

УДК 691-419: 674-419

КОНСТРУКЦИОННЫЙ ОБЛЕГЧЕННЫЙ ПЛИТНЫЙ МАТЕРИАЛ

Е.В. Микрюкова, М.А. Седых

CONSTRUCTIONAL LIGHTWEIGHT PLATE MATERIAL

E.V. Mikryukova, M.A. Sedykh

Аннотация. В статье предложен альтернативный вариант облегченного материала, предназначенного для строительства, в частности для создания межкомнатных перегородок, кроме этого возможно применение для изготовления мебели и столярно-строительных изделий. Данный материал состоит из двух наружных слоев, выполненных преимущественно из древесного листового материала и внутреннего слоя, который представляет собой фрагменты картонных гильз. Облегченный плитный материал решает проблему материалоемкости за счет использования расходного материала – картонных гильз. Для данного материала в статье представлена методика расчета удельного веса и необходимого количества картонных гильз и их расход на 1 м^2 плиты по приведенным формулам. Удельный вес плиты при заданных условиях варьируется от 162 до 447 кг/м^3 в зависимости от толщины плиты.

Ключевые слова: *облегченный материал; многослойные плиты; древесный материал; картонные гильзы; удельный вес; прочность на сжатие.*

Abstract. The article suggests an alternative version of lightweight material intended for construction, in particular for the creation of interior partitions, in addition, it is possible to use for furniture and joinery construction products. This material consists of two outer layers, mainly made of wood-based sheet material and an inner layer, which is fragments of cardboard tubes. Lightweight plate material solves the problem of material consumption by using consumables - cardboard tubes. For this material, the article calculates the specific gravity by formulas and suggests the calculation of the required number of cardboard pipes and their consumption per one square meter of the slab. For this material, the article presents a methodology for calculating the specific gravity and the required number of cardboard pipes and their consumption per one square meter of the slab according to the formulas given. The specific weight of the slab under given conditions varies from 162 to 447 kilograms per cubic meter, depending on the thickness of the slab.

Key words: *lightweight material; laminated plate; increased thickness; wood material; cardboard pipes; specific gravity; compressive strength.*

Современный рынок строительных материалов испытывает потребность в инновационных экологически чистых облегченных материалах. Замена традиционных материалов и наполнителей решит проблему комплексного использования древесины и снижения материалоемкости изделий из нее [1]. Облегченные конструкции дают импульс к развитию мебельной промышленности, новых возможностей и современных дизайнерских решений не возможных до настоящего времени с применением стандартных тяжелых плитных материалов.

В последние 10 – 15 лет разработки новых плит и панелей с удельным весом ниже $450 - 500\text{ кг/м}^3$ велись в разных направлениях. Например, облегчение древесностружечной плиты путем уменьшения количества древесного наполнителя. В другом случае, облегчение материала происходило путем замены плотной древесины менее плотной, как правило, плантационной. Разработки ведутся в облегчении плит за счет изменения наполнителя, а именно, в роли наполнителя выступает вспененный полимер или расширяющаяся

полиуретановая пена, так же наполнитель может иметь ячеистую структуру, такую как у тамбурата – сотовое картонное заполнение [2].

Материал, внутренний наполнитель которого представляет собой пустоты в виде труб, называется трубчатая древесностружечная плита, полученный путем вертикального прессования. По сравнению с цельными плитами, вес трубчатой плиты ниже на 60%. Это доказывает, что высококачественным материалам совершенно необязательно быть тяжелыми. Плотность такой плиты составляет 270 кг/м^3 [3].

Другой материал – дендролит производят из низкосортного цельного пиломатериала без обзола, в отличие от традиционных плит, которые изготавливают из стружки или опилок. При производстве среднего слоя плиты можно, например, использовать древесину после термообработки с синевой или пораженную жуком-короедом, средний слой плиты все равно будет обладать высокими техническими характеристиками. Плотность такой плиты составляет $250\text{-}300 \text{ кг/м}^3$ [4].

В настоящее время наиболее популярным облегченным материалом для мебельного производства является тамбурат. Тамбурат – это сэндвич-панель, у которой внутренним наполнителем является ячеистая конструкция повышенной толщины, а наружные слои чаще всего выполнены из листовых древесноволокнистых или древесностружечных плит. Удельный вес плиты с закладными элементами составляет примерно 300 кг/м^3 [5].

Несмотря на убедительные технические и конструкционные характеристики рассматриваемых материалов, их использование может быть затруднено высокой стоимостью.

Альтернативным вариантом облегченного материала является – конструкционный облегченный плитный материал. Предложенный вариант состоит из трех, склеенных между собой слоев. Наружные слои могут быть выполнены из листового, преимущественно древесного материала, а внутренний слой представляет собой фрагменты картонных гильз. В качестве наружных слоев может быть: массивная древесина, шпон, фанера, древесностружечные и древесноволокнистые плиты. В качестве внутреннего слоя могут быть фрагменты картонных гильз различной толщины. За счет изменения (увеличения или уменьшения) высоты картонных гильз меняется толщина материала. Таким образом, можно значительно увеличить толщину конструкционного плитного материала, но при этом сохранить небольшой вес.

Предлагаемый материал обладает такими преимуществами как низкая материалоемкость и стоимость за счет рационального использования отходов в виде картонных гильз, небольшой удельный вес плиты при высокой прочности, экологичность.

Нами был создан опытный образец облегченного плитного материала с наружными слоями и древесноволокнистой плиты средней плотности или МДФ толщиной 3 мм и внутренним слоем в виде картонный гильз с наружным диаметром 48 мм (рис. 1).



Рисунок 1 – Конструкционный облегченный плитный материал

Высокая жесткость и прочность конструкционного плитного материала обеспечивается благодаря внутреннему слою в виде картонных гильз, расположенных упорядоченно рядами, плотно друг к другу, перпендикулярно наружным слоям. С целью сравнения прочностных характеристик нового материала с наиболее близким аналогом – тамбуратом были проведены испытания прочности на сжатие. Для испытаний были изготовлены облегченные плитные материалы толщиной 25 и 40 мм с наружными слоями из МДФ толщиной 3 мм и внутренним слоем из картонных гильз с наружным диаметром 30 и 48 мм. Далее из плитных материалов были выпилены образцы размерами 50x50 мм и толщиной равной толщине исходного плитного материала. Результаты испытаний представлены на диаграмме (рис. 2).

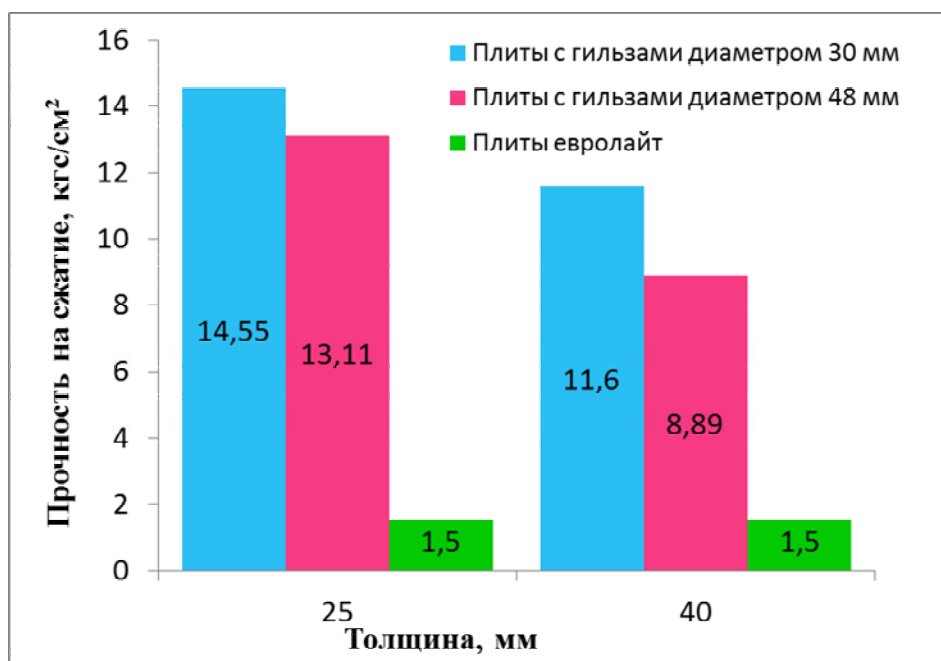


Рисунок 2 – Сравнение прочности на сжатие облегченных плитных материалов

Как видно из диаграммы, при толщине плиты 25 мм и диаметром гильз 30 мм прочность на сжатие составляет 14.55 кгс/см^2 , а диаметром гильз 48 мм – 13.11 кгс/см^2 . При толщине плиты 40 мм и диаметром гильз 30 мм прочность на сжатие составляет 11.6 кгс/см^2 , и диаметром гильз 48 мм – 8.89 кгс/см^2 . Это объясняется, что чем меньше диаметр картонных гильз, тем больше ребер жесткости на единицу площади. С увеличением толщины плиты, увеличивается толщина картонных гильз, прочность которых по сравнению с наружными слоями из МДФ ниже.

Аналогичный облегченный материал – тамбурат от производителя «Евролайт» имеет прочность на сжатие всего 1.5 кгс/см^2 [3]. Прочность на сжатие нового конструкционного облегченного плитного материала для представленных типоразмеров в 5-9 раз превышает аналогичный показатель тамбурата.

Для теоретического определения плотности конструкционного облегченного плитного материала разделим его поверхность на единичные элементы, включающие один фрагмент картонных гильз (рис. 3). Площадь такого элемента будет равна площади квадрата, в который вписана окружность диаметром равным наружному диаметру картонных гильз. Высота элемента будет равна толщине плитного материала.

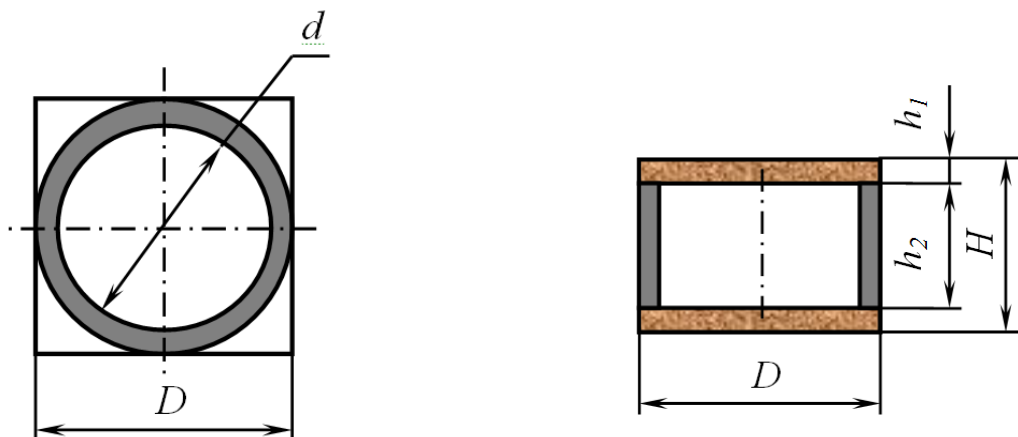


Рисунок 3 – Продольный и поперечный разрезы единичного элемента облегченного плитного материала

Для нахождения удельного веса конструкционного облегченного плитного материала (ρ , кг/м³) была выведена формула (1).

$$\rho = \frac{2\rho_1 h_1 D^2 + \rho_2 h_2 \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)}{D^2 H}, \quad (1)$$

где ρ_1 , ρ_2 – соответственно плотность материала наружных слоев и материала внутреннего слоя (картонных гильз), кг/м³; h_1 , h_2 – соответственно толщина наружных слоев и толщина внутреннего слоя, м; D , d – соответственно внешний и внутренний диаметры картонных гильз, м; H – толщина конструкционного плитного материала, м.

Используя данную формулу, можно прогнозировать удельный вес конструкционного облегченного плитного материала. Для этого необходимо знать плотность и размеры материалов наружных и внутренних слоев, диаметры картонных гильз, а так же толщину плиты.

Нами был рассчитан удельный вес для конструкционного облегченного плитного материала с наружными слоями, выполненными из МДФ толщиной 3 мм ($\rho_1 = 870$ кг/м³) и толщиной 6 мм ($\rho_1 = 790$ кг/м³), внутренним слоем из картонных гильз с наружным диаметром 30 мм ($\rho_2 = 510$ кг/м³) и 48 мм ($\rho_2 = 810$ кг/м³). В скобках представлены значения плотности МДФ и картонных гильз, для которых были произведены расчеты. Результаты расчетов приведены в таблице.

В зависимости от толщины облегченного плитного материала будет изменяться и расход картонных гильз для его изготовления. Был произведен расчет расхода картонных гильз диаметрами 30 и 48 мм для изготовления 1 м² облегченного плитного материала с наружными слоями из МДФ толщиной 3 мм (табл.). Расчет расхода картонных гильз (l , м) для изготовления 1 м² облегченного плитного материала производится по формуле (2).

$$l = h_1 / D^2. \quad (2)$$

Расход картонных гильз диаметром 30 мм в 2.5 раза больше, чем гильз диаметром 48 мм и это соотношение не зависит от толщины плиты. Фактический расход картонных гильз при изготовлении облегченного плитного материала будет больше с учетом коэффициентов полезного выхода и коэффициентов технологических отходов.

Таблица – Характеристики облегченного плитного материала

Толщина плитного материала, мм	Удельный вес, кг/м ³ , для наружных слоев			Расход картонных гильз, м, для изготовления 1 м ² облегченного плитного материала при диаметре картонных гильз, мм	
	МДФ, 3 мм		МДФ, 6 мм		
	при диаметре картонных гильз, мм			30	48
	30	48	48		
25	298.34	309.24	447.43	21	8.3
30	268.1	279.57	394.73	26.5	10.5
32	258.65	270.3	378.26	28.7	11.4
40	230,29	242.48	328.85	37.5	15
50	207.6	220.22	289.32	48.6	19.3
60	192.5	205.4	263	59.6	23.6
70	181.68	194.79	244.14	70.6	28
80	173.58	186.84	230.03	81.7	32.4
90	167.28	180.66	219.05	92.7	36.8
100	162.24	175.72	210.26	103.8	41.1

На рис. 4 представлен график зависимости удельного веса конструкционного облегченного плитного материала от его толщины при наружном диаметре картонных гильз 30 и 48 мм.

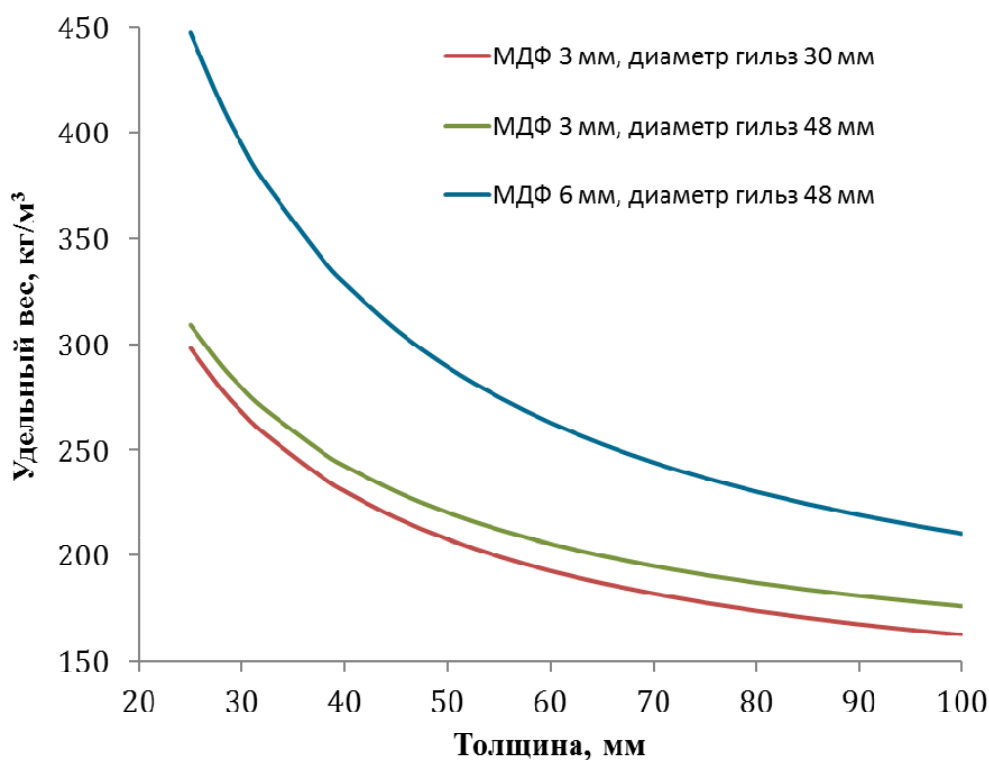


Рисунок 4 – Зависимость удельного веса конструкционного облегченного плитного материала от его толщины

Полученные результаты показывают, что главное влияние на удельный вес конструкционного плитного материала оказывают материалы, выбранные в качестве

наружного слоя. Использование более толстой МДФ (толщиной 6 мм) в качестве наружного слоя приводит к увеличению удельного веса на 20-45%. Чем меньше толщина конструкционного материала, тем эта разница больше. В результате расчетов выяснилось, что диаметр картонных гильз практически не оказывает влияния на удельный вес конструкционного облегченного плитного материала. Удельный вес плиты, имеющий во внутреннем слое гильзы диаметром 48 мм на 3.5-8% больше по сравнению с плитой, имеющей во внутреннем слое гильзы диаметром 30 мм. Это связано с большей плотностью картонных гильз диаметром 48 мм.

Выводы

1. Предложенный новый конструкционный облегченный плитный материал позволит снизить материалоемкость изделий из него, что в свою очередь снизит производственные затраты и затраты на материалы. Применение данного материала не ограничивается одной сферой, так как его можно использовать для изготовления мебели, в качестве наполнителя дверного полотна, а так же как межкомнатные перегородки.
2. Прочность на сжатие облегченного плитного материала с использованием картонных гильз в составляет 8.89-14.55 кг/см², что в 5-9 раз превышает аналогичный показатель тамбурата.
3. Приведенные формулы позволяют прогнозировать удельный вес облегченного плитного материала в зависимости от толщины и вида применяемых для его изготовления материалов, а также планировать расход картонных гильз для его производства.
4. Удельный вес облегченного плитного материала при толщине 100-25 мм составляет 162-447 кг/м³ при использовании в качестве наружных слоев МДФ толщиной 3 или 6 мм, а в качестве внутреннего слоя картонных гильз диаметром 30 и 48 мм. Наибольшее влияние на удельный вес оказывают характеристики (толщина и плотность) материала наружных слоев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Наливко Е.В., Спиглазов А.В., Шетько С.В. Свойства облегченных щитов с бумажным сотовым наполнителем // Деревообрабатывающая промышленность. 2009. № 6. С. 17 – 20.
2. Скуратов Н.В. Инновационные легкие панели из древесины // Лесной вестник. 2016. № 3. С. 60 – 65.
3. Дверные наполнители [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sauerland-spanplatte.de> (дата обращения 09.12.2017).
4. Плиты DENDROLIGHT экологичны, прочны, легки и выгодны! [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.informdom.com> (дата обращения 08.12.2017).
5. Лёгкие материалы EUROLIGHT компании Эггер [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.egger.com/downloads/bildarchiv/18000/1_18030_PP_Eurolight_RU.pdf (дата обращения 10.12.2017).

REFERENCES

1. Nalivko E.V., Spiglazov A.V., Shet'ko S.V. *Svojstva oblegchennyh shhitov s bumazhnym sotovym zapolnitelem* [Properties of lightweight boards with a paper honeycomb core]. *Derevoobrabatyvajushhaja promyshlennost'*. 2009. No.6, pp.17 – 20.
2. Skuratov N.V. *Innovacionnyye legkie paneli iz drevesiny* [Innovative lightweight wood based panels]. *Lesnoj vestnik*, 2016. No.3, pp. 60 – 65.
3. Door Cores - Overview [Handbook of designer]. Available at: <https://www.sauerland-spanplatte.de> (date accessed: 09.12.2017).



4. DendroLight Plates Are Ecofriendly, Strength, Easy and Efficient! [Handbook of designer]. Available at:

http://www.informdom.com/uploads/docs/files/2013_wood/4/1221/Dendro_10_1d_page20.pdf

(date accessed: 08.12.2017).

5. EGGER Eurolight [Handbook of designer]. Available at:

https://www.egger.com/downloads/bildarchiv/18000/1_18030_PP_Eurolight_RU.pdf (date

accessed: 10.12.2017).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Микрюкова Елена Вячеславовна

Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола, кандидат технических наук, доцент кафедры деревообрабатывающих производств,

E-mail: lemikora@yandex.ru

Mikrjukova Elena Vjacheslavovna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Woodworking Productions

E-mail: lemikora@yandex.ru

Седых Мария Александровна

Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола, магистрант кафедры деревообрабатывающих производств,

E-mail: sedykh.rabota@yandex.ru

Sedyh Marija Aleksandrovna

Volga State University of Technology, Russia, Yoshkar-Ola, student of the Department of Woodworking Productions

E-mail: sedykh.rabota@yandex.ru

Корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи:
424000, Йошкар-Ола, пл.Ленина,3, ПГТУ, кафедра ДОП, ауд.165, Микрюковой Е.В.
8(8362) 68-68-02 +375 (214) 53-61-96