

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

THE USE OF TEXTILE INDUSTRY WASTE IN THE PRODUCTION OF BUILDING COMPOSITES

*V.E. РУМЯНЦЕВА, В.С. КОНОВАЛОВА, Е.В. РУМЯНЦЕВ,
О.И. ОДИНЦОВА, Н.С. КАСЬЯНЕНКО*

*V.E. RUMYANTSEVA, V.S. KONOVALOVA, E.V. RUMYANTSEV,
O.I. ODINTSOVA, N.S. KASIYANENKO*

**(Ивановский государственный политехнический университет,
Ивановский государственный химико-технологический университет)**

**(Ivanovo State Polytechnic University,
Ivanovo State University of Chemistry and Technology)**

E-mail: varrym@gmail.com; kotprotiv@yandex.ru

В статье представлен обзор научных исследований и разработок, посвященных применению переработанных текстильных отходов в области получения композитных материалов для выполнения требований экологической устойчивости текстильного производства и продвижения мер по эффективной переработке отходов. Текстильное производство является одной из наиболее загрязняющей окружающей среду промышленной областью. Твердые текстильные отходы представляют собой серьезную проблему для экологической устойчивости производства текстильных материалов. Различные стратегии разработаны и частично приняты многими компаниями для утилизации текстильных отходов и предотвращения их попадания на свалки. Альтернативой утилизации отходов текстильной промышленности является их использование для изготовления композитов посредством введения в различные матрицы: термопластичный полимер, термореактивные смолы, натуральные компоненты и бетон. В этой области используются как синтетические, так и натуральные волокна, чтобы улучшить характеристики конечных продуктов с точки зрения функциональных и структурных особенностей. В последнее время внимание исследователей было уделено возможному повторному использованию промышленных текстильных отходов или утилизации использованных тканей для реализации переработанных волокон, которые будут применяться в качестве наполнителей в сочетании с полимерными или бетонными матрицами. Различные типы волокон вводятся в качестве армирующего материала в бетоны для обеспечения механической прочности. Текстильные отходы улучшают главным образом механические, акустические, тепловые и электрические характеристики композитных материалов.

The purpose of the article is to review both the scientific research and development devoted to the use of recycled textile wastes in the production of composite materials to perform the requirements of environmental sustainability of textile production and promote measures for effective waste processing. Textile production is one of the most polluting industrial areas. Solid textile waste is a serious problem for the environmental sustainability of the production of textile materials. Various

strategies have been developed and partially adopted by many companies to dispose of textile wastes and prevent them from entering landfills. An alternative to the disposal of textile industry wastes is their use for the manufacture of composites by introducing into various matrices: thermoplastic polymer, thermosetting resins, natural components, and concrete. In this field, both synthetic and natural fibers are used to improve the characteristics of the final products in terms of functional and structural features. Recently, research attention has been paid to the possible reuse of industrial textile waste or recycling of used fabrics for the sale of recycled fibers that will be used as fillers in combination with polymer or concrete matrices. Various types of fibers are introduced as a reinforcing material into concrete to ensure mechanical strength. Textile wastes improve mainly the mechanical, acoustic, thermal, and electrical characteristics of composite materials.

Ключевые слова: текстильные отходы, строительные композиты, строительные материалы, переработка отходов, вторичное сырье, получение композитов, композитные материалы, текстильный бетон.

Keywords: textile waste, building composites, building materials, waste recycling, secondary raw materials, production of composites, composite materials, textile concrete.

Каждый сегмент текстильной промышленности, от выращивания/производства волокна до доставки и оценки жизненного цикла, является источником разного вида отходов.

Материалы и производственные процессы, используемые в строительстве, оказывают большое влияние на энергоэффективность. В настоящее время использование композитных материалов в строительстве оказало большое влияние на общество; в основном это касается аспектов устойчивого развития и охраны окружающей среды. Многие направления связаны с улучшением и повышением свойств традиционных материалов посредством введения в них различного вида отходов, либо переработанных продуктов [1...6]. Таким образом, использование отходов текстильной промышленности не только снижает энергопотребление при разработке новых продуктов, но и увеличивает их жизненный цикл, при одновременном снижении воздействия на окружающую среду при сжигании и хранении отходов на свалках.

Использование отходов или переработанных материалов с целью создания сырья для строительной отрасли является актуальным вопросом, имеющим многообеща-

ющее будущее и в первую очередь направленным на сохранение окружающей среды. Бетон, дерево и сталь являются наиболее часто используемыми материалами в инфраструктуре домов и зданий, но высокие производственные затраты на них заставляют ученых проводить исследования, направленные на разработку композитных материалов, содержащих переработанные материалы, такие как полиэтилентерефталат (ПЭТ), поликарбонат, переработанные шины, древесина, текстильные волокна и т.д. Использование пластмасс в виде мелких частиц для усиления гидравлического бетона применялось в нескольких исследованиях, но проблема заключается в плохой связи между матрицей и армированием, что приводит к снижению механических свойств бетона, таких как прочность на изгиб и сжатие [7...10].

Некоторые исследования сосредоточены на использовании природных материалов в портландцементном бетоне для повышения прочностных характеристик [11...14]. В специальных натуральных волокнах, таких как джут, лен, кокосовое волокно и хлопок, в качестве армирования в строительных материалах, которые представляют большой интерес благодаря

своим преимуществам по сравнению с синтетическими материалами, и одним из их самых больших преимуществ является низкое воздействие на окружающую среду, низкая стоимость и широкий спектр применения. Целлюлозные волокна, смешанные с бетоном, улучшают тепло- и звукоизоляцию [15], [16]. Разработана технология производства термостойкого, до 280°C, легкого кирпича из хлопчатобумажных отходов (1...5 масс. %), отходов бумажных фабрик (85...89 масс. %) и портландцемента (10 масс. %) [17].

В течение последнего десятилетия в строительной отрасли внедряются инновации с использованием нового материала, известного как текстильный железобетон: сочетание мелкозернистого бетона и многоосно ориентированных текстильных материалов, структурная функциональность, простота производства, применимость и дизайн которых исследованы [18], [19], как способ использования большого количества отходов текстильной промышленности.

Волокна, извлеченные из различных потоков отходов, подходят для армирования бетона. Преимущества использования таких переработанных волокон, как правило, включают более низкую стоимость переработки по сравнению с первичными волокнами и устранение необходимости утилизации отходов на свалках.

Полимербетон изготавливается путем сочетания полимеров и минералов. Наиболее важными параметрами при его разработке являются тип и размер минералов, а также процентное содержание компонентов для получения улучшенных свойств. В целом полимерные композиционные материалы хрупки по своей природе, но демонстрируют увеличение как пластичности, так и прочности при добавлении волокон. Тем не менее, волокна не получили широкого применения в полимербетонах. Кроме того, взаимодействие между волокнами и полимерной матрицей влияет на прочность и вязкость композитных материалов. Когда происходит межфазное разрушение, волокна вытягиваются из полимерной мат-

рицы, и на поверхности трещины возникают силы перекрытия. Силы перекрытия защищают трещину и, следовательно, снижают коэффициент интенсивности напряжений на кончике трещины. Межфазная прочность на сдвиг играет доминирующую роль, поскольку давление, возникающее при вытягивании волокна, определяется главным образом сопротивлением напряжению сдвига между волокнами и полимерной матрицей. В целом текстильные волокна не повышают прочность полимербетона на изгиб и сжатие, но их добавление в смесь устраняет признаки хрупкости [20]. Использование текстильных волокон при изготовлении бетона может решить две проблемы, а именно: устранение загрязнителя окружающей среды и предоставление альтернативного материала для строительной промышленности.

Отходы текстильной резки смешиваются с эпоксидной смолой и литейным песком для получения уникального композитного материала, который может быть использован для легких конструкций. Разработан полимербетон, обработанный полиэфирной смолой, песком и текстильными стекловолокнами (1, 2 и 3 масс. %). Свойствами волокон были вес (160 г/м²), толщина (0,47 мм), сетка (3,5×3,5 мм) и прочность на растяжение (1200 Н/см²). Результаты показывают, что после достижения максимальной нагрузки внезапно полностью уменьшается растрескивание матрицы. На вязкость разрушения влияют два важных фактора: вытягивание волокна и эффект перемычки [21].

Использование отходов хлопка в совокупности с летучей золой и эпоксидной смолой положительно влияет на технические свойства древесностружечных плит. Легкие строительные материалы, изготовленные из отходов хлопка, летучей золы и эпоксидной смолы, могут быть использованы для получения лучших результатов тепло- и звукоизоляции. Кроме того, радиоактивная проницаемость таких ДСП, содержащих барит, очень низка [22].

Сочетании отходов текстильной промышленности до и после производства, ис-

пользуемых в качестве армирующей структуры, и отходов двухориентированных полипропиленовых пленок и отходов полипропиленовых нетканых материалов, используемых в качестве матрицы [23]. Панели из композитных материалов на основе отходов были изготовлены с использованием технологии термоформования. Полученные результаты показывают, что разработка панелей из композиционных материалов для строительных применений, изготовленных из отходов текстильных материалов до и после производства, для замены традиционных древесностружечных плит, ориентированных на древесину, является эффективным решением. Кроме того, механические свойства нового материала значительно выше, чем у традиционных 8-миллиметровых ориентированно-стружечных плит.

Тепло- и звукоизоляционные материалы разработаны из отходов шерсти и переработанных полиэфирных волокон для применения в строительной промышленности [24]. Волокна из отходов шерсти смешивали с полиэфирными волокнами в пропорциях 50/50 в виде двухслойного мата. Такой материал обеспечивает наилучшие изоляционные, акустические, влагопоглощающие и противопожарные свойства. Коврики из полиэфирных волокон и отработанной шерсти поглощали более 70% падающего шума в диапазоне частот 50...5700 Гц, обладают достаточной влагостойкостью в условиях высокой влажности, не влияя на изоляционные и акустические свойства. В течение 50-дневного периода компостирования достигаются 65...70%-ная биodeградации такого материала, значит после выхода из эксплуатации его можно быстро и экологично утилизировать.

Разработаны панели внутренних перегородок, которые могут использоваться как в новых конструкциях, так и в реконструкции зданий, из связующего текстильного волокна с натуральной гидравлической известью. Согласно результатам испытаний панели с отходами текстильного волокна имеют меньшую плотность, чем другие, аналогичные на рынке [25]. Это означает облегчение опорных систем панелей. Проч-

ность на сжатие, прочность на изгиб, скорость ультразвукового импульса, удельный вес и значения водопоглощения таких панелей соответствуют принятым международным стандартам [26]. Аналогичным образом эти панели могут улучшить тепловые характеристики за счет снижения вдвое теплопроводности других коммерческих материалов. В то же время введение текстильных волокон также может улучшить акустические характеристики панелей с точки зрения звукопоглощения.

Армированные волокнами полимеры демонстрируют широкий спектр возможностей для их использования в строительной индустрии, благодаря своим характеристикам таким, как: снижение затрат на техническое обслуживание (отсутствие краски, отсутствие распада, отсутствие насекомых), низкий нагрев, небольшая стоимость и высокая прочность конструкции [27].

Другие исследования были сосредоточены на использовании переработанных обрезков ковра в качестве материала для укрепления грунта [28]. Армирующие волокнистые полосы были размером 5×5 мм и длиной 5...45 мм. Их добавляли в почву в концентрациях от 0,4 до 1,2%. Механические свойства сил сдвига были улучшены. Так, композиты без волокон имеют значение 300 МПа, которое было улучшено на 25% при добавлении 1,2% волокон (375 МПа). Кроме того, была улучшена осевая деформация при пределе текучести, которая составила от 1% для композитов без волокон до 4% для композитов с 1,2% волокон.

Переработанные волокна ковровых отходов использованы для изготовления композитов из легких цементов в соотношении волокон 20 %. Результаты показывают, что при трехточечном испытании на изгиб наблюдалось пластичное поведение и увеличение прочности при изгибе. Тем не менее, плотность уменьшается с увеличением содержания волокна [29].

Для получения искусственных каменных строительных материалов высокой жесткости в качестве армирующей добавки можно использовать измельченные обрезки грунтовой ткани в количестве 1% от массы

общей смеси [30]. Полученные материалы относятся к марке М-250, по осадке конуса они являются малоподвижными и могут использоваться для сооружения монолитных конструкций. Отходы полипеноуретана снижают прочность готовых материалов, и их показатели не соответствуют значениям для искусственных каменных материалов марки М-250 строительного назначения без добавок.

Звукоизоляционные материалы хорошего качества могут быть успешно изготовлены из гранулированной смеси отходов ковровых покрытий [31]. Такие изоляционные материалы обладают следующими преимуществами: экологически приемлемый, простой и эффективный процесс, низкие энергозатраты, хорошие свойства конечного продукта, сопоставимые со свойствами обычного изоляционного материала, огнестойкая отделка, экономические затраты на конверсию [32].

Жидкие отходы кожевенного производства образуются после обработки кожи и меха на овчинно-меховых фабриках. Отходы имеют следующий состав, мг/л: хлорид натрия 1100...1220; сульфат натрия 500...700; соединения хрома (III) 50...70; жиры 90...100; формальдегиды 150...165; взвешенные вещества 350...400. Жидкие отходы кожевенного производства находят применение в качестве комплексных добавок при производстве тяжелых цементных бетонов [33], [34].

Разработана технология получения легких конструкционных материалов из хромсодержащей полировальной пыли твердых отходов, образующихся в кожевенной промышленности [35]. В результате пиролиза хромсодержащей полировальной пыли получен наноструктурированный волокнистый углеродный материал, используемый для изготовления легкого цементного блока. Добавление наночастиц железа увеличивает механическую прочность за счет композиционного соединения в цементном блоке [36]. Предложено использование измельченных отходов кожевенного завода в качестве частичной замены (0,5...20 масс. %) мелкого заполнителя для получения легких бетонов [37]. Прочность на сжатие и

косвенная прочность на растяжение бетона снижались с увеличением содержания отходов кожи. Использование отходов кожи приводит к резкому снижению прочности бетона на сжатие после 28 дней отверждения при использовании в качестве мелких и крупных заполнителей. Однако мелкие кожевенные заполнители снижают прочность на сжатие больше, чем крупные [38].

Окшара – отход текстильной промышленности – известь третьего сорта, смешанная с мелким шерстяным волосом. Свежая окшара содержит до 2,5 % хлора, вредного для организма человека, поэтому ее необходимо выдержать в течение 5...6 месяцев в отвалах или ящиках на открытом воздухе до полного удаления хлора. Окшару используют в качестве замены извести при приготовлении строительных растворов [39].

Подзол – это отходы кожевенной промышленности. Они представляют собой известь третьего сорта, смешанную с мелким шерстистым волосом. Перед применением подзол необходимо процедить через сито с ячейками не более 10 мм. При этом удаляются частицы кожи и прочие загрязнения.

Из подзола и окшары, смешанных с волосом, готовят прочные армирующие растворы, которые почти не трескаются [39].

Пух стригальный и ворс – короткие волокна с посторонними примесями и кострой до 30%, образуются при ворсовании и стрижке тканей. Содержание пыли в волокне находится в пределах 13...14%. Пух стригальный и ворс применяются для производства теплозвукоизоляционных плит [39], [40].

ВЫВОДЫ

1. Отходы текстильного производства могут быть эффективно использованы в строительной сфере.

2. Утилизацию отходов текстильного производства можно производить безопасно, не вызывая загрязнения окружающей среды.

3. Происходит замена составляющих для бетона отходами текстильного производства, что приводит к меньшему исполь-

зованию сырья и снижению стоимости строительства.

4. Бетон из отходов текстильной промышленности обладает меньшей плотностью и улучшенными эксплуатационными характеристиками.

5. Использование заполнителя из переработанных отходов текстильного производства в бетоне снижает загрязнение окружающей среды.

6. Использование переработанных заполнителей может не только сохранить конечное сырье, но и снизить потребление энергии и общие затраты на строительство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федосов С.В., Щепочкина Ю.А., Румянцева В.Е., Коновалова В.С. Вторичные материальные ресурсы для строительной индустрии. – Иваново: ИВГПУ, 2017.
2. Голубев И.Г., Шванская И.А., Коноваленко Л.Ю., Лопатников М.В. Рециклинг отходов в АПК. – М.: ФГБНУ "Росинформагротех", 2011.
3. Шилкина С.В. Мировые тенденции управления отходами и анализ ситуации в России // Интернет-журнал "Отходы и ресурсы". – 2020, № 1. Т. 7. 05ECOR120.
4. Мустафин Н.Ш. Производство строительных материалов с применением промышленных отходов // Региональное развитие: электронный научно-практический журнал. – 2015, № 8 (12).
5. Bolden J., Abu-Lebdeh T., Fini E. Utilization of recycled and waste materials in various construction applications // American Journal of Environmental Science. – V. 9, № 1, 2013. P. 14...24.
6. Abukhattala M. Use of Recycled Materials in Road Construction // Proceedings of the 2nd International Conference on Civil, Structural and Transportation Engineering (ICCSTE'16). – Ottawa, Canada, 2016. Paper № 138.
7. Березинский А.Р. Пластмассы в гидротехническом строительстве. – М.: Энергия, 1971.
8. Карабаев Н.Т., Нурпеисов С.К., Уызбаев М.М. Композиционные материалы на основе эпоксидных смол и техногенных отходов для гидротехнического строительства // Механика и технологии. – 2018, № 1 (59). С. 116...122.
9. Tiwari Anurag V., Rao Y.R.M. Study on compressive strength of plastic waste bituminous concrete for road construction // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2018, № 3. С. 328...337.
10. Raghate A.M. Use of plastic in a concrete to improve its properties // International journal of advanced engineering research and studies. – V. 1, Is. 3, 2012. P. 109...111.
11. Fernandez J.E. Flax fiber reinforced concrete-a natural fiber biocomposite for sustainable building material // WIT Transactions on The Built Environment. – V. 59, 2002. P.193...207.
12. Bui T.T.H., Boutouil M., Nguyen D.H., Sebaibi N. A Simple Review of Using Coconut Fiber as Reinforcement in Composite // The 8th International Conference of Asian Concrete Federation "Sustainability and innovation in concrete material and structures". – Fuzhou, China, 2008. P. 307...319.
13. Mohammed L., Ansari M.N.M., Pua G., Jawaid M., Islam M.S. A Review on Natural Fiber Reinforced Polymer Composite and Its Applications // International journal of polymer science. – 2015. Article ID 243947.
14. Kers J., Peetsalu P., Saarna M., Viikna A., Krumme A., Menind A. Preliminary investigation into tensile characteristics of long flax fibre reinforced composite material // Agronomy Research. – V.8, 2010. P.107...114.
15. Hassan T., Jamshaid H., Mishra R., Khan M.Q., Petru M., Novak J., Choteborsky R., Hromasova M. Acoustic, Mechanical and Thermal Properties of Green Composites Reinforced with Natural Fibers Waste // Polymers. – V. 12, № 3, 2020. P. 654.
16. Ibragimov A.M., Vakhina T.N., Susoeva I.V. Use of irretrievable waste flax and cotton for production of heat-insulating plates // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – V. 451, Is. 1, 2018. P. 012005.
17. 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. – V. 34, 2012. P. 470...475.
18. Williams N., Lundgren K., Wallbaum H., Malaga K., Malaga K. Sustainable potential of textile-reinforced concrete // Journal of Materials in Civil Engineering. – V. 27, Is. 7, 2015. P. 04014207.
19. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Бакаева Н.В., Кобелева С.А. Экологическая безопасность использования текстильных отходов в промышленности строительных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 1. С.194...198.
20. Reis J. Effect of textile waste on the mechanical properties of polymer concrete // Materials Research. – V. 12, № 1, 2009. P. 63...67.
21. Arikan H. Fracture behavior of textile glass fiber reinforced polymer concrete according to mixed-mode // Journal of Thermoplastic Composite Materials. – V.25, Is. 6, 2011. P. 663...677.
22. Binici H., Gemci R., Kucukonder A., Solak H.H. Investigating sound insulation, thermal conductivity and radioactivity of chipboards produced with cotton waste, fly ash and barite // Construction and building materials. – V. 30, 2012. P. 826...832.
23. Ailenei E.C., Ionesi S.D., Dulgheriu I., Loghin M.C., Isopescu D.N., Maxineasa S.G., Baciuc I.-R. New Waste-Based Composite Material for Construction Applications // Materials. – V. 14, Is. 20, 2021. P. 6079.

24. 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*. – V. 92, 2015. P. 161...169.
25. Aishwariya S. Waste Management Technologies in Textile Industry // *Innovative Energy & Research*. – V. 7, Is. 3, 2018. P. 211.
26. Algin H.M., Turgut P. Cotton and Limestone Powder Wastes as Brick Material // *Construction and building materials*. – Vol. 22, Is. 6, 2008. P.1074...1080.
27. Liang R., Hota G. Fiber-reinforced polymer (FRP) composites in environmental engineering applications // In: Hodzic A, Shanks R, editors. *Handbook of Natural fibre Composites: Materials, Processes and Properties*. – Oxford, United Kingdom: Woodhead Publishing. – 2014. P. 410...468.
28. Ghiassian H., Poorebrahim G., Gray D. Soil reinforcement with recycled carpet wastes // *Waste Management and Research*. – V. 22, Is. 2, 2004. P.108...114.
29. 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*. – V. 23, Is. 4, 2011. P.242...248.
30. Зумина Е.Л. Анализ возможности использования отходов легкой промышленности в производстве материалов строительного назначения // *Вестник Витебского государственного технологического университета*. – 2016, № 2 (31). С. 39...46.
31. Rushforth I., Horoshenkov K.V., MirafTAB M., Swift M.J. Impact sound insulation and viscoelastic properties of underlay manufactured from recycled carpet waste // *Applied Acoustics*. – V. 66, Is. 6, 2005. P.731...749.
32. Wagner R. Reclamation of carpet waste for building insulation // *Conservation & Recycling*. – V. 2, Is. 2, 1978. P. 131...135.
33. Солонина В.А., Ключов А.А., Бердов Г.И. Свойства тяжелых цементных бетонов с комплексной добавкой на основе жидких отходов кожевенного производства // *Изв. вузов. Строительство*. – 2006, № 11-12. С. 10...13.
34. Khahro S.H., Memon N.A., Ali T.H., Memon Z.A. Improving Material Waste Management Performance: An Attribute Study For Provential Projects // *International Journal of Civil Engineering and Technology*. – V. 7, Is. 6, 2016. P. 498...506.
35. Mushahary J., Mirunalini V. Waste management in leather industry – environmental and health effects and suggestions to use in construction purpose // *International Journal of Civil Engineering and Technology*. – V. 8, № 4, 2017. P. 1394...1401.
36. Sivaprakash K., Maharaja P., Pavithra S., Boopathy R., Sekaran G. Preparation of light weight constructional materials from chrome containing buffing dust solid waste generated in leather industry // *Journal of material cycles and waste management*. – V. 19, Is. 2, 2016. P. 928...938.
37. Sathish Kumar V., Vijayaravind S. Utilization of tannery shredded waste as fine aggregate in concrete // *International Journal of Engineering Research and Technology*. – V. 4, Is. 4, 2015. P. 484...486.
38. Al-Joulani N.M.A. Effect of Rubber and Leather wastes on concrete properties // *Third International conference on Energy and Environmental protection in Sustainable Development (ICEEP III)*. – Hebron, West bank, State of Palestine: Palestine Polytechnic University. – 2013. ENV163.
39. Дворкин Л.И., Паушков И.А. Строительные материалы из отходов промышленности. – Киев: Вища шк., 1989.
40. Abderrazak H., Sofiene B., Faten F., Abdelmajid J. Sound Insulation Performances of Linters Made of Textile Waste // *Journal of Fashion Technology & Textile Engineering*. – V. 3, Is. 3, 2015.

REFERENCES

1. Fedosov S.V., Schepochkina Yu.A., Rumyantseva V.E., Konovalova V.S. Secondary material resources for the construction industry. - Ivanovo: IVGPU, 2017.
2. Golubev I.G., Shvanskaya I.A., Konovalenko L.Yu., Lopatnikov M.V. Waste recycling in the agro-industrial complex. - M.: FGBNU "Rosinformagrotech", 2011.
3. Shilkina S.V. World trends in waste management and analysis of the situation in Russia // *Internet magazine "Waste and Resources"*. - 2020, No. 1 . V. 7. 05ECOR120.
4. Mustafin N.Sh. Production of building materials using industrial waste // *Regional development: electronic scientific and practical journal*. - 2015, No. 8 (12).
5. Bolden J., Abu-Lebdeh T., Fini E. Utilization of recycled and waste materials in various construction applications // *American Journal of Environmental Science*. – V. 9, No. 1, 2013. P. 14...24.
6. Abukhattala M. Use of Recycled Materials in Road Construction // *Proceedings of the 2nd International Conference on Civil, Structural and Transportation Engineering (ICCSTE'16)*. – Ottawa, Canada, 2016. Paper No. 138.
7. Berezinsky A.R. *Plastics in hydraulic engineering construction*. - M.: Energy, 1971.
8. Karabaev N.T., Nurpeisov S.K., Uyzbaev M.M. Composite materials based on epoxy resins and industrial waste for hydrotechnical construction // *Mechanics and Technologies*. - 2018, No. 1 (59). P. 116...122.
9. Tiwari Anurag V., Rao Y.R.M. Study on compressive strength of plastic waste bituminous concrete for road construction // *Scientific and Technical Bulletin of the Bryansk State University*. - 2018, No. 3. P. 328 ... 337.
10. Raghatate A.M. Use of plastic in a concrete to improve its properties // *International journal of advanced engineering research and studies*. – V. 1, Is. 3, 2012. P. 109...111.

11. Fernandez J.E. Flax fiber reinforced concrete-a natural fiber biocomposite for sustainable building material // *WIT Transactions on The Built Environment*. – V. 59, 2002. P.193...207.
12. Bui T.T.H., Boutouil M., Nguyen D.H., Sebaibi N. A Simple Review of Using Coconut Fiber as Reinforcement in Composite // *The 8th International Conference of Asian Concrete Federation "Sustainability and innovation in concrete material and structures"*. – Fuzhou, China, 2008. P. 307...319.
13. Mohammed L., Ansari M.N.M., Pua G., Jawaid M., Islam M.S. A Review on Natural Fiber Reinforced Polymer Composite and Its Applications // *International journal of polymer science*. – 2015. Article ID 243947.
14. Kers J., Peetsalu P., Saarna M., Viikna A., Krumme A., Menind A. Preliminary investigation into tensile characteristics of long flax fibre reinforced composite material // *Agronomy Research*. – V.8, 2010. P.107...114.
15. Hassan T., Jamshaid H., Mishra R., Khan M.Q., Petru M., Novak J., Choteborsky R., Hromasova M. Acoustic, Mechanical and Thermal Properties of Green Composites Reinforced with Natural Fibers Waste // *Polymers*. – V. 12, № 3, 2020. P. 654.
16. Ibragimov A.M., Vakhina T.N., Susoeva I.V. Use of irretrievable waste flax and cotton for production of heat-insulating plates // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – V. 451, Is. 1, 2018. P. 012005.
17. 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*. – V. 34, 2012. P. 470...475.
18. Williams N., Lundgren K., Wallbaum H., Malaga K., Malaga K. Sustainable potential of textile-reinforced concrete // *Journal of Materials in Civil Engineering*. – V. 27, Is. 7, 2015. P. 04014207.
19. Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Bakaeva N.V., Kobeleva S.A. Ecological safety of using textile waste in the building materials industry. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. - 2017, No. 1. P. 194 ... 198.
20. Reis J. Effect of textile waste on the mechanical properties of polymer concrete // *Materials Research*. – V. 12, No. 1, 2009. P. 63...67.
21. Arıkan H. Fracture behavior of textile glass fiber reinforced polymer concrete according to mixed-mode // *Journal of Thermoplastic Composite Materials*. – V.25, Is. 6, 2011. P. 663...677.
22. Binici H., Gemci R., Kucukonder A., Solak H.H. Investigating sound insulation, thermal conductivity and radioactivity of chipboards produced with cotton waste, fly ash and barite // *Construction and building materials*. – V. 30, 2012. P. 826...832.
23. 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*. – V. 14, Is. 20, 2021. P. 6079.
24. 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*. – V. 92, 2015. P. 161...169.
25. Aishwariya S. Waste Management Technologies in Textile Industry // *Innovative Energy & Research*. – V. 7, Is. 3, 2018. P. 211.
26. Algin H.M., Turgut P. Cotton and Limestone Powder Wastes as Brick Material // *Construction and building materials*. – Vol. 22, Is. 6, 2008. P.1074...1080.
27. Liang R., Hota G. Fiber-reinforced polymer (FRP) composites in environmental engineering applications // In: Hodzic A, Shanks R, editors. *Handbook of Natural fiber Composites: Materials, Processes and Properties*. – Oxford, United Kingdom: Woodhead Publishing. – 2014. P. 410...468.
28. Ghiassian H., Poorebrahim G., Gray D. Soil reinforcement with recycled carpet wastes // *Waste Management and Research*. – V. 22, Is. 2, 2004. P.108...114.
29. 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*. – V. 23, Is. 4, 2011. P.242...248.
30. Zimina E.L. Analysis of the possibility of using light industry waste in the production of building materials // *Bulletin of the Vitebsk State Technological University*. - 2016, No. 2 (31). pp. 39...46.
31. Rushforth I., Horoshenkov K.V., MirafTab M., Swift M.J. Impact sound insulation and viscoelastic properties of underlay manufactured from recycled carpet waste // *Applied Acoustics*. – V. 66, Is. 6, 2005. P.731...749.
32. Wagner R. Reclamation of carpet waste for building insulation // *Conservation & Recycling*. – V. 2, Is. 2, 1978. P. 131...135.
33. Solonin V.A., Klyusov A.A., Berdov G.I. Properties of heavy cement concretes with a complex additive based on liquid waste from leather production. *Izv. universities. Construction*. - 2006, No. 11-12. S. 10...13.
34. Khahro S.H., Memon N.A., Ali T.H., Memon Z.A. Improving Material Waste Management Performance: An Attribute Study For Provential Projects // *International Journal of Civil Engineering and Technology*. – V. 7, Is. 6, 2016. P. 498...506.
35. Mushahary J., Mirunalini V. Waste management in leather industry – environmental and health effects and suggestions to use in construction purpose // *International Journal of Civil Engineering and Technology*. – V. 8, No. 4, 2017. P. 1394...1401.
36. Sivaprakash K., Maharaja P., Pavithra S., Boopathy R., Sekaran G. Preparation of light weight constructional materials from chrome containing buffing dust solid waste generated in leather industry // *Journal of material cycles and waste management*. – V. 19, Is. 2, 2016. P. 928...938.
37. Sathish Kumar V., Vijayaravind S. Utilization of tannery shredded waste as fine aggregate in concrete

// International Journal of Engineering Research and Technology. – V.4, Is. 4, 2015. P. 484...486.

38 Al-Joulani N.M.A. Effect of Rubber and Leather wastes on concrete properties // Third International conference on Energy and Environmental protection in Sustainable Development (ICEEP III). – Hebron, West bank, State of Palestine: Palestine Polytechnic University. – 2013. ENV163.

39. Dvorkin L.I., Pashkov I.A. Building materials from industrial waste. - Kyiv: Vishcha school, 1989.

40. Abderrazak H., Sofiene B., Faten F., Abdelmajid J. Sound Insulation Performances of Linters Made of Textile Waste // Journal of Fashion Technology & Textile Engineering. – V. 3, Is. 3, 2015.

Поступила 22.11.21.
