

УДК 674.812:674.836

И. Г. Федосенко¹, М. И. Дребушевич²¹Белорусский государственный технологический университет²ОАО «Минскдрев»**ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ИЗ КОРЫ СОСНЫ НА МИНЕРАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ**

Целью исследования является выявление особенностей, требуемых для правильного конструирования плитных материалов из коры сосны на минеральных вяжущих. Достижение поставленной цели осуществляли посредством исследования влияния фракционного состава наполнителя, упрочняющих и уплотняющих структурных добавок, а также внешних упрочняющих покрытий.

Использование коры в качестве топлива не всегда удобно из-за высокой зольности и влажности, однако предприятия вынуждены утилизировать этот отход на своей территории. Решение поставленных вопросов найдено в этой работе. Кору предлагается использовать взамен древесной стружки и прочих органических наполнителей в производстве композиционных строительных материалов с минеральной матрицей в виде цементного и гипсового вяжущего.

Авторы изготавливали плитные материалы из коры с портландцементом и гипсом по разным рецептурам, определяли плотность, влажность, водо- и влагопоглощение, теплопроводность, прочность на изгиб, а также динамику поглощения. Также было исследовано, какое влияние добавки и упрочнители поверхности оказывают на механические свойства плит.

По результатам экспериментов были сделаны выводы. Рекомендовано для плит, имеющих изоляционное назначение, использовать более крупные частицы коры с условием максимального наполнения ими композита. Цемент в качестве вяжущего следует использовать для производства крупногабаритных изделий, эксплуатируемых в более агрессивных условиях, а гипс – для изделий небольших размеров, используемых внутри помещения. Добавление в конструкцию плит стекловолоконной сетки значительно увеличит несущую способность.

Ключевые слова: кора, цемент, гипс, плита, плотность, прочность, теплопроводность, влагопоглощение, водопоглощение.

Для цитирования: Федосенко И. Г., Дребушевич М. И. Особенности конструирования плитных материалов из коры сосны на минеральных вяжущих // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2023. № 1 (264). С. 187–193. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-264-20.

I. G. Fedosenko¹, M. I. Drebushevich²¹Belarusian State Technological University²OJSC “Minskdriv”**FEATURES OF CONSTRUCTION OF PLATE MATERIALS
FROM PINE BARK ON MINERAL BINDERS**

The aim of the study is to identify the features required for the correct construction of board materials from pine bark on mineral binders. Achieving this goal was carried out by studying the effect of the fractional composition of the filler, strengthening and sealing structural additives, as well as external hardening coatings.

The use of bark as fuel is not always convenient due to high ash content and humidity, however, enterprises are forced to dispose of this waste on their territory. The solution to the questions raised is found in this work. The bark is proposed to be used instead of wood shavings and other organic fillers in the production of composite building materials with a mineral matrix in the form of a cement and gypsum binder.

The authors made board materials from the bark with Portland cement and gypsum according to different recipes, determined the density, humidity, water and moisture absorption, thermal conductivity, bending strength, and absorption dynamics. It was also investigated what effect additives and surface hardeners have on the mechanical properties of the boards.

Based on the results of the experiments, conclusions were drawn. It is recommended for slabs with insulating purposes to use larger particles of bark with the condition of maximum filling of the composite with them. Cement as a binder should be used for the production of large-sized products operated in more aggressive conditions, and gypsum for small-sized products for indoor use. Adding fiberglass mesh to the slab construction will significantly increase the load-bearing capacity.

Keywords: bark, cement, gypsum, slab, density, strength, thermal conductivity, moisture absorption, water absorption.

For citation: Fedosenko I. G., Drebushevich M. I. Features of construction of plate materials from pine bark on mineral binders. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2023, no. 1 (264), pp. 187–193. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-264-20. (In Russian).

Введение. Сосна обыкновенная, или *Pinus sylvestris*, в Республике Беларусь составляет 54,8% лесного фонда заготавливаемой древесины. Переработка этой породы позволяет удовлетворить не только внутреннюю, но и экспортную потребность страны в древесине. При этом часто остается побочный продукт – кора, который не учитывается в расчетах потребителя с производителем сырья. Кора сосны достигает 7% объема круглой древесины в верхней части ствола и 14,4% в нижней [1]. Плотность коры также меняется по направлению от комля бревна к вершине – снижается от 496 до 735 кг/м³ в абсолютно-сухом состоянии [2].

При агрегатной обработке древесины или после переработки кусковых отходов в щепу присутствие коры не желательно. Она в обязательном порядке удаляется с пиловочных бревен для получения чистой измельченной древесины. Данное положение приводит к тому, что излишки этого бесплатного вторичного сырья постоянно скапливаются на предприятиях. Кора, удаляемая с заготовленного круглого леса, обладает повышенной влажностью и содержит значительное количество минеральных включений. Минеральные включения (песок) могут попадать в нее при заготовке и хранении, где она контактирует с почвой, при оседании поднимаемых и разносимых ветром пылевидных частиц на рельефной поверхности, а также в иных частных случаях. Как результат, зольность коры превышает 2%, что в ряде случаев, ограничивает использование коры в виде топлива. Влажность луба в 2–3 раза выше, чем корки. Так, кора в 1,5 раза толще луба в комле и в 5 раз тоньше у вершины сосны. Таким образом, из-за влияния более сухой корки общая влажность коры в вершине сосны достигает 150,4%, в то время как в комле в 2 раза ниже – только 75%. Но даже эта влажность делает нерентабельным использование коры в виде топлива, так как требуется тратить энергетические ресурсы на удаление воды из нее прежде чем использовать в качестве топлива или сырья для его получения.

Кора как внешняя оболочка является изолирующим слоем для растущего дерева. Это – кожа дерева. Изделия из кожи и меха животных прочно обосновались в обиходе человека, они создают барьер между телом и окружающим миром. Из кожи изготавливались доспехи, предохраняющее тело воинов от повреждения холодным оружием. А как насчет того, что и растения способны нам дать схожую защиту? Оказывается – могут.

Коэффициент теплопроводности сосновой коры при влажности 55–65% и плотности

480 кг/м³ составляет 0,09 Вт/(м·К). Этого вполне достаточно для изоляции жилых зданий.

Плитки из цельной коры [3] заменяют внешнюю отделку наружных стен. Причем такая обшивка не нуждается в специальном уходе и окраске, а производитель дает гарантию 30 лет на покрытие. Но такую кору можно заготовить лишь с растений, имеющих развитую лубяную прослойку и только при ручной окорке. На предприятиях кора после окорки стволов деревьев является измельченным материалом и требует агломерирования. Соединение частичек коры между собой возможно как за счет растворимости или плавкости органических компонентов в ее составе, так и в результате введения клеевого или иного вяжущего [4].

Промышленно выпускается материал Expanded cork [5], который изготавливают исключительно из прочной и более ортотропной коры пробкового дуба, произрастающего в основном в Португалии. Пробка после измельчения поступает в закрытую термопрозрачную форму и сжимается в прессе. После подъема температуры выше 300°C в закрытой форме частички пробки как «попкорн» взрываются и в анаэробном состоянии высвобождают воскообразное вещество суберин, который необратимо связывает сжатые частички между собой. После остывания и снятия давления получается сплюснутый агломерат, который далее подвергают обрезке по формату.

Область применения пробковой плиты – утепление стен, полов, потолков, холодильников, труб, дверей. Они также используются для защиты от конденсата, пара и вибраций в конструкциях зданий и машин.

Характеристики такого материала приведены в табл. 1.

Таблица 1

Свойства плит Expanded cork

Наименование, размерность	Значение
Размер плит, мм	1000×500×(10–150)
Размер листов, мм	1250×625×(10–40)
Коэффициент теплопроводности ($t_{cp} = 20^{\circ}\text{C}$), ккал/ч·м·°C	0,035
Нормальные рабочие температуры, °C	–200–110
Огнестойкость по DIN 4102	B2
При кипячении в воде в течение 3 ч.	Не распадается

Плиты из коры на основе клеевых связующих не обладают должной экологичностью из-за присутствия в их составе клеев, которые вредны либо при производстве, либо при эксплуатации. Кроме того, клеевая основа привносит в материал элемент текучести и потерю влагостойкости. Измельченная кора не обладает армирующими свойствами, поэтому она подмешивается к древесному волокну или стружке в процессе изготовления ДСтП или ДВП (МДФ, ХДФ). В качестве связующих выступают карбамидоформальдегидные, фенолформальдегидные, меламиноформальдегидные или изоцианатные клеи. Все они не дружат с экологией, и потому их использование в современных реалиях не конкурентно.

Материалы из коры на клеевом связующем лучше использовать в виде напыляемого покрытия или герметика для заполнения швов, как, например, Iso-Cork [6]. Подобное покрытие состоит из пробковой крошки и пигментов, а в качестве связующего используют акрилатные смолы. Такие смолы обладают большей экологической приемственностью, нежели термически отверждаемые.

Классические строительные материалы являются наиболее экологичными. Так, минеральные вяжущие способны создать матрицу в композите с корой и недопустить снижение экологичности материала. Такая концепция формирования изоляционных материалов и была принята для экспериментальных исследований.

Основная часть. Для получения композитных плит была взята измельченная кора сосны и выделены фракции с размером частиц 2–5 мм и 1–2 мм. В качестве вяжущего использовали портландцемент ПЦ-500Д0 (ЦЕМ-I-42,5Н) по ГОСТ 31108–2016 [7] и гипс строительный Г-4 по ГОСТ 125–2018 [8].

Во избежание появления пузырьков воздуха в смеси, значительно снижающих прочность гипсовых плит [9], в качестве добавки при изготовлении композиционных материалов был выбран пеногаситель Sofexil-520A (далее пеногаситель), производства ООО «СОФЭКС-Силикон» по ТУ 2251-011-42942526-00 с изм. 1–5.

Для дополнительного укрепления материала и возможности создания полноразмерных плит использована армирующая стекловолоконная сетка (далее сетка) по ГОСТ 3826–82 [10], крафт-бумага (далее бумага) по ГОСТ 8273–75 [11] или полипропиленовая фибра (далее фибра) по ГОСТ 14613–83 [12].

Кора с гипсом или цементом смешивались в сухом соотношении 7/3, 3/2, 1/1 и 45/55 по объему соответственно.

Для получения формовочной массы сухую смесь затворяли водой и снова перемешивали,

затем заполняли формы и, создавая вибрацию, уплотняли до полного распределения.

Сетка использовалась для плит на основе гипса и цемента, а бумага – только для плит на основе гипса. Этими материалами покрывались обе противоположные пласти образцов во время формования.

Для получения такой же смеси, но с добавлением пеногасителя, смешивание производилось аналогично предыдущему, но на этапе введения воды в нее был добавлен концентрированный раствор пеногасителя.

Добавление фибры происходило в момент сухого смешивания вяжущего и коры.

Форму со смесью закрывали крышкой и помещали под винтовой необогреваемый пресс, в котором происходила фиксация образца до схватывания. Для гипса время нахождения в закрытой форме составило 30 мин, для цемента – трое суток. После образцы освобождали от форм и выдерживали при температуре около 20°C в течение 30 дней до полного созревания вяжущего и кондиционирования плит.

Полученные плитки раскраивали по размеру для испытаний. Так, для определения теплопроводности получали плитки с гипсовым (рис. 1) и цементным (рис. 2) вяжущим размером по пласти 100×100 мм. Для сплошного контакта с датчиками плоскость образцов выравнивали шлифованием.



а



б

Рис. 1. Образцы с гипсовым вяжущим: а – фракция коры 2–5 мм; б – фракция коры 1–2 мм



а



б

Рис. 2. Образцы с цементным вяжущим:
а – фракция коры 2–5 мм; б – фракция коры 1–2 мм

Коэффициенты теплопроводности и термического сопротивления определяли с помощью прибора ИТП МГ-4.

Испытания плит на прочность проводили в соответствии с ГОСТ 26816–2016 [13]. Использовали испытательную машину MTS INSIGHT 100, имеющую автоматический контроль нагрузки и перемещения захватов.

Испытания плит на водо- и влагопоглощение проводились в соответствии с ГОСТ 10634–88 [14].

Результаты определения физико-механических свойств были сгруппированы для анализа и представлены в табл. 2–5.

Таблица 2

Характеристики плит, полученных из коры размером 2–5 мм и минерального вяжущего при соотношении 3/2 соответственно

Показатель	Гипс	Цемент
Плотность, кг/м ³	527	1134
Прочность на изгиб, МПа	0,776	2,074
Влагопоглощение, %	7,37	5,45
Водопоглощение, %	78,4	33,7
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,109	0,283
Начальная влажность, %	4,81	5,37

Таблица 3

Сравнение характеристик плит на основе цемента в зависимости от размеров коры и ее удельной доли в композите

Показатель	Размеры частиц коры, мм			
	2–5		1–2	
	Соотношение по объему кора/вяжущее в рабочем состоянии			
	7/3	3/2	1/1	45/55
Плотность, кг/м ³	974	1134	1110	1250
Прочность на изгиб, МПа	1,36	2,07	3,49	3,67
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,139	0,283	0,203	0,260
Начальная влажность, %	4,89	5,37	3,60	2,42

Таблица 4

Влияние добавок и армирующих покрытий на свойства плит из коры 2–5 мм и гипса при соотношении 3/2 соответственно

Показатель	Добавки		Армирующие покрытия	
	нет	Sofexil-520A	сетка	картон
Плотность, кг/м ³	527	501	–	–
Прочность на изгиб, МПа	0,776	0,295	2,019	1,719
Влагопоглощение, %	7,37	9,83	–	–
Водопоглощение, %	78,4	395,5	–	–
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,109	0,134	–	–
Начальная влажность, %	4,81	5,84	–	–

Таблица 5

Влияние добавок и армирующих покрытий на свойства плит из коры 2–5 мм и цемента при соотношении 3/2 соответственно

Показатель	Добавки			Сетка
	нет	Sofexil-520A	фибра	
Плотность, кг/м ³	1134	1183	–	–
Прочность на изгиб, МПа	2,074	2,405	0,339	2,348
Влагопоглощение, %	5,448	5,507	–	–
Водопоглощение, %	33,7	33,3	–	–
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,283	0,286	–	–
Начальная влажность, %	5,37	4,63	–	–

Анализируя данные табл. 2, можно заключить, что очевидным преимуществом цементных композитов являются механические свойства. Так, прочность при изгибе плит на цементном вяжущем в 2,7 раза превышает этот показатель для плит на гипсовом. Плотность плит на цементном вяжущем превышает в 2,2 раза плотность плит на гипсовом. При этом влагопоглощение плит с цементом ниже на 26%, а водопоглощение ниже в 2,3 раза. Однако теплопроводность цементных плит в 2,6 раза выше, чем гипсовых, что частично можно объяснить как плотностью вяжущего, так и самого композита. В данном случае хорошо видно, что потеря в теплоизоляционных свойствах полностью компенсируется увеличением прочности.

В табл. 3 видно, что с увеличением содержания коры в составе цементных плит всего на 10% (с 60 до 70%) их плотность снижается на 14,1%, прочность на изгиб – на 34,3%, а теплопроводность – примерно в 2 раза. Использование более мелкой фракции увеличивает плотность и прочность [15], но также увеличивает теплопроводность при тех же соотношениях компонентов. Это связано с более гомогенным распределением материалов в композите.

Как видно из табл. 4 и 5, добавка пеногасителя отрицательно сказалась на прочности плит из гипса (снижение в 2,6 раза), но дала наилучший эффект в плитах из цемента (увеличение на 16%). В гипсовом композите пеногаситель плохо показал себя по отношению к воде: влагопоглощение увеличилось в 1,3 раза, а водопоглощение и вовсе в 5 раз. Теплопроводность при этом увеличилась на 22,9%. В цементном композите пеногаситель не оказал влияние на отношение к воде и не изменил теплопроводность, следовательно, он только увеличил прочность.

Динамика водо- и влагопоглощения представлена графиками на рис. 3 и 4.

На рис. 3 видно, что поглощение воды как цементной, так и гипсовой композицией происходит быстрее в первые 3 суток контакта с водой, но после этого процесс заметно затухает. Плотность цементного вяжущего не позволяет идти процессу также интенсивно, как у гипса. Так, за полчаса гипсовые плиты набрали 70% от предела насыщения, в то время как цементные – 56%.

Поглощение влаги корьевыми плитами на минеральных вяжущих происходит несколько иным способом. Отчетливо видны две зоны. В первой идет медленное увлажнение, во второй – интенсивное и в третьей – увлажнение затухает. Время, характеризующее границы этих зон, – 1 сутки и 18 суток. Увлажнение цементной композиции происходит медленнее, чем гипсовой. Так, за полчаса цементные плиты набрали 3% от предела гигроскопичности, что в 2 раза ниже чем у гипсовых плит (6%).

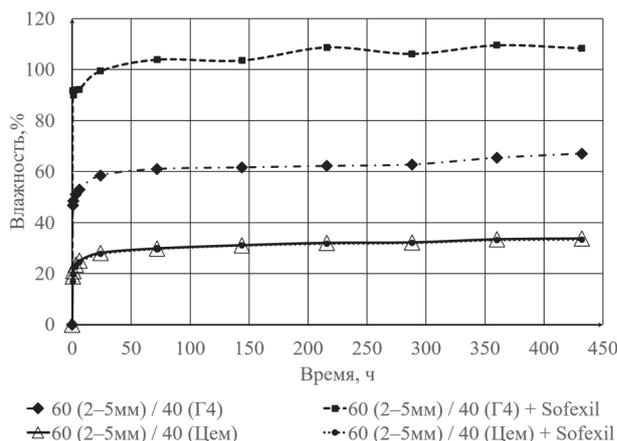


Рис. 3. Динамика водопоглощения образцами плит

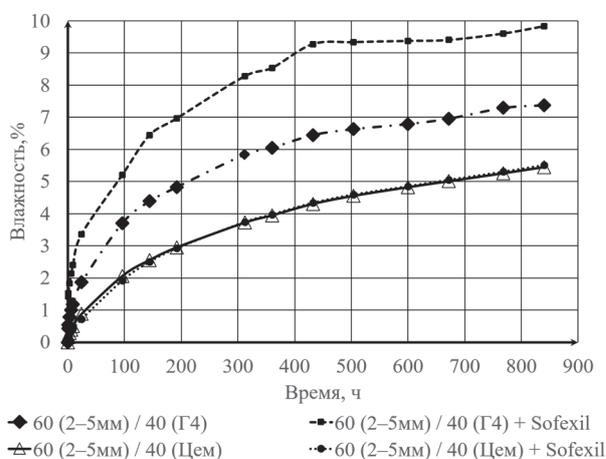


Рис. 4. Динамика влагопоглощения образцами плит

Использование фибры не помогло и без того наполненному на 60% корой композиту на цементном вяжущем и только ухудшило положение (снижение прочности на изгиб в 6 раз).

Сетка из стекловолокна увеличила прочность цементных плит на 13%, а гипсовых – в 2,6 раза, при том что крафт-бумага увеличила прочность гипсовых плит лишь в 2,2 раза.

Заключение. Исследования показали, что кора сосны может быть использована для создания теплоизоляционных плит в композиции как с цементом, так и с гипсом.

С целью увеличения теплоизоляционных свойств следует предпочесть более крупную фракцию коры с максимально возможным ее содержанием в композите. Однако необходимо помнить, что при этом снижается самонесущая способность плит и допустимые размеры изделий также снижаются.

Цементные композиты следует использовать для производства крупногабаритных изделий, эксплуатируемых в более агрессивных условиях, а гипсовые – для изделий небольших размеров для использования внутри помещения.

При использовании стекловолоконной сетки размеры изделий из гипса можно выбирать такие же, как из цемента при прочих равных условиях.

Пеногаситель Sofexil-520A использовать для гипсовых вяжущих нельзя, так как он увеличивает гидрофильность вяжущего после отверждения и снижает его прочность.

Для армирования поверхности плит из коры на минеральных вяжущих предпочтительно использовать стекловолоконную сетку, но для снижения себестоимости допустимо применение крафт-бумаги, также обеспечивающей значительный эффект.

Использовать дополнительные полимерные волокна в составе композиционного материала из коры на минеральных вяжущих опасно, однако в случае должной гомогенизации при смешивании возможно получить удовлетворительные результаты.

Руководящими правилами конструирования плитных материалов из коры сосны на минеральных вяжущих в первую очередь являются назначение и размеры плит. Эти факторы определяют минимально допустимые физико-механические характеристики, добиться которых можно при помощи подбора размеров частиц, типа минерального вяжущего, структурных и внешних упрочнителей.

Список литературы

1. Житков А. В. Утилизация древесной коры. М.: Лесная пром-ть, 1985. 136 с.
2. Вторичные материальные ресурсы лесной и деревообрабатывающей промышленности (образование и использование): справочник. М.: Экономика, 1983. 224 с.
3. Bark siding is the ultimate green-building material // Green Built Alliance. URL: https://www-greenbuilt-org.translate.google/articles/160-bark-siding-is-the-ultimate-green-building-material/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=sc (Дата обращения: 14.10.2022).
4. Цывин М. М. Использование древесной коры. М.: Лесная пром-ть, 1973. 96 с.
5. Wilton O., Howland M. B. Cork Construction Kit // *The Journal of Architecture*. 2020. No. 25:2. P. 138–165.
6. Vrbová P., Prokopová L. The Use of Thin-Layer Insulation Material in Technical Installations in Building Reconstructions // *Key Engineering Materials*. 2022. September. P. 253–259.
7. Цементы общестроительные: ГОСТ 31108–2016. М.: Стандартиформ, 2017. 18 с.
8. Вяжущие гипсовые. Технические условия: ГОСТ 125–2018. М.: Стандартиформ, 2019. 14 с.
9. Федосенко И. Г., Веретиков И. И. Применение коры деревьев в производстве изолирующих и конструкционных плит // *Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов*. 2020. № 2 (234). С. 239–243.
10. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками: ГОСТ 3826–82. М.: Изд-во стандартов, 1984. 12 с.
11. Бумага оберточная. Технические условия: ГОСТ 8273–75. М.: Изд-во стандартов, 1976. 8 с.
12. Фибра. Технические условия: ГОСТ 14613–83. М.: Изд-во стандартов, 1985. 28 с.
13. Плиты цементно-стружечные. Технические условия: ГОСТ 26816–2016. М.: Стандартиформ, 2018. 19 с.
14. Плиты древесностружечные. Методы определения физических свойств: ГОСТ 10634–88. М.: Изд-во стандартов, 1990. 10 с.
15. Федосенко И. Г., Усович А. В. Производственное планирование свойств древесных материалов на основе минеральных вяжущих // *Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов*. 2018. № 2 (210). С. 224–229.

References

1. Zhitkov A. V. *Utilizatsiya drevesnoy kory* [Recycling of tree bark]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1985, 136 p. (In Russian).
2. *Vtorichnyye material'nye resursy lesnoy i derevoobrabatyvayushchey promyshlennosti (obrazovaniye i ispol'zovaniye). Spravochnik* [Secondary material resources of the forestry and woodworking industry (education and use): directory]. Moscow, Ekonomika Publ., 1983. 224 p. (In Russian).
3. Bark siding is the ultimate green-building material. Available at: https://www-greenbuilt-org.translate.google/articles/160-bark-siding-is-the-ultimate-green-building-material/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=sc (accessed 14.10.2022).
4. Tsyvin M. M. *Ispol'zovaniye drevesnoy kory* [Use of tree bark]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1973. 96 p. (In Russian).
5. Wilton O., Howland M. B. Cork Construction Kit. *The Journal of Architecture*, 2020, no. 25:2, pp. 138–165.
6. Vrbová P., Prokopová L. The Use of Thin-Layer Insulation Material in Technical Installations in Building Reconstructions. *Key Engineering Materials*, 2022, September, pp. 253–259.

7. GOST 31108–2016. General construction cements. Moscow, Standartinform Publ., 2017. 18 p. (In Russian).
8. GOST 125–2018. Gypsum binders. Specifications. Moscow, Standartinform Publ., 2019. 14 p. (In Russian).
9. Fedosenko I. G., Veretikov I. I. Application of tree bark in the production of insulating and structural plates. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature management. Processing of Renewable Resources, 2020, no. 2 (234), pp. 239–243 (In Russian).
10. GOST 3826–82. Wire mesh with square mesh. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1984. 12 p. (In Russian).
11. GOST 8273–75. Wrapping paper. Specifications. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1976. 8 p. (In Russian).
12. GOST 14613–83. Fiber. Specifications. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1985. 28 p. (In Russian).
13. GOST 26816–2016. Cement-bonded slabs. Specifications. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 2018. 19 p. (In Russian).
14. GOST 10634–88. Wood chip boards. Methods for determining physical properties. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1990. 10 p. (In Russian).
15. Fedosenko I. G., Usovich A. V. Production planning of the properties of wood materials based on mineral binders. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature management. Processing of Renewable Resources, 2018, no. 2 (210), pp. 224–229 (In Russian).

Информация об авторах

Федосенко Иван Гаврилович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии деревообработки. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Ivan.fedosenko@mail.ru

Дребушевич Маргарита Игоревна – инженер по качеству. ОАО «Минскдрев» (220102, г. Минск, ул. Социалистическая, 20, Республика Беларусь). E-mail: margarita_fedoruk@mail.ru

Information about the author

Fedosenko Ivan Gavriilovich – PhD (Engineering), Associate Professor, the Department of Woodworking Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Ivan.fedosenko@mail.ru

Drebushevich Margarita Igorevna – quality engineer. OJSC “Minskdriv” (20, Sotsialisticheskaya str., 220102, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: margarita_fedoruk@mail.ru

Поступила 14.10.2022