

УДК 677.08:691.3

DOI 10.47367/0021-3497_2023_5_184

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ
В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ**

**THE POSSIBILITIES OF USING TEXTILE WASTE
IN THE PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS**

Ю.А. ЩЕПОЧКИНА

Yu.A. SHCHEROSHKINA

(Ивановский государственный политехнический университет,
Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет)

(Ivanovo State Polytechnical University,
Verkhnevolzhsk State University of Agronomy and Biothechnlogy)

E-mail: julia2004ivanovo@yandex.ru

Статья посвящена обзору научных разработок, касающихся использования текстильных отходов в производстве строительных материалов и изделий с применением различных типов связующих: полимеров, гипса, глины, цемента. Могут быть использованы как натуральные, так и синтетические текстильные отходы, в том числе лоскуты, обрезки тканей, нетканых материалов, волокна.

Отмечено, что практически все типы отходов текстильной промышленности возможно использовать в качестве сырья в производстве строительных материалов и изделий. Это особенно важно, поскольку в настоящее время в мире перерабатывается только 12-15 % отходов текстильных материалов, а постоянно увеличивающийся объем накапливаемых отходов представляет собой серьезную угрозу экологии. Особое внимание исследователей в последние годы было уделено использованию текстильных волокон в качестве армирующего материала, способного увеличить прочность строительных композитов. Немаловажным аспектом является утилизация лоскута, обрезков текстильных материалов, применение этих отходов для получения тепло- и звукоизоляционных материалов.

С учетом имеющейся огромной сырьевой базы в виде разнородных постоянно накапливающихся и требующих утилизации текстильных отходов необходима детальная проработка рациональных способов введения всех типов текстильных отходов в разнообразные по составу строительные композиты.

The article is devoted to the review of scientific developments concerning the use of textile waste in the production of building materials and products using various types of binders: polymers, gypsum, clay, cement. Both natural and synthetic textile waste, including flap, fabric trimmings, nonwovens, fibers can be used.

It is noted that almost all types of textile industry waste can be used as raw materials in the production of building materials and products. This is especially important because only 12-15% of textile waste is recycled in the world nowadays, and the constantly increasing volume of accumulated waste poses a serious threat to the environment. Special attention of researchers in recent years has been paid to the use of textile fibers as a reinforcing material that can increase the strength of building composites. An important aspect is the disposal of the flap, scraps of textile materials, the use of these wastes to obtain heat and sound insulation materials.

Taking into account the existing huge raw material base in the form of heterogeneous constantly accumulating and requiring the disposal of textile waste, a detailed study of rational ways of introducing all types of textile waste into various construction composites is necessary.

Ключевые слова: вторичное сырье, текстильные отходы, переработка, утилизация, армирование, добавки, вяжущие, строительные материалы и изделия, экология.

Keywords: secondary raw materials, textile waste, recycling, recycling, reinforcement, additives, astringents, building materials and products, ecology.

Начиная с 80-х годов прошлого столетия темпы использования вторичного сырья в текстильной промышленности замедлились [1], что было связано с изменением ассортимента выпускаемых изделий, повышением требований к их качеству и, что немаловажно, увеличением содержания в них доли синтетических волокон.

К настоящему времени в мире перерабатывается всего лишь 12-15 % отходов текстильных материалов, а объемы неиспользованных отходов все более увеличиваются [2]. Возрастающая масса переработанных отходов представляет собой серьезную угрозу, прежде всего, с точки зрения экологии. Многочисленные отходы образуются в хлопкоперерабатывающей, шерстяной, льняной, конопляной, шелкоперерабатывающей отраслях, трикотажной и швейной промышленности, производстве химических волокон и нитей.

В зависимости от технологии переработки текстильные отходы делятся на следующие виды: волокнистые отходы; пуtankу и концы пряжи; лоскут и обрезки тканей; лоскут и обрезки трикотажного

полотна; лоскут и обрезки нетканых текстильных материалов; лоскут и обрезки комбинированных и многослойных материалов [1]. Так, подметь, пуtankка накапливаются в прядильном и ткацком производствах. Поставщиком обрезков тканей, представляющих собой куски сурового полотна различного размера с дефектами, является ткацкое производство. Обрезки образуются и при облагораживании полотна в отделочном производстве [1], а, например, в швейной промышленности на долю отходов приходится в среднем до четверти объема исходного сырья [2]. Интересно, что за последние четыре десятилетия в швейной промышленности доля основных отходов – межлекальных выпадов – возросла с 10-12 % [3] до 13-15 % [2]. Как своеобразный отход можно также рассматривать вторичное сырье, получаемое у населения и предприятий (изношенная одежда, тряпье, лоскут, обрезки нетканых материалов, упаковочные материалы, мешки и др.). Известно, что не востребованный текстиль составляет от 5 до 10 % массы твердых коммунальных отходов [4].

Экспертами отмечается, что большинство текстильных отходов мало- или неликвидны [2]. Однако с уверенностью можно утверждать, что практически все виды отходов текстильной промышленности можно использовать в качестве сырья в производстве строительных материалов и изделий.

Текстильные отходы, смешанные с кострой, могут быть использованы при изготовлении строительных панелей [1]. Твердые отходы – войлок, нетканые материалы дробят и смешивают с перемолотыми отходами пластмасс и полимерной пленкой. Полученные смеси с применением холодного и горячего прессования, точечного сваривания перерабатывают в изделия, которые предназначены к использованию для звуко- и теплоизоляции в строительстве, автомобилестроении, мебельной промышленности [1]. В качестве материала для получения строительных блоков возможно применение отходов пленки, текстильных волокон, лоскута, тряпья. Толщина блоков может быть 15-20 мм, плотность – 100-300 кг/м³ [1]. Образующиеся при ворсовании и стрижке тканей пух стригальный и ворс – короткое волокно с примесями и кострой (до 30 %) – употребляют в производстве тепло- и звукоизоляционных плит [5, 6]. При изготовлении экологичных теплоизоляционных материалов на основе извести основным сырьем служат отходы льна и конопли [7].

Текстильные отходы полиамида, полиэфира, полиолефина после грануляции можно применить как сырье для производства пленки, нетканых материалов. Отходы стекловолокна или синтетических волокон находят применение как наполнители или армирующий материал для пластмассовых изделий. Полипропиленовые пленки и отходы полипропиленовых нетканых материалов могут быть использованы в изготовлении строительных панелей [8]. Полимерные материалы, армированные текстильными волокнами, показывают широкие возможности для их использования в строительстве.

Смесь взятых в равных количествах отходов шерстяных и полиэфирных волокон

служит сырьем для получения материала с хорошими изоляционными, акустическими свойствами. При этом в последующем такой материал по окончании срока его эксплуатации может быть быстро и экологично утилизирован [9]. Химические волокна можно использовать как добавки к различным разновидностям штукатурки [1]. Волокна, выполняя армирующую функцию, способствуют упрочнению штукатурного слоя, увеличивают его адгезию к оштукатуриваемой поверхности.

Известь третьего сорта, смешанную с мелким шерстяным ворсом, так называемую окшару, после выдержки в течение 5-6 мес. в отвалах (свежая содержит 2,5 % хлора, вредного для организма человека) употребляют взамен извести для приготовления строительных растворов [5, 6, 10].

Волокна ковровых отходов являются армирующим материалом в составе цементных композитов, способствуют повышению их прочности при изгибе [11]. Гранулированная смесь отходов ковровых покрытий может служить сырьем для получения звукоизоляционных материалов [12]. Малоценные текстильные отходы могут быть использованы в качестве выгорающей добавки в глинистое сырье для производства керамических изделий [1]. Утратившие потребительскую ценность отходы первичной переработки льна и шерсти предлагается использовать в качестве выгорающей добавки в производстве пористых заполнителей для легких бетонов, в частности керамзита [13]. Известно также введение волокнистых отходов первичной обработки шерсти (0,9-1,4 мас. %) в глинистое сырье с целью повышения прочности сырцовых гранул керамзита [14].

Отходы щелочного и бесщелочного стекловолокна нашли широкое применение в изготовлении гипсовых изделий и изделий на основе гипсоцементно-пуццоланового вяжущего (ГЦПВ). При введении стеклянного волокна (диаметром 10 мкм и длиной 12-15 мм) в состав смесей на основе гипса и ГЦПВ было выявлено, что прочность гипса, армированного бесщелочным волокном, выше, чем армиро-

ванного щелочным волокном. В среде твердеющего ГЦПВ, наоборот, стойкость щелочного стеклянного волокна выше стойкости бесщелочного. Поэтому для получения прочной системы «гипс – стеклянное волокно» рекомендуется применять волокно бесщелочного состава, а для системы «ГЦПВ – стеклянное волокно» – волокно щелочного состава или волокно бесщелочного состава с защитным покрытием. Следует учитывать, что величина адгезии твердеющих гипса и ГЦПВ к стеклянному волокну с защитным покрытием меньше, чем к непокрытому. Прочность при изгибе армированного гипса достигает максимальной величины при содержании стеклянного волокна в количестве 6 %, а затем падает. Прочность при изгибе ГЦПВ достигает максимальных значений при содержании стеклянного волокна бесщелочного и щелочного состава соответственно 8 и 7 % [15]. Звукопоглощающие гипсовые плиты, имеющие сквозную перфорацию, армируют дробленным стекложгутом. Такие изделия широко выпускаются промышленностью [16]. Для повышения прочности гипсовых плит возможно их армирование отрезками стеклянных волокон длиной 10-12 мм. В качестве армирующей добавки, улучшающей структуру и физико-механические свойства газогипса, известно применение (совместно со строительным гипсом и тонкомолотым карбонатом кальция) полимерных, базальтовых и стеклянных волокон. Введение волокон способствует повышению прочности газогипса, причем наибольший эффект достигается при использовании стеклянных волокон [17].

Текстильные волокна различной природы находят применение в производстве строительных изделий на основе цемента. Например, известно введение в состав цементных композитов разнообразных натуральных (лен, хлопок, джут, кокосовое волокно и др.) [18] и синтетических (полипропилен, полиакрилонитрил и др.) волокон [19-22]. При изготовлении легкого стенового материала применялось волокно льна в сочетании со вспученным перлитом [23]. Вместе с тем установлено, что введе-

ние волокон льна и хлопка в состав цементного композита приводит к нежелательному повышению водопоглощения изделий, причем льняное волокно способствует незначительному повышению прочности на сжатие, а хлопковое волокно – на изгиб [24].

Существует технология получения легкого кирпича из хлопчатобумажных отходов, взятых в количестве 1-5 %, отходов производства бумаги 85-89 масс. % и портландцемента [25]. Как преимущество такой технологии можно отметить большое количество вовлекаемых отходов, по существу, их утилизацию в полезный продукт. В качестве армирующего материала для теплоизоляционных материалов на основе цемента можно также использовать хлопковые волокна, шерстяные очесы.

Интересен способ производства отделочной плитки из древесной крошки, лицевой слой которой состоит из 70 % коротких восстановленных волокон и 30 % отходов волокон вискозы. Холст для лицевого слоя предложено получать аэродинамическим способом. Затем он должен подлежать обработке иглопробивным способом, пропитке фенолформальдегидной смолой, нарезке и прессованию вместе с панелями из древесной крошки. Панели предназначены для использования в строительстве для облицовки бетонных блоков, полов, при реконструкции и ремонте старых зданий [1].

Заметим, что применение натуральных волокон в качестве армирующего материала для строительных изделий имеет недостаток – низкую прочность волокон и их подверженность гниению и разложению во влажной среде.

Известно применение в качестве армирующих элементов для цементных композитов тканых сеток на основе углеродных волокон, увеличивающих несущую способность строительных изделий [26].

Представляют интерес работы по упрочнению цементных изделий и бетонов путем армирования их стеклянными и стальными волокнами, волокнами углерода, бора, монокристаллическими, керамическими, асбестовыми и другими волок-

нами. Применялось нейлоновое и полипропиленовое волокно длиной 16-38 мм в количествах соответственно 1-3 % и 0,2-2 % от объема цементного композита. Способ непрерывного производства панелей, армированных волокнистым материалом, предусматривал использование волокон длиной 20-100 мм в количестве 5-15 % от объема цементного композита [27].

Обратим внимание на отходы волокон лавсана, которые изготавливаются круглого сечения, имеют гладкую блестящую поверхность, характеризуются высокой упругостью. Лавсан не подвержен гниению во влажной среде, но его введение в состав цементного композита малоэффективно, поскольку это волокно взаимодействует с цементным композитом только механически, оно плохо обволакивается цементно-песчаной смесью и химически не взаимодействует с продуктами гидратации портландцемента. На поверхности раздела «волокно – цементный камень» не образуется промежуточной зоны, состав и свойства которой отличались бы от этих разнородных материалов. Как следствие, вклад волокон лавсана в упрочнение цементного композита невелик [28].

Использование стальных волокон при армировании цементных композитов эффективно [29], но требует учета их подверженности коррозии [30]. Исследования цементного композита (бетона), армированного стеклянными волокнами, показали некоторую склонность волокон к разрушению в щелочной среде [31]. В воде и водных растворах поверхностно-активных веществ прочность стеклянного волокна снижается до 50-60 %, полностью восстанавливаясь после высушивания. Механизм понижения прочности стеклянного волокна связан с адсорбционным воздействием среды, образованием трещин в слабых местах поверхностного слоя, приводящих к разрушению волокон. Вместе с тем отмечено, что применение полимерных, стеклянных, базальтовых волокон возможно в производстве автоклавных ячеистых бетонов [32].

Для армирования цементных композитов, подлежащих автоклавной обработке,

важно, чтобы волокно не теряло своих свойств после длительного воздействия водяного пара и температуры. С этой точки зрения могут быть перспективны полиамидные волокна. Температура плавления полиамидных волокон (за исключением рильсана) позволяет им выдерживать автоклавную обработку, проводимую в интервале температур 175-192 °С. Введение полиамидных волокон, в частности капрона, даже в незначительных количествах способно несколько повысить прочность автоклавного ячеистого бетона [33].

Для получения мелкозернистого бетона предлагается вводить в смесь до 5 % обрезков оптических волокон. Таким образом, можно получить декоративный эффект, названный «прозрачный бетон» [34]. Известно также введение в состав цементных композитов пучков синтетических волокон [35].

Большинство исследований показывают возможность применения отходов текстильных волокон в цементных композитах, гипсовых изделиях. К настоящему времени существует множество рекомендаций относительно количества вводимого волокна и его длины [27, 36-40], а также методов расчета критической длины волокон в цементном композите [27]. Количество вводимых в цементный композит волокон в большинстве случаев колеблется от 0,3 до 2 % по объему. Максимальное содержание волокон в гипсовых смесях, при котором достигается перемешивание без комкообразования, составляет 5 % от массы сухих компонентов [41].

Использование разнообразных по составу и свойствам текстильных отходов в производстве строительных материалов и изделий, безусловно, представляет практический интерес и является перспективным направлением. При этом достигается экономия сырьевых ресурсов, снижение себестоимости строительства, безопасная утилизация отходов, уменьшение их негативного влияния на окружающую среду. С учетом имеющейся огромной сырьевой базы в виде разнородных постоянно накапливающихся и требующих утилизации текстильных отходов необходима де-

тальная проработка рациональных способов введения всех типов текстильных отходов в разнообразные по составу строительные композиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петканова Н.Н., Урумова Д.Г., Чернев В.П. Переработка текстильных отходов и вторичного сырья: пер. с болг. / под ред. А.М. Чельшева. М.: Легпромбытиздат, 1991. 240 с.
2. Каюмова Р.Ф., Невольни Ю.М. Пути использования текстильных отходов на примере межклеточных выпадов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 1. С. 108...113.
3. Рациональное использование отходов производства в швейной промышленности. Экспресс-информация. Серия: Легкая промышленность. Рига: ЛатНИИНТИ, 1981. 7 с.
4. Баранова А.Ф., Мамедов С.Н., Погодина И.В. Минимизация объема отходов, генерируемых текстильной промышленностью // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. № 5. С. 283...287.
5. Федосов С.В., Щепочкина Ю.А., Румянцев В.Е., Коновалова В.С. Вторичные материальные ресурсы для строительной индустрии. Иваново: ИВГПУ, 2017. 188 с.
6. Дворкин Л.И., Пашков И.А. Строительные материалы из отходов промышленности. Киев: Вища шк., 1989. 208 с.
7. Brzyski P. Właściwości termoizolacyjne materiału ściennego opartego na wapnie i paździerzach konopnych // Izolacja. 2019. No 2. S. 46...50.
8. Ailenei E.C., Ionesi S.D., Dulgheriu I., Loghin M.C., Isopescu D.N., Maxineasa S.G., Baciu I.R. New Waste-Based composite material for construction applications // Materials, 2021. Vol. 14. Is. 20. P. 6079.
9. Patnaik A., Mvubu M., Muniyasamy S., Botha A., Anandjiwala R.D. Thermal and sound insulation materials from waste wool and recycled polyester fibers and their biodegradation studies // Energy and buildings. 2015. Vol. 92. P. 161...169.
10. Дворкин Л.И., Пашков И.А. Строительные материалы из промышленных отходов. Киев: Вища шк., 1980. 142 с.
11. Ucar M., Wang J. Utilization of recycled post-consumer carpet waste fibers as reinforcement in lightweight cementitious composites // International Journal of Clothing Science and Technology. 2011. Vol. 23. Is. 4. P. 242...248.
12. Rushforth I., Horoshenkov K.V., MirafTAB M., Swift M.J. Impact sound insulation and viscoelastic properties of underlay manufactured from recycled carpetwaste // Applied Acoustics. 2005. Vol. 66. Is. 6. P. 731...749.
13. Щепочкина Ю.А. Утилизация отходов первичной переработки льна и шерсти // Охрана труда и окружающей среды на предприятиях текстильной и легкой промышленности: межвуз. сб. науч. тр. Иваново, 1998. С. 104...105.
14. А. с. 628129 СССР. Сырьевая смесь для производства керамзита. Заявл. 09.03.1977; опубл. 15.10.1978. Бюл. № 38.
15. Гордавишевский П.Ф., Перов П.В., Шингин С.И., Карначева О.В. Армирование гипсовых и гипсоцементнопуццолановых изделий стекловолокном // Строительные материалы. 1977. № 3. С. 24...25.
16. Белов В.В., Петропавловская В.Б., Храмов Н.В. Строительные материалы. Тверь: Тверской гос. техн. ун-т, 2014. 236 с.
17. Ильина Л.В., Завадская Л.В. Газогипсовые изделия, армированные стекловолокном // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2011. № 5. С. 52...54.
18. Румянцев В.Е., Коновалова В.С., Румянцев Е.В., Одинцова О.И., Касьяненко Н.С. Использование отходов текстильной промышленности в производстве строительных композитов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, 2021. № 6. С. 21...29.
19. Jarabo R., Fuente E., Savastano H., Negro C. Effect of sepiolite on mechanical and physical properties of fiber cement // ACI Materials journal. 2014. Vol. 111. Is.4. P. 355...362.
20. Смирнова О.М., Андреева Е.В. Свойства тяжелого бетона, дисперсно-армированного синтетическим микроволокном // Строительные материалы. 2016. № 11. С. 17...20.
21. Skrikanth Koniki, Ravi Prasad. Badania wytrzymałości oraz zależności naprężenie-odkształcenie betonu o dużej wytrzymałości zbrojonego mieszanina włókien polipropylenowych i poliestrowych // Cement. Wapno. Beton. 2018. No 1. S. 67...77.
22. Bodak P. Analiza wzmocnień typu NSM materiałami FRP w świetle badań eksperymentalnych // Przegląd budowlany. 2019. No 3. S. 22...28.
23. Fic S., Brzyski P. Badanie kompozytu opartego na lekkich wypełniaczach (len i perlit) do zastosowań w budownictwie jako materiał ścienny // Przegląd budowlany. 2015. No 2. S. 30...35.
24. Щепочкина Ю.А. Мелкозернистые бетоны, армированные волокнами хлопка и льна // Интеграция образования и науки: вызовы современного мира: сб. матер. II Междунар. науч.-практ. конф. Актобе, 2015. С. 287...290.
25. Rajput D., Bhagade S.S., Raut S.P., Ralegaonkar R.V., Mandavgane S.A. Reuse of cotton and recycle paper mill waste as building material // Construction and building materials. 2012. Vol. 34. P. 470...475.
26. Симаков О.А. Применение в качестве внешнего армирования железобетонных элементов тканых сеток из углеродных волокон // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. № 3. С. 57...61.
27. Дисперсно-армированный бетон и изделия из него. Тематическая подборка. Рига: ЛатНИИНТИ, 1979. 44 с.
28. Щепочкина Ю.А. Цементный композит с волокнами лавсана // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы: сб. матер. XXIV Междунар. науч.-

практ. форума “SMARTEX-2021”. Иваново: ИВГПУ, 2021. С. 158...160.

29. *Egem Teomete, Ozgun Ylким Kocyigit.* Zależność pomiędzy oporem elektrycznym i odkształceniem przy ścisnieniu kompozytów cementowych zbrojonych włóknami stalowymi // *Cement. Wapno. Beton.* 2015. No 4. S. 244...252.

30. *Щепочкина Ю.А.* Декоративные бетоны. Иваново: ИВГПУ, 2019. 120 с.

31. *Kasagani H., Rao C.B.K.* Wpływ dodatku szklanych włókien o jednakowej długości i mieszanych na właściwości betonu // *Cement. Wapno. Beton.* 2016. No 5. S. 361...372.

32. *Gębarowski P., Romanowski P.* Zbrojenie rozproszone w awtoklawizowanym betonie komórkowym // *Materiały budowlane.* 2018. No 3. S. 73...74.

33. *Щепочкина Ю.А.* Полиамидное волокно как армирующий материал для цементных композитов // *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы: сб. матер. XXIII Междунар. науч.-практ. форума “SMARTEX-2020”.* Иваново: ИВГПУ, 2020. С. 231...234.

34. *Дворкин Л.И., Дворкин О.Л.* Специальные бетоны. М.: Инфра-Инженерия, 2012. 368 с.

35. Пат. 2074153 РФ. Способ изготовления изделий на цементном вяжущем, пучки синтетических волокон, цементный продукт; заявл. 14.12.1988; опублик. 27.02.1997. Бюл. 6.

36. *Курбатов Л.Г., Романов В.П.* Некоторые вопросы проектирования и экономики конструкций, армированных стальными фибрами // *Фибробетон и его применение в строительстве: сб. науч. тр. / под ред. Б.А. Крылова, К.М. Королева.* М.: НИИЖБ, 1979. С. 12...23.

37. *Макаричев В.В.* О ячеистом бетоне, армированном волокнами // *Фибробетон и его применение в строительстве: сб. науч. тр. / под ред. Б.А. Крылова, К.М. Королева.* М.: НИИЖБ, 1979. С. 84...86.

38. *Sturm A.B., Visintin P., Farries K., Oehlers D.J.* New testing approach for extracting the shear friction material properties of ultra-high-performance fiber-reinforced concrete // *Materials in Civil Engineering.* 2018. Vol. 30. 04018235-1...04018235-13.

39. *Гусев Б.В., Ин Иен-лян С., Кузнецова Т.В.* Цементы и бетоны – тенденции развития. М.: Научный мир, 2012. 136 с.

40. *Glinicki M.* Odporność na pękanie i trwałość kompozytów cementowych z włóknami szklanymi. XLIII konferencja naukowa «Problemy naukowo-badawcze budownictwa», Poznań – Krynica 1997. S. 17...24.

41. *Брюкнер Х., Дейлер Е., Фитч Г. и др.* Изготовление и применение гипсовых строительных материалов: пер. с нем. под ред. В.Б. Ратинова. М.: Стройиздат, 1981. 223 с.

REFERENCES

1. *Petkanova N.N., Urutova D.G., Chernev V.P.* Processing of textile waste and secondary raw materi-

als: Trans. from bolg. / Edited by A.M. Chelyshev. M.: Legprombytizdat, 1991. 240 p.

2. *Kayumova R.F., Nevolani Yu.M.* Ways of using textile waste on the example of the remnants of the fabric between patterns // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2023. No. 1. P. 108...113.

3. Rational use of production waste in the garment industry. Express information. Series: Light industry. Riga: LatNIINTI, 1981. – 7 p.

4. *Baranova A.F., Mammadov S.N., Pogodina I.V.* Minimize the amount of waste generated by the textile industry // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2019. No. 5. P. 283...287.

5. *Fedosov S.V., Shchepochkina Yu.A., Rumyantseva V.E., Konvalova V.S.* Secondary material resources for the construction industry. Ivanovo: IVSPU, 2017. 188 p.

6. *Dvorkin L.I., Pashkov I.A.* Building materials from industrial waste. Kiev: Vishcha shk., 1989. 208 p.

7. *Brzyski P.* Właściwości termoizolacyjne materiału ściennego opartego na wapnie i paździerzach konopnych // *Izolacja.* 2019. No. 2. S. 46...50.

8. *Ailenei E.C., Ionesi S.D., Dulgheriu I., Loghin M.C., Isopescu D.N., Maxineasa S.G., Baciu I.R.* New Waste-Based composite material for construction applications // *Materials,* 2021. Vol. 14. Is. 20. P. 6079.

9. *Patnaik A., Mvubu M., Muniyasamy S., Botha A., Anandjiwala R.D.* Thermal and sound insulation materials from waste wool and recycled polyester fibers and their biodegradation studies // *Energy and buildings.* 2015. Vol. 92. P. 161...169.

10. *Dvorkin L.I., Pashkov I.A.* Building materials from industrial waste. Kiev: Vishcha shk., 1980. 142 p.

11. *Ucar M., Wang J.* Utilization of recycled post-consumer carpet waste fibers as reinforcement in lightweight cementitious composites // *International Journal of Clothing Science and Technology.* 2011. Vol. 23. Is. 4. P. 242...248.

12. *Rushforth I., Horoshenkov K.V., Mirafteb M., Swift M.J.* Impact sound insulation and viscoelastic properties of underlay manufactured from recycled carpetwaste // *Applied Acoustics.* 2005. Vol. 66. Is. 6. P. 731...749.

13. *Shchepochkina Yu.A.* Utilization of waste from primary processing of flax and wool // *Labor and environmental protection at textile and light industry enterprises: mezhvuz. sb. scientific tr.* Ivanovo, 1998. P. 104...105.

14. A. s. 628129 USSR. Raw mixture for the production of expanded clay. Application 09.03.1977; publ. 15.10.1978. Bul. 38.

15. *Gordavshevsky P.F., Perov P.V., Shingin S.I., Karnacheva O.V.* Reinforcement of gypsum and gypsum cement products with fiberglass // *Construction materials.* 1977. No. 3. P. 24...25.

16. *Belov V.V., Petropavlovskaya V.B., Khramtsov N.V.* Building materials. Tver: Tver State Technical University, 2014. 236 p.

17. *Ilyina L.V., Zavadskaya L.V.* Gas gypsum products reinforced with glass fiber // *International*

Journal of Applied and Fundamental Research. 2011. No. 5. P. 52...54.

18. *Rumyantseva V.E., Konovalova V.S., Rumyantsev E.V., Odintsova O.I., Kasyanenko N.S.* The use of textile industry waste in the production of building composites // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2021. No. 6. P. 21...29.

19. *Jarabo R., Fuente E., Savastano H., Negro C.* Effect of sepiolite on mechanical and physical properties of fiber cement // *ACI Materials journal*. 2014. Vol. 111. Is. 4. P. 355...362.

20. *Smirnova O.M., Andreeva E.V.* Properties of heavy concrete dispersed-reinforced with synthetic microfibre // *Building materials*. 2016. No 11. P. 17...20.

21. *Skrikanth Koniki, Ravi Prasad.* Badania wytrzymałości oraz zależności naprężenie-odkształcenie betonu o dużej wytrzymałości zbrojonego mieszania włókien polipropylenowych i poliestrowych // *Cement. Wapno. Beton*. 2018. No 1. S. 67...77.

22. *Bodak P.* Analiza wzmocnień typu NSM materiałami FRP w świetle badań eksperymentalnych // *Przegląd budowlany*. 2019. № 3. S. 22...28.

23. *Fic S., Brzyski P.* Badanie kompozytu oparte go na lekkich wypełniaczach (len i perlit) do zastosowań w budownictwie jako materiał ścienny // *Przegląd budowlany*. 2015. No 2. S. 30...35.

24. *Shchepochkina Yu.A.* Fine-grained concrete reinforced with cotton and flax fibers // *Integration of education and science: Challenges of the modern world. II International Scientific and Practical Conference*. Aktobe, 2015. P. 287...290.

25. *Rajput D., Bhagade S.S., Raut S.P., Ralegaonkar R.V., Mandavgane S.A.* Reuse of cotton and recycle paper mill waste as building material // *Construction and building materials*. 2012. Vol. 34. P. 470...475.

26. *Simakov O.A.* The use of a woven mesh of carbon fibers as external reinforcement of concrete elements // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2019. No. 3. P. 57...61.

27. *Dispersed reinforced concrete and products from it. Thematic selection*. Riga: LatNIINTI, 1979. 44 p.

28. *Shchepochkina Yu.A.* Cement composite with lavsan fibers // *Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials. XXIV International Scientific and Practical. Forum "SMARTEX-2021"*. Ivanovo, 2021. P. 158...160.

29. *Egem Teomete, Ozgun Ylkim Kocyigit.* Zależność pomiędzy oporem elektrycznym i odkształceniem przy ściskaniu kompozytów cementowych zbrojonych włóknami stalowymi // *Cement. Wapno. Beton*. 2015. No 4. S. 244...252.

30. *Shchepochkina Yu.A.* Decorative concrete. Ivanovo: IVGPU, 2019. 120 p.

31. *Kasagani H., Rao C.B.K.* Wpływ dodatku szklanych włókien o jednakowej długości i mieszanych na właściwości betonu // *Cement. Wapno. Beton*. 2016. No 5. S. 361...372.

32. *Gębarowski P., Romanowski P.* Zbrojenie rozproszone w awtoklawizowanym betonie komórkowym // *Materiały budowlane*. 2018. No 3. S. 73...74.

33. *Shchepochkina Yu.A.* Polyamide fiber as a reinforcing material for cement composites // *Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials. XXIII International Scientific and Practical. Forum "SMARTEX-2020"*. Ivanovo, 2020. P. 231-234.

34. *Dvorkin L.I., Dvorkin O.L.* Special concretes. M.: Infra-Engineering, 2012. 368 p.

35. Pat. 2074153 of the Russian Federation. Method of manufacturing products on cement binder, bundles of synthetic fibers, cement product; application No. 14.12.1988; publ. 27.02.1997. Bul. 6.

36. *Kurbatov L.G., Romanov V.P.* Some issues of design and economics of structures reinforced with steel fibers // *Fibrobeton and its application in construction* / Edited by B.A. Krylov, K.M. Koroleva. M.: NIIGB, 1979. P. 12...23.

37. *Makarichev V.V.* About cellular concrete reinforced with fibers // *Fibrobeton and its application in construction* / Edited by B.A. Krylov, K.M. Korolev. M.: NIIGB, 1979. – P. 84-86.

38. *Sturm A.B., Visintin P., Farries K., Oehlers D.J.* New testing approach for extracting the shear friction material properties of ultra-high-performance fiber-reinforced concrete // *Materials in Civil Engineering*, 2018. – vol. 30. 04018235-1...04018235-13.

39. *Gusev B.V., Ying Yen-liang S., Kuznetsova T.V.* Cements and concretes – development trends. M.: Scientific World, 2012. 136 p.

40. *Glinicki M.* Odporność na pęknięcie i trwałość kompozytów cementowych z włóknami szklanymi. XLIII konferencja naukowa "Problemy naukowo-badawcze budownictwa", Poznań – Krynica 1997. S. 17...24.

41. *Brukner H., Deiler E., Fitch G. etc.* Manufacture and application of gypsum building materials: Translated from German / Edited by V.B. Ratinov. M.: Stroyizdat, 1981. 223 p.

Рекомендована кафедрой естественных наук и технософферной безопасности ИВГПУ. Поступила 28.08.23.