

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**ENVIRONMENTAL SAFETY
OF THE USE OF THE TEXTILE WASTES
IN THE CONSTRUCTIONS MATERIALS INDUSTRY**

В.А. ИЛЫЧЕВ, В.И. КОЛЧУНОВ, Н.В. БАКАЕВА, С.А. КОБЕЛЕВА
V.A. ILYICHEV, V.I. KOLCHUNOV, N.V. BAKAEVA, S.A. KOBELEVA

(Российская академия архитектуры и строительных наук,
Юго-Западный государственный университет,
Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева)
(Russian Academy of Architecture and Construction Sciences,
Southwest State University,
Orel State University named after I.S. Turgenev)
E-mail: ilyichev@raasn.ru; yz_swsu@mail.ru; natbak@mail.ru; ksa92@ya.ru

В статье предложена схема возможных направлений утилизации текстильных отходов путем их вторичного использования. Способы утилизации отходов текстильной отрасли известны. Научную новизну представляет использование текстильных отходов в промышленности строительных материалов, например, при производстве бетонов. Авторами приведены примеры оценки экологической безопасности бетонов с применением текстильных отходов.

The article gives a description of the methods of the textile wastes recirculation. The methods of the textile wastes recirculation in the fabric industry are known. The use of the textile wastes in the constructions materials industry is of the utmost interest, for one, as the raw materials for concrete. The authors are tested the concrete with the raw materials for environmental safety.

Ключевые слова: текстильные отходы, вторичное использование, экологическая безопасность, промышленность строительных материалов, бетон.

Keywords: textile wastes, recirculation, environmental safety, constructions materials industry, concrete.

На уровне Правительства Российской Федерации принято решение о необходимости дальнейшего развития текстильной отрасли и сырьевой базы для нее, поскольку она удовлетворяет потребности страны в техническом текстиле всего на 14...17%. Импортная составляющая продукции текстильной и легкой промышленности превышает 65%. Примерно 40% этой продукции не имеет конкурентоспособных аналогов в нашей стране. Несмотря на имеющиеся технологические и рыночные проблемы внутри отрасли, текстильная про-

мышленность демонстрирует устойчивый рост по отношению к другим отраслям легкой промышленности [1]. Другой немаловажной проблемой остается оценка экологической безопасности текстильного производства, так как в текстильной промышленности накопилось около 231 тыс. тонн отходов, а ежегодный сброс загрязненных сточных вод предприятиями соответствует примерно 75...80 млн. куб. м [2], [3], наибольший расход воды используется для красильно-отделочного производства [4].

Экономическая реальность сегодня диктует необходимость поиска эффективных способов взаимодействия между различными отраслями промышленности России, что означает поиск и формирование инновационных бизнес-процессов на взаимовыгодных условиях [5]. Например, для строительной отрасли характерно, что запасы минерально-сырьевых ресурсов ограничены, а в регионах с развитой промышлен-

ностью (текстильной, химической, металлургической и пр.) образуется огромное количество отходов производства, которые не вовлекаются в повторное хозяйственное использование. Сложившаяся ситуация приводит к нарушению экологического равновесия территорий и страны в целом. В соответствии с "моделью ресурсного цикла" [6] на рис. 1 представлена схема возможных способов утилизации текстильных отходов.

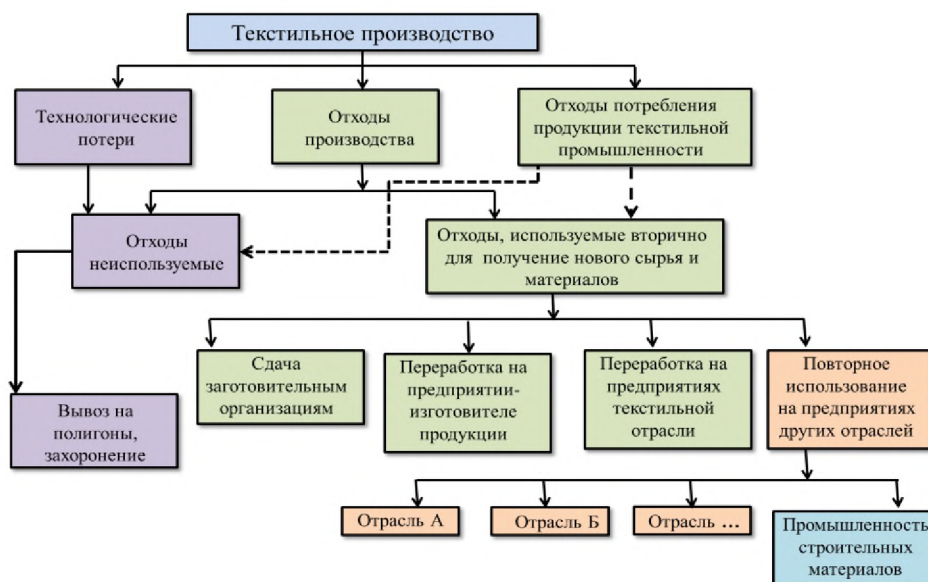


Рис. 1

На рис. 1 отходы текстильного производства – это отходы технологических процессов производства нитей, тканей, волокон, изделий и др.; отходы потребления продукции текстильной промышленности – ветошь, одежда, вышедшая из употребления населением, и прочее, которые составляют в настоящее время в среднем 4...6% в городском объеме твердых бытовых отходов. Текстильные отходы образуются на различных технологических стадиях и используются вторично как на предприятиях-изготовителях продукции, так и на смежных предприятиях текстильной отрасли. Например, хлопчатобумажные отходы, отходы пряжи, трикотажа, меха находят применение в собственном технологическом цикле. Существует широкий ассортимент продукции, получаемой из текстильных отходов: утеплители различного назначения, канаты, шнуры, шпагаты и многие другие изделия; кроме того, отходы используются

в выработке нетканых материалов. Нетканые материалы из отходов используют в швейной промышленности (на рис. 1 – отрасль А) в качестве утепляющего материала – ватина; в мебельной промышленности (отрасль Б) – настольного материала при производстве мягкой мебели и других отраслях (отрасль ...).

Научную новизну представляют направления использования текстильных отходов в промышленности строительных материалов, что позволяет сократить объемы их хранения на полигонах и, следовательно, уменьшить негативное воздействие на окружающую природную среду. В настоящее время строители и проектировщики проявляют огромный интерес к применению на объектах защитного и строительного текстиля, "текстильного бетона", нового техногенного сырья (текстильных отходов) в производстве линолеума, теплоизоляционных,

геосинтетических, декоративных отделочных и других материалов [7], [8].

В современном гражданском, транспортном, специальном и других видах строительства широко применяются фибробетоны с повышенными эксплуатационными свойствами [9]. Фибробетоны представляют собой композиты, в которые при производстве добавляют волокна (фибру) для повышения стойкости к образованию трещин и разрушению. В качестве фибры преимущественно применяют сталь, стекло, устойчивые к действию щелочи, или полимерные материалы [10]. Однако разработаны инновационные способы и составы получения, например, аэрированного бетона, где в качестве фибры используются текстильные отходы, в количестве 12% от общего объема состава [11].

В связи с применением в промышленности строительных материалов разнообразных сырьевых компонентов (природных ресурсов и техногенных отходов) для расчета экологической безопасности получаемых композитов можно использовать методику MIPS-анализа [12]. Данная методика определяет расход природных ресурсов на границе продуктовой цепи как в месте из-

влечения ресурсов из природной среды, так и на всем протяжении экологического жизненного цикла продукта или услуги. Потребляемые ресурсы во время производства, использования и рециклирования отходов продукта пересчитываются в количество используемых природных ресурсов (абиотических, биотических, почвы, воды, воздуха) с помощью специальных переводных коэффициентов или MI-чисел – "экологических рюкзаков". Параметр MIPS определяется по формуле, разработанной Курцем Геффастом:

$$MIPS = MI / S, \quad (1)$$

где MI – материальный вход или сумма всех входных материальных потоков, включая те материалы, которые требуют энергии для своего производства (имеет размерность единиц массы); S – выпускаемая продукция или услуга (размерность может быть различной в зависимости от вида продукции или услуги).

В табл. 1 представлен расчет ресурсов для производства одного кубического метра высококачественного бетона, состав которого приведен в [13].

Таблица 1

№ п/п	Компоненты бетонной смеси	Расход на 1 м ³ , кг	MI-число, кг/кг	"Ресурсы на входе" (MI), кг
1	Песок	812	2,88	2339
2	Щебень	812	4,75	3857
3	Тонкодисперсный наполнитель	77	15,34	1181
4	Цемент	452	20,49	9262
5	Вода	200	2,29	458
	Итого	2353	-	17097

Из табл. 1 следует, что для производства одного кубического метра высококачественного бетона класса В45 требуется переработать 17 тонн природных ресурсов. Одним из эффективных способов снижения ресурсопотребления является замена части

природного сырья техногенными отходами. Например, в [14] приведены исследования составов фибробетонов, армированных текстильными волокнами, модифицированными тлеющим разрядом.

Таблица 2

№ п/п	Компоненты бетонной смеси	Расход на 1 м ³ , кг	MI-число, кг/кг	"Ресурсы на входе" (MI), кг
1	Керамзитовый песок	310	2,66	825
2	Кварцевый песок	210	2,88	605
3	Щебень	790	4,75	3753
4	Цемент	400	20,49	8196
5	Вода	182	2,29	417
6	Армирующие волокна неорганического происхождения (отходы производства): лен, хлопок, полиамид	12	-	-
	Итого	1904	-	13796

В табл. 2 приведены расчеты ресурсопотребления состава фибробетона, армированного текстильными волокнами, модифицированными плазмой тлеющего разряда, на основе портландцементного вяжущего.

Результаты расчетов, приведенные в табл. 2, показывают снижение ресурсопотребления композиционного материала за счет применения в его составе текстильных отходов. Фибробетон, армированный текстильными волокнами, помимо экологического эффекта позволяет получить следующие технологические преимущества [14]: повысить прочность материалов при изгибе от 25 до 60%; при сжатии – от 40 до 90%. Технологии получения композитов с использованием текстильных отходов (джут, пенька, лен, минеральная шерсть и пр.) являются инновационными, а массовое внедрение в производство требует применения дорогостоящего импортного оборудования. Поэтому себестоимость таких материалов в настоящее время на 12...23% выше по сравнению с традиционными строительными составами.

Однако не следует исключать дополнительные эффекты, которые трудно оценить экономически по причине незначительной доли подобных композиционных материалов в строительстве и сравнительно небольшого опыта их эксплуатации. Так, в фибробетонах, армированных текстильными отходами, волокна соединяют по технологиям текстильной промышленности, поэтому они могут быть размещены в конструкции по направлениям действующих усилий. В "текстильном бетоне" полностью исключается коррозия арматурной стали по причине ее отсутствия, что приводит к уменьшению защитного слоя и расходу бетона в строительстве. Опыт применения бетонов, армированных текстильными волокнами, известен в Германии, Дании [8], [10], [14] в дорожном строительстве, мостостроении.

ВЫВОДЫ

Таким образом, вовлечение текстильных отходов в повторное использование в качестве техногенного сырья для производ-

ства строительных материалов является инновационным направлением создания композиционных материалов, позволяющих снизить нагрузку на окружающую природную среду и повысить экологическую безопасность отраслей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изгородин А.К., Чистобородов Г.И., Петелин А.В., Трусов Д.Ю., Смирнов Р.Е., Маврин Р.В. Текстильная промышленность: состояние и перспективы // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2013, № 1. С. 6...12.
2. Русина В.В. Минеральные вяжущие вещества на основе многотоннажных промышленных отходов. – Братск: БрГУ, 2007.
3. Мельцаев И.Г., Сорокин, А.Ф., Мурзин, А.Ю. Экология. Природопользование и охрана окружающей среды. – Иваново: ИГЭУ, 2011.
4. Булеков А.П., Кошелева М.К., Кереметин П.П., Чабаяева Ю.А., Кручинина Н.Е. Математическое описание и расчет процесса очистки сточных вод // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 1. С. 116...121.
5. Гаврилова И.М. Факторы, определяющие стратегическое партнерство текстильных предприятий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 2. С. 5...8.
6. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Кобелева С.А. Критериальная модель полного ресурсного цикла – основа экологической безопасности строительства // Промышленное и гражданское строительство. – 2014, № 12. С. 3...6.
7. Дидевич А. О текстиле для строительства и не только // Технологии бетонов. – 2013, № 6. С. 52...53.
8. Столяров О.Н., Горшков А.С. Применение высокопрочных текстильных материалов в строительстве // Инженерно-строительный журнал. – 2009, № 4. С. 21...25.
9. Белозеров В.В., Борков П.В., Олейников С.Н., Насыров Р.Р., Даминев Р.Р. и др. Новые технологии и материалы в производстве и строительстве: вопросы проектирования, разработки и внедрения. – М.: Издательство Перо, 2012.
10. Мещерин В. Предупреждение трещинообразования в бетоне с помощью фиброармирования // Бетон и железобетон. – 2012, № 1 (6). С. 50...57.
11. Кочетков О.С., Гетия И.Г. и др. Способ получения азрированного бетона с использованием текстильных отходов. Заявка на патент 2010134710.
12. Кобелева С.А. Методика оценки ресурсоэффективности строительных материалов // Механизация строительства. – 2012, № 4. С. 35...37.
13. Кобелева С.А. Разработка рекомендаций по оценке ресурсоэффективности в строительстве // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011, № 5-2 (38). С. 72...75.

14. Акулова М.В. и др. Применение тлеющего разряда в текстильной и строительной промышленности. – Иваново: Ивановский гос. хим.-техн. ун-т, 2008.

REFERENCES

1. Izgorodin A.K., Chistoborodov G.I., Petelin A.V., Trusov D.Ju., Smirnov R.E., Mavrin R.V. Tekstil'naja promyshlennost': sostojanie i perspektivy // Fizika voloknistyh materialov: struktura, svojstva, naukoemkie tehnologii i materialy (SMARTEX). – 2013, № 1. S. 6...12.
2. Rusina V.V. Mineral'nye vjazhushhie veshhestva na osnove mnogotonnazhnyh promyshlennyh othodov. – Bratsk: BrGU, 2007.
3. Mel'caev I.G., Sorokin, A.F., Murzin, A.Ju. Jekologija. Prirodopol'zovanie i ohrana okruzhajushhej sredy. – Ivanovo: IGJeU, 2011.
4. Bulekov A.P., Kosheleva M.K., Keremetin P.P., Chabaeva Ju.A., Kruchinina N.E. Matematicheskoe opisanie i raschet processa oчитki stochnyh vod // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, № 1. S. 116...121.
5. Gavrilova I.M. Faktory, opredel'jajushhie strategicheskoe partnerstvo tekstil'nyh predpriyatij // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 2. S. 5...8.
6. П'ичев V.A., Kolchunov V.I., Kobeleva S.A. Kriterial'naja model' polnogo resurnogo cikla – osnova jekologicheskoy bezopasnosti stroitel'stva // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2014, № 12. S.3...6.
7. Didevich A. O tekstile dlja stroitel'stva i ne tol'ko // Tehnologii betonov. – 2013, № 6. S. 52...53.
8. Stoljarov O.N., Gorshkov A.S. Primenenie vysokopronnyh tekstil'nyh materialov v stroitel'stve // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. – 2009, № 4. S. 21...25.
9. Belozarov V.V., Borkov P.V., Olejnikov S.N., Nasyrov R.R., Daminev R.R. i dr. Novye tehnologii i materialy v proizvodstve i stroitel'stve: voprosy proektirovanija, razrabotki i vnedrenija. – M.: Izdatel'stvo Pero, 2012.
10. Meshherin V. Preduprezhdenie treshhinoobrazovanija v betone s pomoshh'ju fibroarmirovanija // Beton i zhelezobeton. – 2012, № 1 (6). S. 50...57.
11. Kochetkov O.S., Getija I.G. i dr. Sposob poluchenija ajerirovannogo betona s ispol'zovaniem tekstil'nyh othodov. Zajavka na patent 2010134710.
12. Kobeleva S.A. Metodika ocenki resursojeffektivnosti stroitel'nyh materialov // Mehanizacija stroitel'stva. – 2012, № 4. S. 35...37.
13. Kobeleva S.A. Razrabotka rekomendacij po ocenke resursojeffektivnosti v stroitel'stve // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2011, № 5-2 (38). S. 72...75.
14. Akulova M.V. i dr. Primenenie tlejushhego razrijada v tekstil'noj i stroitel'noj promyshlennosti. – Ivanovo: Ivanovskij gos. him.-tehn. un-t, 2008.

Рекомендована кафедрой экспертизы и управления недвижимостью, горного дела. Поступила 22.06.16.