабря 2018 г.

DOI: 10.26730/1816-4528-2018-6-26-33

Добыча кускового торфа как за рубежом (Финляндия, Ирландия и др.) [1], так и в России направлена на удовлетворение потребностей объектов коммунально-бытового сектора и населения в местном твердом топливе. Появление на рынке новых видов фрезформовочных и стилочных машин для производства куска способствует решению этой проблемы [2]. Работы, выполненные в конце 50-х и начале 60-х годов XX века, показывают, что при определенных условиях такой вид топлива может внести свой вклад в развитие северных территорий России и побережья Северного Ледовитого океана [3, 4]. Однако достижение высокого качества кускового торфа связано с систематическим контролем получаемой продукции и внесением своевременных изменений в производственные режимы вышеуказанных машин [5] для исключения потерь торфа [6].

На сегодняшний день известно два способа оценки качества формованной торфяной продукции:

– определение механической прочности кускового торфа или брикета путем испытания во вращающемся барабане по крошимости кусков, определяющей, соответственно, относительную механическую прочность;

– испытание формованного торфа на изгиб на гидравлическом прессе [7].

Учитывая то обстоятельство, что большинство операций по производству кускового торфа после его формования (ворочка, валкование, переукладка валков, уборка) связано с изгибными деформациями куска, представляется логичным, что испытания на изгиб являются более информативными. Использование гидравлического пресса не позволяет исключить из испытаний на прочность динамические нагрузки, неизбежно возникающие в случае его ручного привода, и регулирование скорости движения штока гидроцилиндра (для предотвращения удара) в случае его гидропривода. Кроме того, оценка разрушающей нагрузки по давлению жидкости в системе обладает элементом инерционности, что также не способствует точному определению параметров.

С целью минимизации вышеуказанных факторов и обеспечения возможности оперативного контроля качества продукции разработана конструкция стенда для испытания образцов на прочность с ручным многоступенчатым приводом, преобразующим вращательное движение штурвала в поступательное конического наконечника (рис. 1).

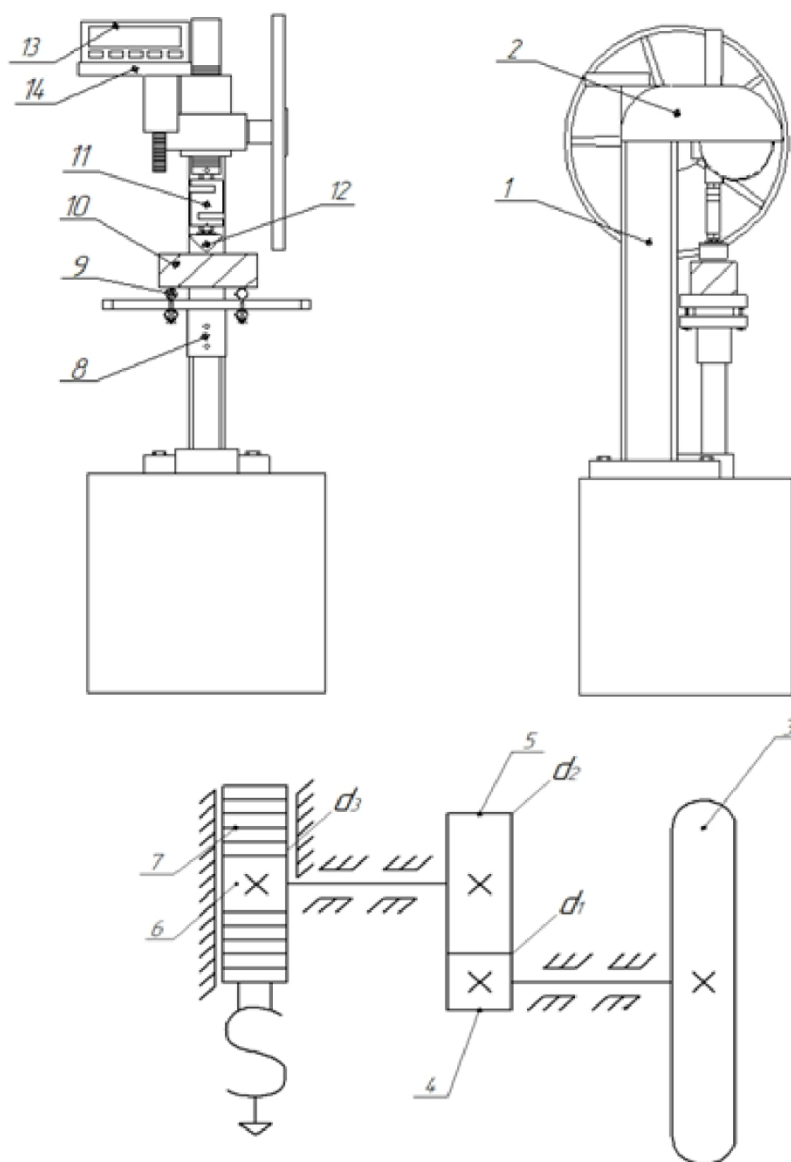


Рис. 1. Устройство и кинематическая схема стэнда для создания разрушающей нагрузки и контроля изгибной прочности формованной торфяной продукции

Fig. 1. Device and mechanical scheme of the bench to create the breaking load and to control flexural strength of molded peat products

Стэнд для измерения разрушающей нагрузки включает станину 1, кожух 2, закрывающий механический привод, включающий штурвал 3 диаметром 430 мм, соединенный через шестерню 4, зубчатое колесо 5 и шестерню 6 с вертикально расположенной зубчатой рейкой 7, стол 8 с установочными опорами 9 для крепления испытываемого образца 10, а также узел измерения разрушающей нагрузки. Узел измерения разрушающей нагрузки выполнен в виде тензометрической S-образной скобы 11 с коническим наконечником 12 и закреплен на зубчатой рейке 7. Тензометрическая скоба 11 соединена с цифровым динамометром ДОУ-3-ИИ 13, установленным на столе 14 и имеющим верхний предел измерений 1 кН.

Стэнд работает следующим образом. Испытываемый образец брикета или кускового торфа 10 располагают на установочные опоры 9 столика 8 и вращают штурвал 3, приводящий в движение механический привод, в результате которого перемещается зубчатая рейка 7 с установленной на ней тензометрической скобой 11 и коническим наконечником 12. В результате конический наконечник 12 внедряется в испытываемый образец 10 и происходит деформирование тензометрической скобы 11. При этом электрический сигнал поступает от тензометрической скобы 11 в цифровой динамометр по кабелю. Цифровой динамометр 13 работает в двух режимах: дискретной фиксации нагрузки и фиксации максимального усилия. При втором варианте цифровой динамометр 13 запоминает максимальную нагрузку, действующую на конический наконечник 12 при разрушении образца, и отражает его на цифровом дисплее.

Конструкция механического привода с многоступенчатым зубчатым зацеплением позволяет обеспечить плавное создание разрушающей нагрузки с коэффициентом усиления до 500, в результате чего снижается необходимость приложения больших усилий к штурвалу. Таким образом, при ручном воздействии на обечайку штурвала с силой 10 Н разрушающая нагрузка, создаваемая устройством, составляет около 5000 Н.

Выполнение установочных опор регулирующимися позволяет проводить испытания образцов различной формы и размеров, длиной испытываемой части от 75 до 300 мм, а шириной и высотой от 1 до 130 мм. Выполнение поверхности базировочных установочных опор и конического наконечника в виде поверхностей с радиусом постоянной кривизны предотвращает развитие трещин в образце, снижает риск скалывания и развития трещин, а следовательно, повышает качество получаемых результатов.

Силовая схема создания нагрузки стендом и эпюра изгибающих моментов представлены на рис. 2.

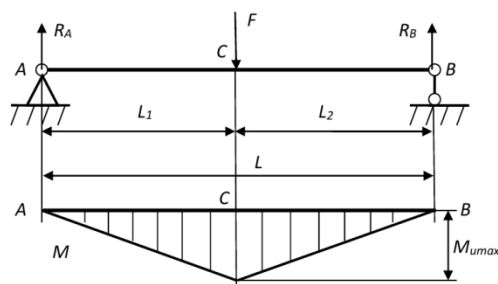


Рис. 2. Силовая схема создания нагрузки и эпюра изгибающих моментов

Fig. 2. Force diagram for load generation and bending moment diagram

Приложенная в центре испытываемого на изгиб образца нагрузка F (Н) вызывает равные реакции установочных опор при условии равенства расстояний L_1 и L_2 (м):

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} F. \quad (1)$$

Изгибающий момент (Н·м), действующий по всей длине образца, имеет максимальное значение в точке C (точке приложения нагрузки) и определяется по формуле:

$$M_{\max} = R_A \frac{L}{2} = \frac{1}{2} F \frac{L}{2} = \frac{FL}{4}. \quad (2)$$

Прочность образца на изгиб (Па) в наиболее нагруженной точке может быть определена как отношение максимального изгибающего момента, действующего в сечении, к моменту сопротивления образца изгибу W_x (м³):

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{M_{\max}}{W_x}. \quad (3)$$

Зная, что момент сопротивления круглого образца определяется по зависимости

$$W_{\text{хкр}} = \frac{\pi d^3}{32}, \quad (4)$$

где d – наружный диаметр образца (м),

а момент сопротивления прямоугольного образца определяется по зависимости

$$W_{\text{хпр}} = \frac{bh^2}{6}, \quad (5)$$

где b и h – ширина и высота сечения образца (м) соответственно, можно получить конечные формулы для вычисления изгибающих напряжений $\sigma_{\text{икр}}$ и $\sigma_{\text{ипр}}$ соответственно для круглых и прямоугольных образцов формованной торфяной продукции с учетом зависимостей (2 и 3):

$$\sigma_{\text{икр}} = \frac{8FL}{\pi d^3}, \quad (6)$$

$$\sigma_{\text{ипр}} = \frac{1,5FL}{bh^2}. \quad (7)$$

Формулы (6) и (7) при испытании образцов на изгиб учитывают и расстояние между установочными опорами (L), и форму сечения кускового торфа или брикета.

Таким образом, для испытания образцов формованной торфяной продукции на прочность с помощью описанного выше стенда следует: измерить геометрические характеристики сечения испытываемого образца; выставить необходимое расстояние между установочными опорами; включить цифровой динамометр, дав ему прогреться, в течение 10 мин обнулить показания и перевести в режим фиксации максимального значения разрушающей

нагрузки; поместить на установочные опоры стенда испытываемый образец; штурвалом подвести конический наконечник стенда к образцу; медленно вращая штурвал, довести нагрузку до максимального значения, при которой образец разрушается; занести в журнал наблюдений зафиксированное на цифровом динамометре значение максимальной нагрузки F ; определить по формулам (6) или (7) прочность образца; эксперимент повторить 5-6 раз на однотипных образцах для достижения корректности результатов.

С целью определения рациональных режимов работы формующих устройств машин для производства кускового торфа был проведен эксперимент по оценке энергоемкости формования предварительно диспергированного верхового торфа степенью разложения 25–30 % [8, 9] со средним содержанием влаги 83,44 %, находящемся в диапазоне оптимального содержания влаги для формования (82–84 %) [10] на различных режимах с помощью лабораторного шнекового пресса (рис. 3).



Рис. 3. Формование кускового торфа на лабораторном шнековом прессе

Fig. 3. Sod peat forming at the laboratory screw press

В ходе эксперимента изменялась скорость вращения шнека (от 55,81 до 429,86 об/мин), диаметры формующих мундштуков (52, 60 и 92 мм), шаг витков шнека (50 и 110 мм). Энергоемкость оценивалась как отношение полезной мощности к производительности. После проведенных расчетов и их анализа с отсевом промахов были получены графические зависимости энергоемкости от частоты вращения шнека при различных установленных мундштуках диаметром d_m и шнеках с шагом витком S (рис. 4, 5).

Анализ рис. 4 и 5 показывает, что для всех исследованных режимов существует минимум энергоемкости при формовании, приходящийся на область

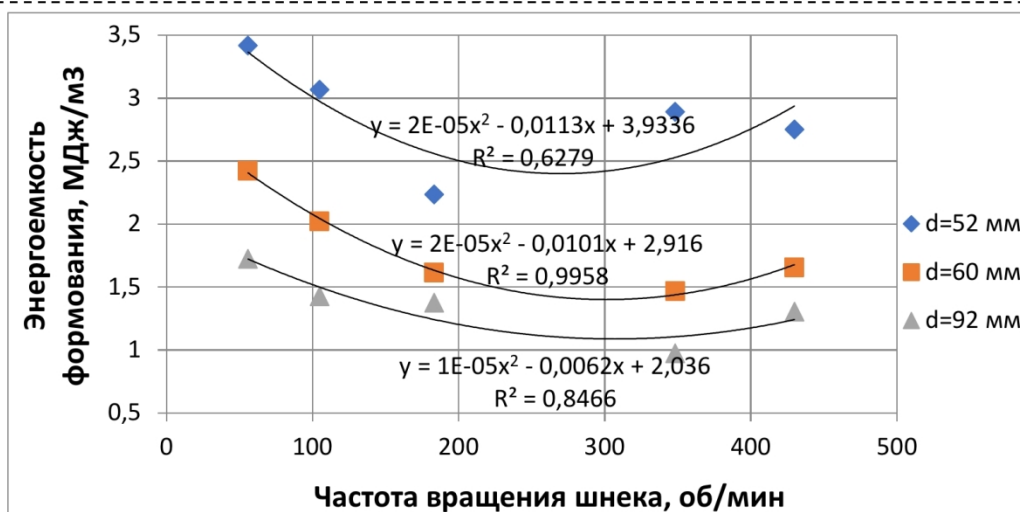


Рис. 4. Зависимость энергоемкости формования от частоты вращения шнека с шагом витков $S = 110$ мм

Fig. 4. The dependence of the energy intensity upon the screw rotation speed with the pitch $S = 110$ mm

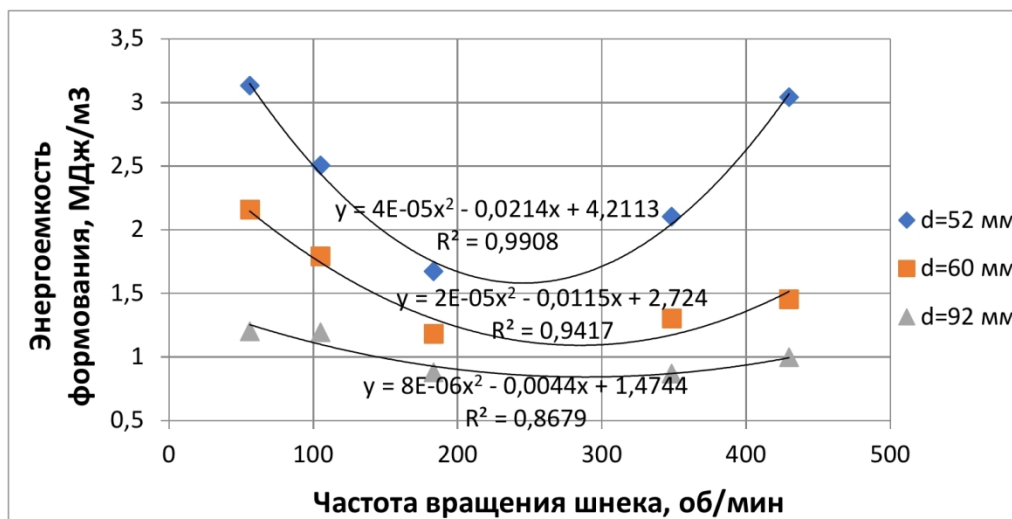


Рис. 5. Зависимость энергоемкости формования от частоты вращения шнека с шагом витков $S = 50$ мм

Fig. 5. The dependence of the energy intensity upon the screw rotation speed with the pitch $S = 50$ mm

220–320 об/мин шнека, который можно объяснить следующим. Энергоемкость – это не затраченная энергия, а отношение полезной мощности к производительности, т. е. удельная характеристика. Интенсивность роста производительности выше, чем интенсивность роста мощности, необходимой для производства куска до определенной частоты вращения шнека. Выше этой частоты начинается неустановившееся движение материала (частицы материала прекращают двигаться только в осевом направлении и все больше начинают вращаться вместе со шнеком), что приводит к изменению интенсивностей роста производительности и необходимой мощности, в результате повышается энергоемкость. Во всех проведенных опытах энергоемкость процесса изменялась от 0,88 до 3,42 МДж/м³.

Среди прочих способов управления энергоемкостью в производственном процессе проще изменять количество и размеры мундштуков. Учитывая тот факт, что давление создается шнеком еще в напорной части трубы и продолжается в мундштуке,

испытывая противодействие, для описания степени уплотнения торфа в иных условиях и использования метода геометрического подобия предлагается ввести понятие «коэффициент напора» k_n , который представляет собой отношение площадей живых сечений напорной трубы и мундштука:

$$k_n = \frac{D^2 - d_{вн}^2}{d_m^2}, \quad (8)$$

где D – внутренний диаметр напорной трубы; $d_{вн}$ – наружный диаметр трубы, являющейся основой для спирали шнека; d_m – диаметр мундштука.

В исследовании применялся шнековый пресс с параметрами $D = 102$ мм, $d_{вн} = 49$ мм. В этом случае коэффициенты напора k_n составили для мундштуков диаметром 52, 60 и 92 мм соответственно 2,96, 2,22 и 0,95.

Известно, что кусковой торф набирает максимальную прочность при содержании влаги в интервале 20–30 % (4–6 МПа) [11]. Поэтому после формования на различных режимах куски торфа были разложены в специальные кюветы и подвергнуты

сушке в мягком режиме ($t=17-21^{\circ}\text{C}$, $W=81-85\%$) на протяжении 25 суток до достижения среднего равновесного содержания влаги $w = 23,12\%$. Затем была определена прочность кусков на разработанном стенде по приведенной выше методике (рис. 6).



Рис. 6. Испытание на изгибную прочность образцов кускового торфа круглого сечения
Fig. 6. Test of bending strength of sod peat samples of circular cross-section

Полученные в ходе обработки данных логарифмические кривые (рис. 7, 8) подтверждают положение о линейной зависимости плотности и прочности [12, 13], так как форма кривых зависимости плотности от частоты вращения шнека аналогичная.

Поскольку минимальная энергоёмкость формования наблюдается при скорости вращения шнека 220–320 об/мин, для скорости 270 об/мин построен график зависимости прочности кускового торфа от энергоёмкости формования (рис. 9).

Как следует из полученной зависимости, интенсивность роста прочности куска при увеличении энергоёмкости падает при изменении k_n от 2,22 до 2,96, поэтому формование при коэффициенте напора $k_n=2,22$ можно считать рациональным режимом.

Максимальная прочность сформованных кусков ствует большей частоте вращения и меньшему шагу витков шнека. Очевидно, что меньшая энергоёмкость и бóльшая прочность кусков, достигаемая при использовании шнека с шагом витков 50 мм, обеспечивает работу машины в более рациональном режиме. Следовательно, шаг витков шнека должен быть близок к половине наружного диаметра шнека.

Полученные результаты по оценке прочности кускового торфа согласуются с известными ранее данными [11], но достигнуты с меньшими затратами, поскольку при испытании применялось ручное механическое оборудование. При этом закругленные края испытательного узла стенда обеспечивали при испытаниях разрушение при «чистом» изгибе, а не изгибе со скалыванием через образование трещин. Последнее является чрезвычайно важным обстоятельством, т. к. позволяет создавать режимы нагружения, близкие к существующим в реальных условиях [14].

Проектирование и использование фрезформовочных и стилочных машин в рациональных режимах позволит снизить потери торфа при реализации технологии его добычи [6, 15] и уменьшить удельные энергозатраты с сохранением прочности куска.

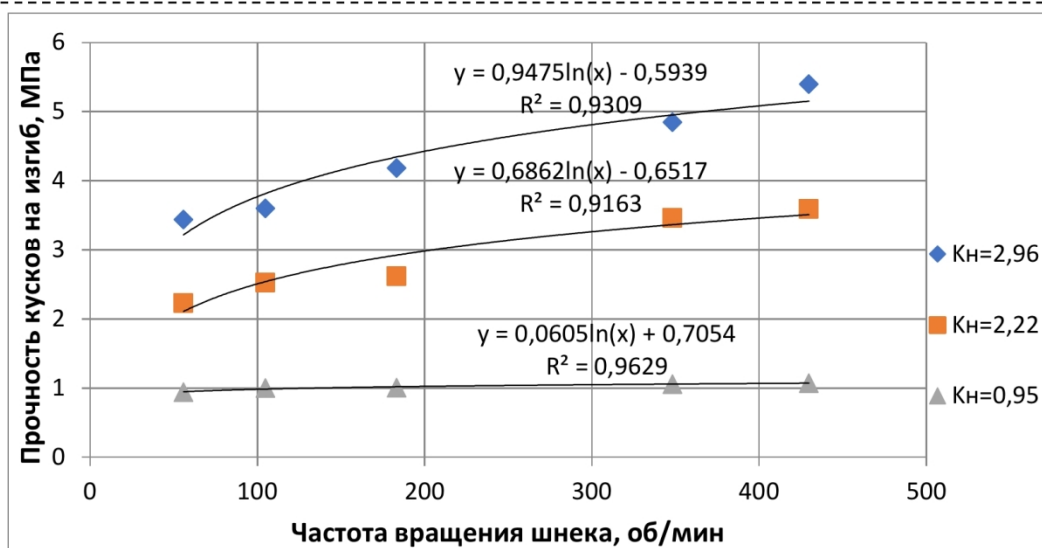


Рис. 7. Зависимость изгибной прочности кускового торфа от частоты вращения шнека при формовании шнековым прессом с шагом витков $S = 110$ мм

Fig. 7. Dependence of sod peat flexural strength on the screw rotational speed at forming by screw press with the pitch $S = 110$ mm

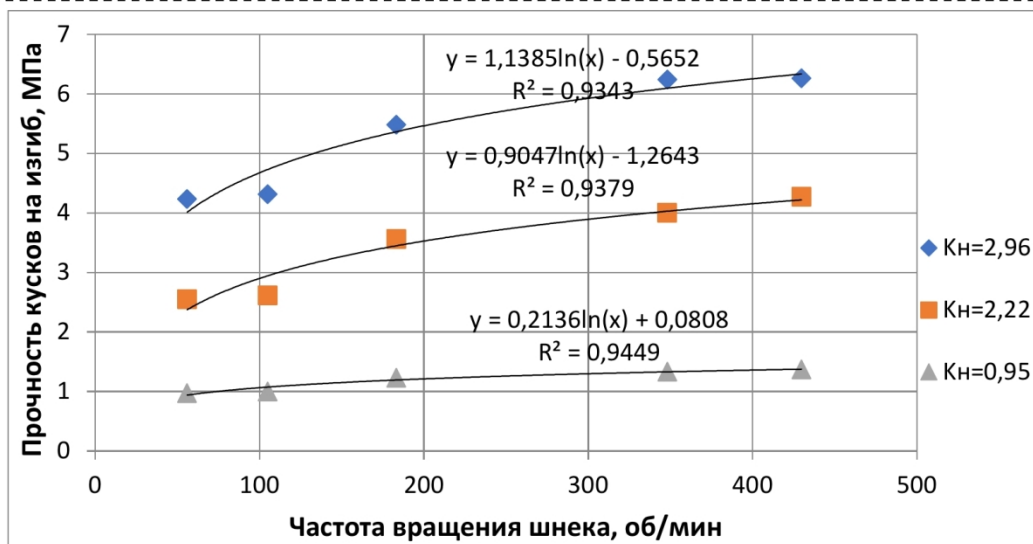


Рис. 8. Зависимость изгибной прочности кускового торфа от частоты вращения шнека при формировании шнековым прессом с шагом витков $S = 50$ мм

Fig. 8. Dependence of sod peat flexural strength on the screw rotational speed at forming by screw press with the pitch $S = 50$ mm

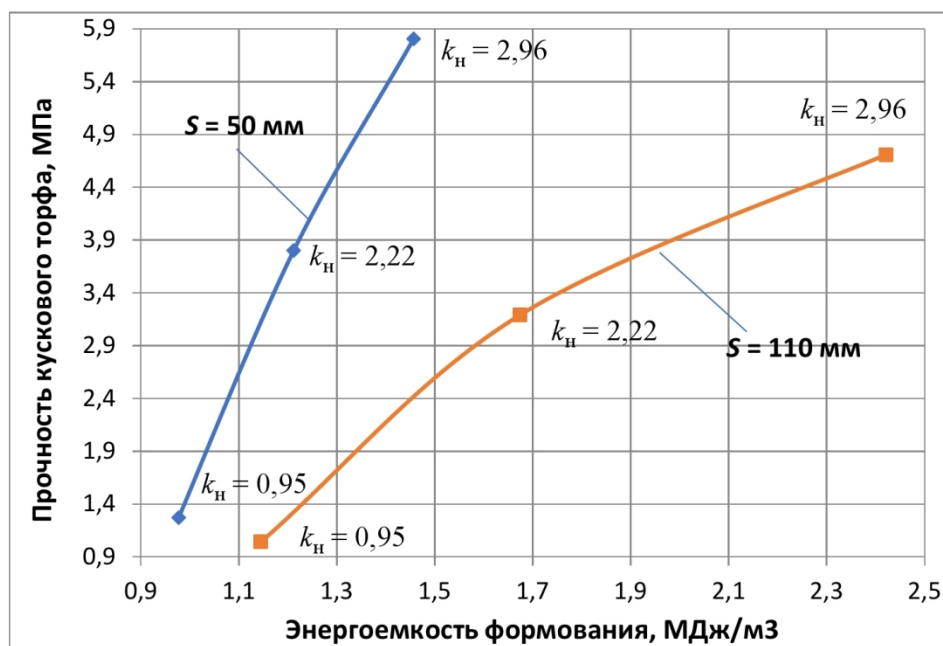


Рис. 9. Зависимость прочности на изгиб высушенного кускового торфа от энергоемкости формирования для рациональных условий $n = 270$ об/мин

Fig. 9. Dependence of bending strength of dried sod peat on forming intensity for rational conditions $n = 270$ RPM

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Misnikov, O.S. Basic Technologies and Equipment Used for Peat Deposits Development in Foreign Countries // E3S Web of Conferences «III nd International Innovative Mining Symposium». Vol. 41. 2018. P. 01046. DOI: 10.1051/e3sconf/20184101046
2. Яблонев, А.Л. Проектирование торфодобывающих предприятий. Тверь: ТвГТУ, 2016. – 168 с.
3. Евсеев, В.Н. Добыча торфяного топлива на крайнем севере / В.Н. Евсеев, Г.И. Кужман, А.А. Соколов. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1960. – 48 с.

4. Яблонев, А.Л. Добыча и использование кускового торфяного топлива для арктических условий / А.Л. Яблонев, А.М. Гусева, Н.М. Жуков // Труды Инсторфа. – 2018. – № 17(70). – С. 46–49.
5. Мисников, О.С. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Добыча кускового торфа и сапропеля // О.С. Мисников, В.А. Беляков, О.В. Шамбер. Тверь: ТГТУ, 2008. – 160 с.
6. Kremcheev, E.A. Technological Approaches to Reducing the Loss of Peat Raw Materials in Fields with Hydrological Regime / E.A. Kremcheev, D.A. Kremcheeva // Indian Journal of Science and Technology. – 2016. – Vol. 9. – № 12. – p. 89525.

7. Семенский, Е.П. Технический анализ торфа. – М.: Недра, 1966. – 232 с.
8. Михайлов, А.В. Требования к торфяному сырью для производства окискованного топлива / А.В. Михайлов, А.В. Большунов, Э.А. Кремчеев, К.В. Епифанцев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – № 4. – С. 59–63.
9. Зюзин, Б.Ф. О влиянии физико-механических свойств исходного торфа на процесс механического диспергирования / Б.Ф. Зюзин, Д.С. Фомин // Труды Инсторфа. – 2013. – № 7(60). – С. 49–52.
10. Горячев, В.И. Выбор прессы для обезвоживания торфа в технологии фракционирования торфяного сырья гидроразрывом / В.И. Горячев, И.И. Михеев, А.Л. Яблонев, К.В. Фомин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № S38. – С. 22–30. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-7-38-22-30.
11. Справочник по торфу / А.В. Лазарев [и др.] – М.: Недра, 1982. – 760 с.

12. Гамаюнов, Н.И. Усадка и прочность формованного торфа // Н.И. Гамаюнов, С.Н. Гамаюнов // Проблемы природопользования и инженерной экологии: сб. тр. ученых и преподавателей факультета природопользования и инженерной экологии ТГТУ / ТГТУ. – Тверь, 2007. – С. 73–84.
13. Singh, R.K. Analysis of Separation Response of Kelsey Centrifugal Jig in Processing Fine Coal / R.K. Singh, A. Das // Fuel Processing Technology. – 2013. – Vol. 115. – pp. 71–78.
14. Lamar, R. T. A New Standardized Method for Quantification of Humic and Fulvic Acids in Humic Ores and Commercial Products / R. T. Lamar, D. C. Olk, L. Mayhew, P.R. Bloom // Journal of AOAC International, 2014. – Vol. 97. – No. 3. – pp. 721–730.
15. Панов, В.В. Проблемы и перспективы развития торфяного производства в Российской Федерации / В.В. Панов, О.С. Мисников, А.В. Купорова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – № 5. – С. 105–117.

Alexander L. Yablonev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, **Anna M. Guseva**, Senior Lecturer

Tver State Technical University, 22 Afanasy Nikitin emb., Tver, 170035, Russian Federation

TECHNIQUE AND EQUIPMENT FOR TESTING THE STRENGTH OF SOD PEAT

Abstract: The relevance of the work is due to the need to control quality of sod peat produced in field conditions. This allows us to make timely any necessary changes to the design of mining machines and their mode of operation. One of the most important indicators of the quality of sod peat is its resistance to bending. The aim of the work is to create mechanical bench to control the sod peat flexural strength and to develop the methods of its application in practice. To achieve the objective, theoretical and experimental research methods were applied in development and manufacturing of the bench, the laboratory production of peat and the determination of sod peat flexural strength. As a result, the technique of using the bench was developed, the information about the impact of the speed rotation of the moulding screw on the bending strength was obtained, and the operating mode parameters were substantiated for the screw press of milling-forming and peat spreader machines. Unlike hydraulic equipment, the bench described in the work has greater sensitivity, it is less metal and cost consuming, and its equipping with modern digital dynamometer contributes to greater informativeness. Practical application of the described equipment makes it possible to organize rational mode of operation for sod peat producing machines.

Keywords: sod peat, screw press, density, flexural strength, destruction, deformity, digital load cell, bench, testing.

Article info: received December 01, 2018

DOI: 10.26730/1816-4528-2018-6-26-33

REFERENCES

1. Misnikov O.S. Basic Technologies and Equipment Used for Peat Deposits Development in Foreign Countries // E3S Web of Conferences «III nd International Innovative Mining Symposium». Vol. 41. 2018. P. 01046. DOI: 10.1051/e3sconf/20184101046
2. Yablonev A.L. Proektirovanie torfodobyvayushchikh predpriyatiy [Design of Peat Extraction Enterprises]. Tver: TvGTU, 2016. 164 p. (rus)

3. Yevseev V.N. Dobicha torfyanogo topliva na kraynem severe [Extraction of Peat Fuel in the Far North] / V.N. Yevseev, G.I. Kuzhman, A.A. Sokolov. Moscow – Leningrad: Gosenergoizdat, 1960. – 48 p. (rus)

4. Yablonev A.L. Dobicha i ispolzovaniye kuskovogo torfa dlya Arkticheskikh usloviy [The Extraction and Use of Sod Peat Fuel for Arctic Conditions]. / A.L.

Yablonev, A.M. Guseva, N.M. Zhukov // Trudi Instorfa. 2018, No. 17(70). pp. 46–49. (rus)

5. Misnikov O.S. Tehnologiya i kompleksnaya mehanizatsiya otkritih gornih rabot. Dobicha kuskovogo torfa i sapropelya [Technology and Complex Mechanization of Opencast Mining. Extraction of Sod Peat and Sapropel] / O.S. Misnikov, V.A. Belyakov, O.V. Shamber. Tver: TGTU, 2008. 160 p. (rus)

6. Kremcheev E.A. Technological Approaches to Reducing the Loss of Peat Raw Materials in Fields with Hydrological Regime / E.A. Kremcheev, D.A. Kremcheeva // Indian Journal of Science and Technology. 2016. Vol. 9. № 12. p. 89525.

7. Semensky Ye.P. Tehnicheskiy analiz torfa [Technical Analysis of Peat]. Moscow: Nedra, 1966. 232 p. (rus)

8. Mikhailov A.V. Trebovaniya k torfyanomu siryu dlya proizvodstva okuskovannogo topliva [Requirements for Peat Raw Materials for the Production of Pre-sod Fuel]. / A.V. Mikhailov, A.V. Bolshunov, E.A. Kremcheev, K.V. Epifantsev // Gornyy Informatsionno-analiticheskiy Byulleten. 2012, No. 4. pp. 59–63. (rus)

9. Zuzin B.F. O vliyaniy fiziko-mekhanicheskikh svoystv ishodnogo torfa na process mekhanicheskogo dispergirovaniya [On the Impact of Physical and Mechanical Properties of the Original Peat on the Process of Mechanical Dispersion]. / B.F. Zuzin, D.S. Fomin // Trudi Instorfa. 2013, No. 7(60). pp. 49–52. (rus)

10. Goryachev V.I. Vibor pressa dlya obezvozhivaniya torfa v tehnologii fraksionirovaniya torfyanogo syrya gidrorazmivom [Select Press to

Dewater the Peat in Fractionation Technologies Peat Raw Materials by Hydroscur]. / V.I. Goryachev, I.I. Mikhchev, A.L. Yablonev, K.V. Fomin // Gornyy Informatsionno-analiticheskiy Byulleten. 2018, No. S38. pp. 22–30. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-7-38-22-30. (rus)

11. Lazarev A.V. Spravochnik po torfu [Handbook on the Peat]. / A.V. Lazarev, S.S. Korchunov [etc.]. Moscow: Nedra, 1982. 760 p. (rus)

12. Gamayunov N.I. Usadka i prochnost formovannogo torfa [Shrinkage and Durability Moulded Peat]. / N.I. Gamayunov, S.N. Gamayunov // Problems of Nature Management and Environmental Engineering: Proceedings of Scientists and Teachers of the Faculty of Environmental Sciences and Environmental Engineering TSTU. Tver: TSTU, 2007. p. 73–84. (rus)

13. Singh R.K. Analysis of Separation Response of Kelsey Centrifugal Jig in Processing Fine Coal / R.K. Singh, A. Das // Fuel Processing Technology. 2013. Vol. 115. pp. 71–78.

14. Lamar R.T. A New Standardized Method for Quantification of Humic and Fulvic Acids in Humic Ores and Commercial Products / R.T. Lamar, D. C. Olk, L. Mayhew, P.R. Bloom // Journal of AOAC International, 2014. Vol. 97. No. 3. pp. 721–730.

15. Panov V.V. Problemi i perspektivy razvitiya torfyanogo proizvodstva v Rossiyskoy Federatsii [Problems and Prospects of Development of Peat Production in the Russian Federation]. / V.V. Panov, O.S. Misnikov, A.V. Kuporova // Gornyy Informatsionno-analiticheskiy Byulleten. 2017, No. 5. pp. 105–117. (rus)

Библиографическое описание статьи

Яблонев А.Л., Гусева А.М. Методика и оборудование для испытания на прочность кускового торфа // Горное оборудование и электромеханика — 2018. — № 6 (140). — С. 26–33.

Reference to article

Yablonev A.L., Guseva A.M. Technique and equipment for testing the strength of sod peat. Mining Equipment and Electromechanics, 2018, no. 6 (140), pp. 26–33.