

Рис. 6. Зависимость поглощения влаги древесиной дуба (а) и ольхи (б) от времени и температуры пропаривания

Таким образом, наиболее подходящим режимом для древесины дуба и ольхи будет пропаривание в течение 70 минут при температуре 120 °С. При этом изменение свойств будет характеризоваться таблицей.

Изменение свойств древесины при пропаривании по оптимальному режиму

Показатель, %	Дуб	Ольха
Упругость при изгибе (снижение)	15	24
Прочность при изгибе (увеличение)	38	31
Прочность при скалывании (увеличение)	-2*	10
Твердость поперек волокон (увеличение)	-3*	7
Твердость вдоль волокон (увеличение)	-11	8
Влагопоглощение (снижение)	0	-3*

Примечания:

- 1) в скобках указано положительное изменение свойства;
- 2) знак «минус» перед числом означает ухудшение контролируемого свойства;
- 3) знаком «*» отмечены значения, попавшие в пределы допустимой погрешности измерений.

Твердость вдоль волокон древесины дуба снижается при выбранном режиме, значит при проведении механической обработки такой древесины следует защищать торцы заготовок от случайного воздействия.

УДК 674.812

И.Г. Федосенко, К.П. Сушко

(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь), Ivan.fedosenko@mail.ru

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ НЕПРЕРЫВНОГО ПРЕССОВАНИЯ ИЗ ТВЕРДЫХ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

MECHANICAL PROPERTIES OF CONTINUOUS FUEL BRIQUETTES PRESSING OF SOLID HARDWOOD

В статье изложены результаты исследований, проведенных в Учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет».

Предметом работы стало исследование механических свойств топливных брикетов непрерывного способа прессования, измельченных отходов твердых лиственных

пород. Было оценено влияние содержания лигносульфонатов, используемых в качестве добавок, на свойства брикетов.

Были получены математические выражения, которые позволили определить максимально возможное содержание лигносульфонатов в брикете без снижения его качества. Установлено, что максимальное содержание лигносульфонатной добавки не должно превышать 2,64 %.

The article presents the results of research carried out at the Belarusian State Technological University.

The subject of the work was the study of the mechanical properties of a continuous process of fuel briquettes pressing shredded waste solid hardwood. It has been estimated influence of the content of lignosulfonate, used as additives, the properties of the briquettes.

We were obtained mathematical expressions that allow to determine the maximum possible content of lignosulfonate in briquette without reducing its quality. It is found that the content of lignosulfonate additive should not exceed 2,64 %.

Топливные брикеты сегодня становятся элитным видом топлива. Их применяют для отопления при сжигании в каминах из-за малой зольности и большой теплотворной способности. Эстетические свойства брикетов брусковой формы способствуют спросу на них. Брикеты такой формы являются продукцией непрерывного прессования на прессах C.F. Nielsen, Nestro, Pini-kay. Прессование измельченных отходов древесины в брикеты возможно благодаря размягчению под воздействием повышенных температур аморфной составляющей основного древесного вещества – лигнина. В ряде случаев размягченный лигнин не способен удерживать древесные частицы вместе в достаточной мере, т.е. полученные брикеты неудовлетворительно ведут себя при эксплуатации и разрушаются на крупные части либо без образования мелкой фракции. Оплавление поверхности брикетов придает им дополнительную поверхностную прочность, однако не создает прочную матрицу внутри материала. В этих случаях для придания прочности брикетам требуется использовать сторонние связующие. Производство топливных брикетов не подразумевает использование сторонних химических связующих. Введение сторонних лигнинов позволило бы решить обе поставленные выше задачи. Так, лигносульфонаты, которые используются в качестве топлива и обладают вяжущими, клеящими и поверхностно-активными свойствами, могут обеспечить упрочнение брикетов и оставить на прежнем уровне их экологичность. Лигносульфанаты технические являются конечным продуктом переработки сульфитного щелока в целлюлозно-бумажной промышленности, который представляет собой один из отходов сульфитного способа варки древесины для получения целлюлозы.

Было проведено исследование свойств брикетов непрерывного прессования из твердых лиственных пород в зависимости от использования добавки в виде лигносульфоната натрия ЛСТП (по СТО 43508418-027-2009 и ТУ 2455-031-46289715-2000).

На прессе C.F. Nielsen были изготовлены брикеты, содержащие 0,5, 1 и 1,5 % этой добавки и без добавления связующих. Эти брикеты имели форму цилиндра диаметром 86 ± 1 мм и первоначальную длину 320 ± 10 мм.

С учетом главных эксплуатационных свойств, брикеты были испытаны на: зольность, прочность при статическом изгибе, прочность при осевом сжатии и плотность. Свойства брикетов оценивали по СТБ 2055-2010 [1] и группе стандартов ГОСТа 16483 с некоторыми изменениями.

Так, прочность при статическом изгибе определяли согласно ГОСТу 16483.3-84 [2], однако расчет предела прочности выполняли по формуле:

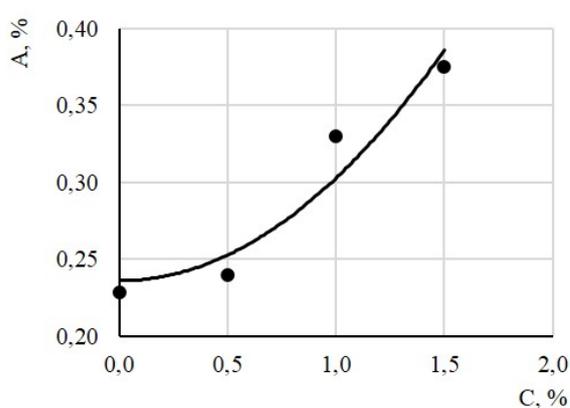
$$\sigma_w = \frac{8P_{\max}l}{\pi d^3}, \quad (1)$$

где P_{\max} – максимальная нагрузка, Н;
 l – расстояние между центрами опор, мм;
 d – диаметр образца, мм.

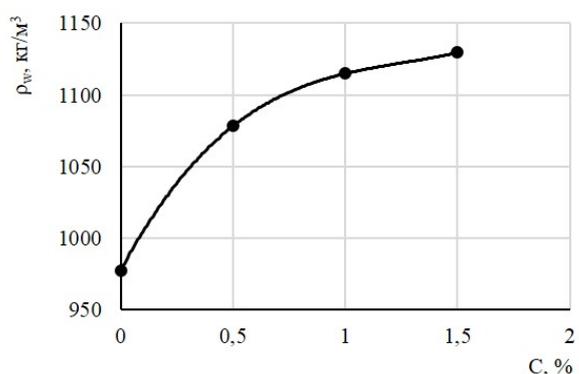
Прочность при осевом сжатии определяли согласно ГОСТу 16483.10-73 [3], однако расчет предела прочности выполняли по формуле:

$$\sigma_w = \frac{P_{\max}}{\pi \frac{d^2}{4}}. \quad (2)$$

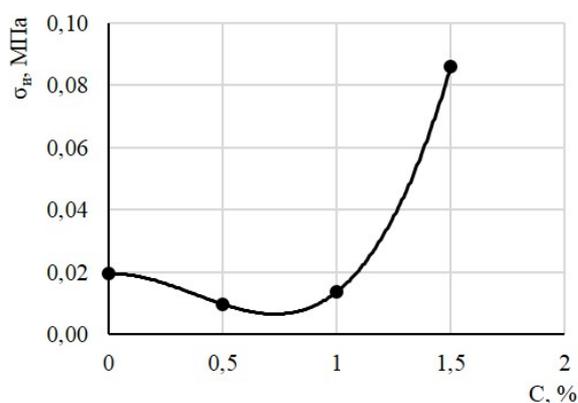
Результаты исследований представлены на рисунке.



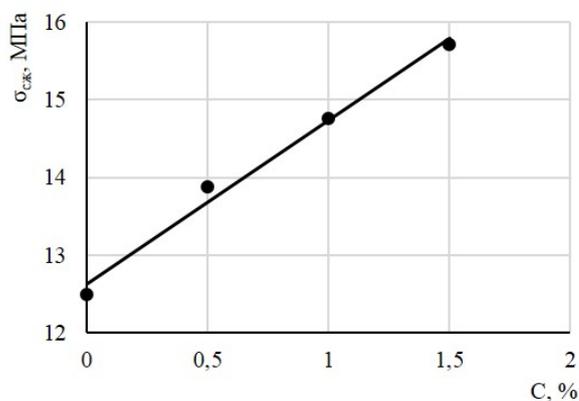
а



б



в



г

Зависимость зольности (а), плотности (б), прочности при статическом изгибе (в) и прочности при осевом сжатии (г) от содержания лигносульфонатов в брикете

Для определения зольности была получена модель, позволяющая с высокой вероятностью ($R^2 = 0,92$) прогнозировать этот показатель в зависимости от содержания добавки:

$$A = 0,0667C^2 + 0,2359, \quad (3)$$

где A – зольность брикета, %;
 C – содержание добавки, %.

Для определения плотности была получена модель, позволяющая с высокой вероятностью ($R^2 = 1$) прогнозировать этот показатель в зависимости от содержания добавки:

$$\rho_w = 56,12C^3 - 212,46C^2 + 293,94C + 977,22, \quad (4)$$

где ρ_w – парциальная плотность брикета, кг/м³.

Для определения прочности при изгибе была получена модель, позволяющая с высокой вероятностью ($R^2 = 1$) прогнозировать этот показатель в зависимости от содержания добавки:

$$\sigma_u = 0,0727C^3 - 0,0818C^2 + 0,0033C + 0,0194, \quad (5)$$

где σ_u – предел прочности брикета при статическом изгибе, МПа.

Для определения прочности при осевом сжатии была получена модель, позволяющая с высокой вероятностью ($R^2 = 0,99$) прогнозировать этот показатель в зависимости от содержания добавки:

$$\sigma_{сж} = 2,1159C + 12,626, \quad (6)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности брикета при осевом сжатии, МПа.

Очевидно, что при увеличении содержания добавки все 4 показателя увеличиваются, причем это увеличение отрицательно сказывается на качестве брикетов по показателям зольности и плотности. Однако полученная зольность всех испытанных брикетов значительно меньше нормы в СТБ 2055-2010 (0,7 % для наивысшего 1 сорта), а плотность укладывается в рамки нормированной (1000–1400 кг/м³). Увеличение же прочности при изгибе и сжатии, на наш взгляд, сможет способствовать улучшению эксплуатационных характеристик брикетов и, как следствие, сохранению целостности и внешнего их вида на момент доставки потребителю.

Таким образом, к первому сорту будут относиться брикеты с содержанием лигносульфонатной добавки до 2,64 %, причем плотность их составит 1305 кг/м³. Полученные брикеты будут обладать прочностью при статическом изгибе 0,796 МПа (что в 42 раза больше прочности брикета без добавок) и при осевом сжатии – 18,2 МПа (что в 1,5 раза больше прочности брикета без добавок). При увеличении содержания добавки брикеты будут ухудшенного качества, однако их свойства возможно рассчитать, используя формулы (3–6).

Библиографический список

1. СТБ 2055-2010. Брикеты древесные топливные. Общие технические условия. – Минск: Изд-во БелГИСС, 2010. – 24 с.
2. ГОСТ 16483.3-84. Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 7 с.
3. ГОСТ 16483.10-73. Древесина. Метод определения предела прочности при сжатии вдоль волокон. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 7 с.