

АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ АНДРЕЕВ

аспирант кафедры механики строительного факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
AAA.07.04.1989@ya.ru

ГЕННАДИЙ НИКОЛАЕВИЧ КОЛЕСНИКОВ

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой механики строительного факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
kgn@petsu.ru

О РАЦИОНАЛЬНОМ СООТНОШЕНИИ КОЛИЧЕСТВА ОПИЛОК И СТРУЖКИ В ДРЕВЕСНО-ЦЕМЕНТНОМ КОМПОЗИТЕ*

Экспериментально исследован древесно-цементный композит, содержащий опилки, стружку, добавки жидкого стекла и сульфата алюминия. В экспериментах на одноосное сжатие определена прочность этого композита с наполнителем в виде только стружки (0,22 МПа) и только опилок (0,84 МПа). При соотношении этих компонентов по массе 0,2:0,8 прочность возросла до 1,76 МПа. Эффект повышения прочности может быть использован в целях совершенствования технологии производства древесно-цементных материалов для малоэтажного строительства с применением отходов лесопромышленного комплекса.

Ключевые слова: опилки, стружка, древесно-цементный композит, прочность, одноосное сжатие

Как известно [5], Р. Б. Фуллер, независимо от основателя синергетики Г. Хакена [6], определил синергетические эффекты как поведение целого, которое нельзя предсказать на основе изучения отдельных его частей. В качестве примера Р. Б. Фуллер привел хромоникелевый сплав, который при растяжении демонстрирует прочность, превышающую прочность каждого из его компонентов. Эти данные позволяют сформулировать предположение о латентном существовании других проявлений синергетического эффекта, имеющих перспективу технического применения.

В данной работе на эмпирическом уровне рассматривается композитный материал с наполнителем в виде смеси древесных частиц, различающихся формой и размерами. Эти частицы объединены связующим, изготовленным на основе цемента с добавками жидкого стекла и сульфата алюминия. Из подобных материалов производят теплоизоляционные и конструкционные блоки для малоэтажного строительства [1]. Несмотря на большой объем многолетних исследований [3], [4], [7] некоторые проблемы в данной области остаются недостаточно изученными. К их числу относится проблема рационального использования отходов переработки древесного сырья и, как следствие, вопрос о количественном соотношении опилок и стружки в древесно-цементной смеси. Поиск ответа на эти вопросы является целью данной работы.

В качестве объекта исследования приняты образцы в форме куба с ребром 10 см, изготов-

ленные из древесно-цементной смеси и различающиеся только соотношением количества опилок и стружки. Предмет исследования – влияние количественного соотношения стружки и опилок на прочность образцов при сжатии. Были изготовлены образцы с соотношениями стружки и опилок (по массе): 1:0; 0,8:0,2; 0,5:0,5; 0,2:0,8; 0:1. Гранулометрический состав опилок и стружки определен ситовым методом (см. таблицу).

Гранулометрический состав компонентов

Ячейка сита, мм	Опилки, %	Стружка, %
10	0,13	7,02
7	0,49	15,38
5	2,51	15,72
3	11,55	23,41
2	29,67	16,05
1	53,49	17,39
0,5	1,71	1,07
0,25	0,32	2,41
Поддон	0,13	1,54
Всего	100	100

Использовалась смесь при следующем соотношении компонентов в единицах массы: портландцемент (М400D20): 100; смесь опилок и стружки: 100; жидкое стекло (натриевое, по ГОСТ 13078-81): 15; сульфат алюминия (по ГОСТ 30515-97): 7. Наиболее однородная структура материала имеет место при соот-

ношении опилок и стружки (по массе) 0,8:0,2. Инструментальное подтверждение различий в прочности получено при испытаниях на сжатие [1], [2]. Образцы в возрасте 28 суток испытывались на испытательной машине SHIMADZU AG50kNX (рис. 1).

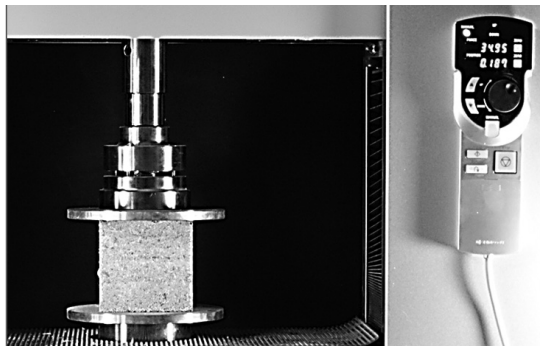


Рис. 1. Образец в испытательной машине

Экспериментальные данные показаны маркерами на рис. 2. Уравнение линии тренда $y = -47,97x^4 + 89,95x^3 - 51,35x^2 + 10,01x + 0,22$.

Обозначим C_1 и $C_2 = 1 - C_1$ массовую долю наполнителя вида 1 (стружка) и вида 2 (опилки) соответственно. R_1 и R_2 – прочность композита с наполнителем только вида 1 и только вида 2 соответственно. Тогда по правилу аддитивности [3] прочность композита $R_0 = R_1C_1 + R_2C_2$ (пунктир на рис. 2). В этой формуле игнорируется взаимовлияние армирующих элементов 1 и 2.

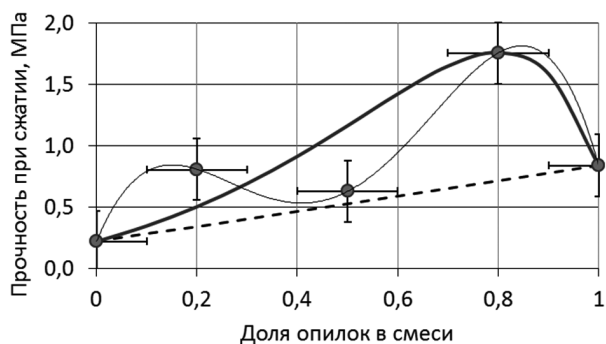


Рис. 2. Прочность композита без учета (пунктир) и с учетом синергии. Экспериментальные данные обозначены маркерами

Для оценки взаимовлияния армирующих элементов на прочность композита при сжатии R может быть использовано соотношение [1]:

$$R = R_1C_1 \exp(a_2C_2) + R_2C_2 \exp(a_1C_1), \quad (1)$$

где $a_1 = ak_1$; $a_2 = ak_2$; $a = (R_2 - R_1) / (R_2 + R_1)$; $0 < R_1 \leq R_2$. Для композита с наполнителями 1 и 2 по таблице эмпирически определено: $R_1 = 0,22$ МПа; $R_2 = 0,84$ МПа; $k_1 = -1,58$; $k_2 = 11,07$. Результаты вычислений R (1) и экспериментальные данные показаны на рис. 2 сплошной линией и маркерами соответственно.

Разрушение сопровождалось разрывом нитевидных связей между частицами композита (рис. 3). Микрофотография получена на сканирующем электронном микроскопе SU-1510.

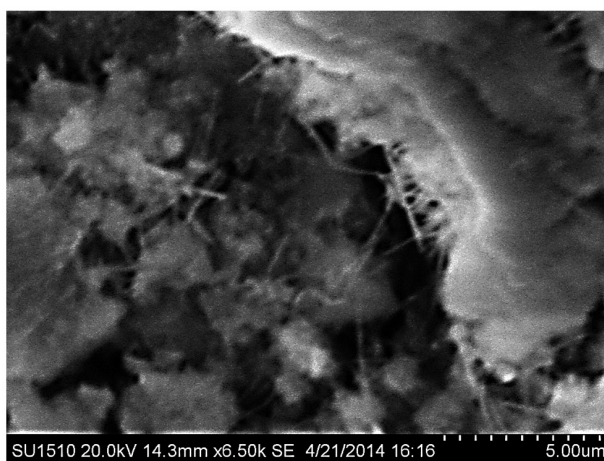


Рис. 3. Разрыв нитевидных связей между частицами композита ($\times 6500$)**

Таким образом, установлено, что применение смеси стружки и опилок при определенном их соотношении (0,2:0,8 для исследованного композита) позволяет существенно увеличить прочность при сжатии, что может быть использовано для совершенствования технологии производства древесно-цементных материалов для малоэтажного строительства с применением отходов деревообрабатывающих предприятий.

* Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности на 2012–2016 гг.

** Микрофотография получена на сканирующем электронном микроскопе SU-1510: В. П. Чугин, кафедра информационно-измерительных систем и физической электроники (зав. кафедрой профессор Г. Б. Стефанович), Центр коллективного пользования научным оборудованием ПетрГУ (директор центра А. С. Штыков).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев А. А. Влияние гранулометрического состава измельченной древесины для древесно-цементного материала на его прочность // Технические науки – от теории к практике. 2014. № 32. С. 71–76.
2. Андреев А. А., Васильев С. Б., Колесников Г. Н., Сютёв В. С. Влияние новой полимерно-минеральной добавки на прочность древесно-цементного материала для малоэтажного строительства // Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика». 2014. № 2–2 (7–2). С. 292–296.
3. Баранов Е. В., Незнамова О. М., Чернышов Е. М., Пустовгар А. П. Исследование рациональных составов композита из древесной щепы на основе силикатного и цементного связующего для стеновых панелей быстрозводимых малоэтажных зданий // Вестник МГСУ. 2012. № 11. С. 131–139.

4. Бобрышев А. Н., Козомазов В. Н., Бабин Л. О., Соломатов В. И. Синергетика композитных материалов. Липецк: НПО ОРИУС, 1994. 154 с.
5. Наумова Ю. А. Синергизм и синергические эффекты в технологии переработки полимеров // Вестник МИТХТ им. М. В. Ломоносова. 2013. № 3. С. 76–86.
6. Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980. 404 с.
7. Aigbomian E. P., Fan M. Development of Wood-Crete from Hardwood and Softwood Sawdust // Open Construction and Building Technology Journal. 2013. Vol. 7. P. 108–117.

Andreev A. A., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)
Kolesnikov G. N., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

ON EFFICIENT RATIO OF SAWDUST AND SHAVINGS IN WOOD-CEMENT COMPOSITE

Wood-cement composite comprising sawdust, shavings, sodium silicate, and additive of aluminum sulfate were investigated experimentally. The compressive strength of this composite consisting of shavings only (0,22 MPa) and consisting only of sawdust (0,84 MPa) was determined. When the weight ratio of these components reached 0,2:0,8, the compressive strength increased to 1,76 MPa. This effect can be considered to improve technology utilizing waste timber to produce wood-cement materials for low-rise building.

Key words: sawdust, shavings, wood-cement composite, strength, uniaxial compression

REFERENCES

1. Andreev A. A. Influence of granulometric composition of chopped wood for wood-crete material on its strength [Vliyanie granulometricheskogo sostava izmel'chennoy drevesiny dlya drevesno-tsementnogo materiala na ego prochnost']. *Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike* [Engineering – from theory to practice]. 2014. № 32. P. 71–76.
2. Andreev A. A., Vasil'ev S. B., Kolesnikov G. N., Syunev V. S. Influence of new polymer-mineral additive on strength of wood-cement material for low-rise building [Vliyanie novoy polimerno-mineral'noy dobavki na prochnost' drevesno-tsementnogo materiala dlya maloetazhnogo stroitel'stva]. *Sbornik nauchnykh trudov po materialam mezhdunarodnoy zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy: teoriya i praktika"*. 2014. № 2–2 (7–2). С. 292–296.
3. Baranov E. V., Neznamova O. M., Chernyshov E. M., Pustovgar A. P. Research into rational compositions of a composite material that comprises wood chips, silicate and cement binders used in the manufacturing of wall panels of pre-fabricated low-rise buildings [Issledovanie ratsional'nykh sostavov kompozita iz drevesnoy shchepy na osnove silikatnogo i tsementnogo svyazuyushchego dlya stenovykh paneley bystrovozvodimykh maloetazhnykh zdaniy]. *Vestnik MGSU*. 2012. № 11. P. 131–139.
4. Bobryshev A. N., Kozomazov V. N., Babin L. O., Solomatov V. I. *Sinergetika kompozitnykh materialov* [Synergetics of composite materials]. Lipetsk, NPO Orius Publ., 1994. 154 p.
5. Naumova Yu. A. Synergism and synergic effects in polymer processing technology [Sinergizm i sinergicheskie efekty v tekhnologii i pererabotke polimerov]. *Vestnik MITKhT* [Fine Chemical Technologies]. 2013. № 3. P. 76–86.
6. Haken G. *Sinergetika* [Synergetics]. Moscow, Mir Publ., 1980. 404 p.
7. Aigbomian E. P., Fan M. Development of Wood-Crete from Hardwood and Softwood Sawdust // Open Construction and Building Technology Journal. 2013. Vol. 7. P. 108–117.

Поступила в редакцию 03.03.2014