

3. Физико-механические свойства ПБС, полученного из пресс-сырья на основе опилок из порубочных остатков сосны сибирской, соответствуют свойствам ПБС на основе традиционного пресс-сырья сосны обыкновенной.

4. *Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках научного проекта «FEUG-2020-0013».*

### Библиографический список

1. Братилова Н. П., Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф. Биология и формовое разнообразие сосны кедровой сибирской // Эко-потенциал. – 2014. – № 1 (5). – С. 120–127.

2. Залесов С. В., Секерин Е. М., Платонов Е. П. Анализ распространения сосны кедровой сибирской по территории Свердловской области // Современ. проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 41–48.

3. Новые композиционные материалы на основе кавитированной древесины / А. Т. Телешев, К. И. Быков, М. П. Коротеев [и др.] // Доклады Академии наук. – 2012. – Т. 443. – № 5. – С. 598.

4. Получение изделий прессованием в закрытых пресс-формах из фенопластов без добавления связующих / В. Г. Дедюхин, В. Г. Бурындин, Н. М. Мухин, А. В. Артемов // Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн. – 2005. – № 3. – С. 90–94.

5. Глухих В. В. Прикладные и научные исследования: учебник. – Екатеринбург, 2016. – 239 с.

УДК 678

**И. В. Тычинкин, О. Ф. Шишлов, В. В. Глухих**  
**(I. V. Tychinkin, O. F. Shishlov, V.V. Glukhikh)**  
 (УГЛТУ, Екатеринбург) Ilya.ty4inkin@yandex.ru

### ВЛИЯНИЕ ЛИГНИНА НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ СЖАТИИ ФЕНОЛЬНОЙ ПЕНЫ

### INFLUENCE OF LIGNIN ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF PHENOLIC FOAM

*В статье рассмотрено влияние лигнина на прочность фенольной пены при сжатии. Для определения прочности фенольной пены, модифицированной лигнином, при сжатии по сравнению со стандартной фенолформальдегидной смолой использовали универсальное испытательное устройство Inspekt table Blue 20.*

*The paper considers the effect of lignin on the strength of phenolic foam during compression. Universal testing device Inspekt table Blue 20 was used to determine the strength of the phenolic foam modified with lignin during compression, compared with the standard phenol-formaldehyde resin, a universal testing device Inspekt table Blue 20 was used.*

#### Введение

Фенолформальдегидные смолы получают в результате реакции поликонденсации между фенолом и формальдегидом. Фенольные пены уже несколько лет существуют на мировом рынке теплоизоляционных материалов, конкурируя с минеральной ватой, пенополистиролом и пенополиуретаном [1]. Фенольные пены с закрытыми порами обладают превосходными теплоизоляционными свойствами, а также являются

трудногорючим материалом, что позволяет использовать их в качестве теплоизоляционного материала при строительстве домов и зданий.

Несмотря на хорошие свойства и увеличивающийся спрос на фенольные пены в качестве изоляции, активно ведутся исследования по улучшению экологичности данного материала с использованием возобновляемых источников растительного сырья [2]. В качестве экологичного и возобновляемого источника для производства фенольной пены рассматривается лигнин.

Лигнин – один из трех основных компонентов растительного происхождения и самый распространенный ароматический биополимер.

В эксперименте был использован гидролизный лигнин, представляющий собой аморфный порошок со специфическим запахом, светло-кремового или темно-коричневого цвета, плотность которого – 1,21–1,44 г/см<sup>3</sup>. Молекулярная масса составляет от 5200 до 10 000 [3].

### Методы и материалы

Для того чтобы оценить влияние лигнина на прочность при сжатии фенольной пены, была выбрана резольная фенолформальдегидная смола, которая используется в производстве вспененных композиционных материалов.

Основные характеристики резольной фенолформальдегидной смолы представлены ниже:

Условная вязкость при 25 °С, сПз .....	2000
Массовая доля щелочи, % .....	0,56
Массовая доля нелетучих веществ (сухой остаток), % .....	81,3
Массовая доля свободного формальдегида, % .....	0,8
Массовая доля свободного фенола, % .....	2,0
Кислотность, рН .....	6,7–7,1

Лигнин вводили в процессе синтеза резольной фенолформальдегидной смолы в количестве 5 % от общей массы фенола при температуре около 100 °С и перемешивали до полного растворения лигнина в феноле. Затем смолу высушивали с помощью ротационного испарителя до необходимой вязкости. Полученная смола имела темно-коричневый цвет и специфический запах.

Для получения фенольной пены использовали резольную фенолформальдегидную смолу, вспенивающий агент и отвердитель. Все компоненты перемешивали в смесителе, а затем загружали в термостатированный ящик и выдерживали при температуре 80 °С в течение 30 мин. Готовый блок фенольной пены оставляли на сутки под вытяжной вентиляцией для устранения запаха и пост-отверждения.

Для изучения влияния лигнина на прочность при сжатии фенольной пены, готовый блок разрезали на 10 одинаковых кубиков с размерами 5×5×5 мм. Проведение испытаний прочности на сжатие проводили на универсальной испытательной машине Inspekt table Blue 20.

Машина имеет несколько квадратных или круглых прижимных пластин. Поверхность прижимной пластины не должна деформироваться под действием нагрузки. Размер прижимной пластины должен быть не менее 100 мм с одной стороны (или от общего диаметра). Одна из прижимных пластин представляет собой неподвижную пластину, а другая подвижную. Подвижная пластина может перемещаться с постоянной скоростью. Для точной регулировки образца имеется механизм, который может

непрерывно измерять расстояние перемещения подвижной пластины. Точность измерения должна составлять  $\pm 5\%$ , или  $\pm 0,1$  мм, и, если последняя величина более точная, применяется последняя. Датчик индикатора нагрузки прикрепляется к одной из прижимных пластин и измеряется сила  $F$ , возникающая в результате деформации испытуемого образца. Кроме того, индикатор нагрузки непрерывно измеряет силу в любой момент во время испытания с точностью  $\pm 1\%$ .

Образцы фенольной пены перед испытанием на сжатие взвешивают, а затем поочередно устанавливают между двух пластин испытательной машины, регулируют расстояние между верхней пластиной и образцом. После регулировки необходимого расстояния запускают программу и по графику отслеживают изменение прочности образца. Как только максимальная прочность будет достигнута, программа фиксирует это значение, и после снижения этого значения верхняя пластина возвращается в исходное положение, что позволяет установить следующий образец, записать полученные данные и продолжить испытания.

В качестве сравнения изменения прочности при сжатии фенольной пены с лигнином был взят образец стандартной фенольной пены. Полученные результаты сравнения представлены ниже.

Стандартная фенольная пена .....	80,5
Фенольная пена с 5 % лигнина .....	89,8

Полученные данные свидетельствуют о том, что лигнин способен увеличить прочность на сжатие фенольной пены. Дальнейшие исследования будут направлены на увеличение содержания лигнина в смоле, чтобы более точно оценить влияние лигнина на прочность фенольной пены при сжатии.

### Заключение

1. Проведены испытания по изучению влияния лигнина на прочность фенольной пены при сжатии с помощью универсального испытательного устройства Inspekt table Blue 20.

2. Установлено, что введение лигнина увеличивает прочность фенольной пены при сжатии.

### Библиографический список

1. Londoño Zuluaga C., Du J., Chang H.-M., Jameel H. & Gonzalez R. W. (2018). Lignin Modifications and Perspectives towards Applications of Phenolic Foams : A Review. *BioResources*, 13(4). doi:10.15376/biores.13.4.londono\_zuluaga
2. Zhuang X. W., Li S. H., Ma Y. F., Zhang W., Xu Y. Z., Wang C. P. & Chu F. X. (2011). Preparation and Characterization of Lignin-Phenolic Foam. *Advanced Materials Research*, 236–238, 1014–1018. doi:10.4028/www.scientific.net/amr.236-238.1014
3. Шкуро А. Е., Кривоногов П. С. Исследование возможности получения древесно-полимерных композитов с гидролизным лигнином = Wood-polymer composites with the hydrolysis lignin // Инновации – основа развития целлюлозно-бумажной и лесоперерабатывающей промышленности: матер. VI Всерос. отраслевой науч.-практ. конф. «Перспективы развития техники и технологий в целлюлозно-бумажной и лесоперерабатывающей промышленности», 23–24 марта 2018 г. – Екатеринбург, 2018. – С. 73–78.