

12. Гончаров, Ю. А. Гипсокартон для защиты помещений от проникновения радона / Ю. А. Гончаров, Г. Г. Дубровина, А. Г. Губская // Строительные материалы. – 2017. – № 10. – С.41–44.

13. Композиция для изготовления гипсокартонных листов для защиты помещений от проникновения радона : пат. № 21497 / Ю. А. Гончаров, Г. Г. Дубровина, А. Г. Губская. – 2017.

УДК 666.97

## **ПРИМЕНЕНИЕ ФИБРЫ ИЗ КОЙРЫ КОКОСА ДЛЯ ДИСПЕРСНОГО АРМИРОВАНИЯ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА**

*ВАН МИНЮАНЬ, КОВШАР С. Н.*

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Введение.** С конца 80-х годов прошлого столетия инфраструктура Китая быстро и динамично развивалась. Всего за несколько десятилетий Китай превратился из аграрной отсталой страны в промышленно развитую державу. В стране большими темпами возводятся высотные здания, стремительно развивается строительная отрасль, сооружается большое количество транспортных сооружений и дорог. Снос старых сооружений и интенсивный рост строительства, приводит к проблеме накопления строительного мусора и его утилизации, что наносит серьезный ущерб окружающей среде. В начале 21-го века президент Си Цзиньпин в «Руководящих принципах политики зеленого развития», предложенных на пятом пленарном заседании 18-го съезда Коммунистической партии Китая отмечал: «Утилизация отходов промышленного производства является на сегодняшний момент весьма актуальной задачей. Необходимо разработка современных технологий использования вторичных ресурсов». В настоящей статье рассмотрена возможность использования фибры, получаемой из скорлупы (далее койры) кокосового ореха, для дисперсного армирования конструкционного тяжелого бетона с целью повышения механических и деформационных характеристик.

## **1. Свойства и технология получения фибры из койры кокоса.**

**Область применения.** Койра является скорлупой кокосового ореха и является побочным продуктом его переработки. В Китайской Народной Республике кокос выращивают большими объемами в провинциях: Гуандун, Хайнань, Гуанси и Фуцзянь, а также в сопредельных странах: Шри-Ланка, Малайзия и Таиланд. Таким образом, урожай кокосового ореха собирают непрерывно в течение года. Срок сбора урожая определяется географическим положением мест произрастания продукта. Согласно данным [1] годовой объем производства волокна из скорлупы кокосовых орехов составляет 282 000 тонн, а цена составляет 0,5 доллара США за килограмм.

Кокосовое волокно – это натуральное растительное волокно, обладающее следующими характеристиками. Плотность материала волокна 1120 кг/м<sup>3</sup>. Диаметр волокна составляет от 100 до 450 мкм. Длина волокна обычно составляет от 100 до 250 мм. Характеризуется высокой прочностью на растяжение и малой линейной плотностью. По строению волокно представляет многоклеточную агломерированную структуру [2].

Технология получения волокна из койры достаточно проста. Для получения волокон скорлупу ореха обрабатывают полумеханическим, механическим или химическим способом. Для химического способа обработки используют растворы щелочей (NaOH или Ca(OH)<sub>2</sub>), в которых скорлупу выдерживают в течение длительного времени с целью удаления пектина и воска, затем обильно промывают водой и сушат на открытом воздухе.

Данные многочисленных исследований [4–9], проведенных в КНР показали эффективность применения фибры из кокосового волокна для повышения прочностных, деформационных и эксплуатационных характеристик строительных материалов на основе неорганических вяжущих. Так, введение в фибры в строительные материалы на основе портландцемента повышает прочность, трещиностойкость и ударную вязкость. Дисперсное армирование тяжелого бетона фиброй на основе кокосового волокна повышает прочность, морозостойкость и водонепроницаемость, а также снижает усадку бетона [5]. Фибру из койры кокоса активно применяют для изготовления теплоизоляционных, кровельных и гидроизоляционных материалов, облицовочных изделий на гипсовых вяжущих и т. д.

**2. Методика проведения исследований, материалы и составы бетонных смесей.** Для изготовления опытных образцов применяли следующие материалы. В качестве вяжущего использовали портландцемент без минеральных добавок класса по прочности 42,5. Мелким заполнителем служил природный песок с модулем крупности 2,7 и содержанием пылевидных и глинистых частиц не более 2 %. В качестве крупного заполнителя использовали гранитный щебень фракции 5–20 мм.

Для определения оптимальной длины, а также для оценки эффективности применения фибры из койры кокоса в тяжелом бетоне на первом этапе проводили сравнительные испытания образцов из цементно-песчаного раствора по определению прочности на растяжение при изгибе и сжатие дисперсно-армированных тремя видами фибры: полипропиленовая, стеклопластиковая и фибра из кокосового волокна. Состав раствора Ц:П = 1:3 при водоцементном отношении 0,5.

На втором этапе исследований проводили оценку влияния фибры из койры кокоса на прочностные характеристики конструкционного тяжелого бетона. Использовали шесть составов бетонных смесей, характеристики которых приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Составы бетонных смесей

Обозначение состава	Расход составляющих, кг на 1 м <sup>3</sup> бетонной смеси				
	цемент	песок	щебень	вода	фибра*
«К-1»	250	790	1160	150	–
«О-1»	250	790	1160	150	1,5
«К-2»	350	730	1140	170	–
«О-2»	350	730	1140	170	1,5
«К-3»	450	690	1080	190	–
«О-3»	450	690	1080	190	1,5

*Примечание:* \* – средняя длина волокон фибры составляла 50 мм.

### 3. Результаты экспериментальных исследований

**3.1. Определение оптимальной длины и эффективности фибры из койры кокоса.** Вначале определяли оптимальную длину фибры из койры кокоса. Для этих целей было изготовлено пять серий образцов из цементно-песчаного раствора. Дозировка фибры во всех сериях была принята постоянной и составляла 1 кг/м<sup>3</sup> раствора.

Длина фибры варьировалась от 20 до 60 мм. На рисунках 3.1 и 3.2 приведены результаты по влиянию длины фибры из койры кокоса на прочность при сжатии и изгибе образцов цементно-песчаного раствора.

Из данных, приведенных на рисунках 3.1 и 3.2 следует, что оптимальная длина волокна фибры из койры кокоса составляет от 40 до 60 мм. Далее в экспериментах применяли фибру со средней длиной волокна 50 мм.

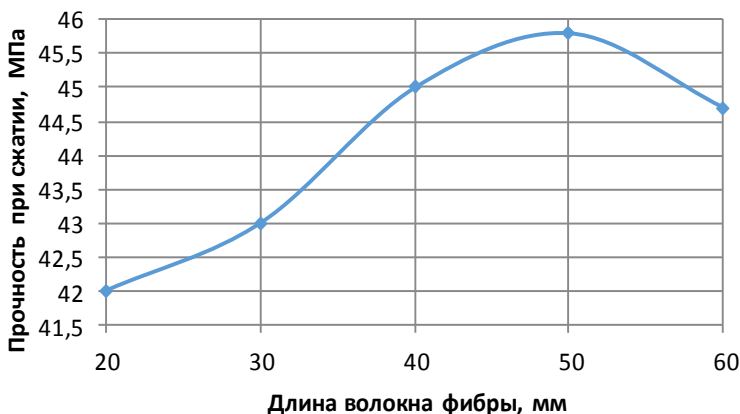


Рис. 3.1. Влияние длины волокна фибры из койры кокоса на прочности при сжатии цементно-песчаных образцов

Для оценки эффективности фибры из койры кокоса были изготовлены три серии образцов из цементно-песчаного раствора с водоцементным отношением 0,5. Для дисперсного армирования образцов использовали полипропиленовую (серия «П»), стеклопластиковую (серия «С») и фибру из койры кокоса (серия «К»). Дозировка трех видов фибры была принята постоянной и составила  $1,0 \text{ кг/м}^3$ . Результаты испытаний по определению прочности образцов на изгиб приведены на рисунке 3.3



Рис. 3.2 Влияние длины волокна фибры из койры кокоса на прочности при изгибе цементно-песчаных образцов

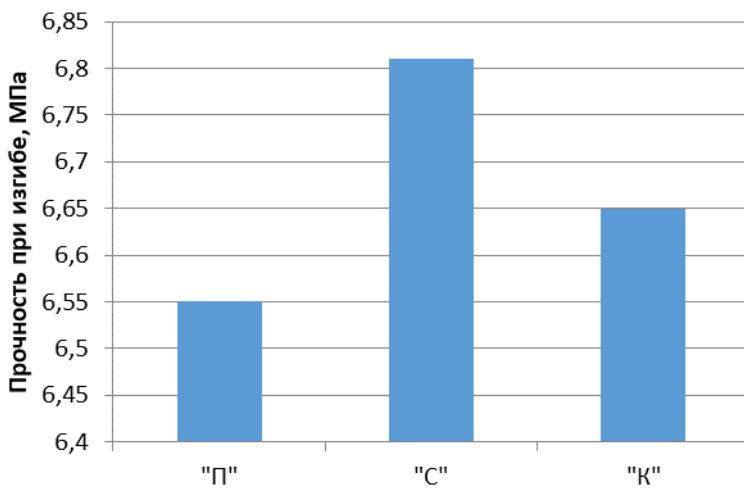


Рис. 3.3. Прочность при изгибе образцов цементно-песчаного раствора с полипропиленовой «П», стеклопластиковой «С» и фиброй из койры кокоса «К»

Из данных приведенных на рисунке 3.3 следует, что фибра из койры кокоса по эффективности влияния на прочность при изгибе не уступает полипропиленовой фибре, но ниже по эффективности стеклопластиковой фибры.

**3.2. Прочностные характеристики конструкционного бетона дисперсно-армированного фиброй из койры кокоса.** В таблице 3.1 приведены результаты по определению прочности на сжатие и прочности на растяжение при изгибе образцов конструкционного бетона шести составов (табл. 2.1).

Таблица 3.1

Прочность на сжатие и растяжение при изгибе образцов конструкционного бетона

Обозначение состава	Прочность на сжатие в возрасте 28 суток		Прочность на растяжение при изгибе в возрасте 28 суток	
	МПа	% от «К»	МПа	% от «К»
«К-1»	22,1	117,6	2,62	122,5
«О-1»	26,0		3,21	
«К-2»	38,5	112,1	4,51	115,7
«О-2»	43,2		5,22	
«К-3»	51,6	111,0	6,33	110,3
«О-3»	57,3		6,98	

Как свидетельствуют данные таблицы 3.1, введение фибры из койры кокоса повышает прочность на сжатие и растяжение при изгибе конструкционного бетона. Эффект от введения фибры зависит от расхода цемента в бетонной смеси. Использование фибры наиболее эффективно в составах с расходом цемента до 350 кг/м<sup>3</sup>.

**Вывод.** В результате проведенных экспериментальных исследований установлена возможность использования фибры из койры кокоса наряду с существующими материалами для дисперсного армирования конструкционного тяжелого бетона.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kulkarin, A G. Weibull analysis of strengths of coir fibers [J]. Fiber Science and Technology, 1983, 19 : 59–76.
2. Хоу, А. Характеристики и применение натуральных растительных композитных материалов, армированных органическими волокнами [J.] / Гуандунский институт строительных наук.

3. Гуйсинь, Д. Анализ причин экологического кризиса в моей стране с точки зрения экологической цивилизации / Д. Гуйсинь // Журнал Технологического университета Шэньяна (издание по общественным наукам). – Том 10. – Выпуск 4.

4. Национальный стандарт Китайской Народной Республики JGJT 221-2010 : Технический регламент по применению фибробетона.

5. Национальный стандарт Китайской Народной Республики GB50010-2010 «Кодекс проектирования бетонных конструкций».

6. Хунмэй, А. Исследование и разработка «зеленых» композитных материалов на основе цемента, армированных волокном [Дж.] / А. Хунмэй // Журнал инженерии по предотвращению бедствий и смягчению их последствий.

7. Лигуан, С. Исследование и разработка волокнистого бетона [J] / С. Лигуан // Журнал Университета Цзилинь Цзяньчжу.

8. Венвэнь, Я. Экспериментальное исследование механических свойств и долговечности фибробетона [J] / Я. Венвэнь // Журнал Университета Шаньдун, 2012.

9. Вэй, В. Влияние щелочной обработки на морфологию и структуру волокон скорлупы кокосовых орехов / В. Вэй // Shanghai Textile Science and Technology Press.

УДК 666.311

## **ФОСФОГИПСОВОЕ ВЯЖУЩЕЕ $\beta$ -МОДИФИКАЦИИ**

*ПОВИДАЙКО В. Г.*

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Имеется значительное количество отечественных [1, 2] и зарубежных [3] разработок по получению гипсовых вяжущих веществ  $\beta$ - и  $\alpha$ -модификации из фосфогипсовых отходов. Тем не менее, промышленное использование фосфогипсовых отходов в качестве вторичного сырья в производстве строительных материалов во всем мире остается низким. Обусловлено это тем, что получение вяжущих материалов и изделий из фосфогипса связано с необходимостью отмычки и нейтрализации вредных примесей, содержащихся