

УДК 630\*83

**М. Давиданс<sup>1</sup>, А. Савельев<sup>1</sup>, С. Е. Арико<sup>2</sup>, Л. Липиньш<sup>1</sup>, В. А. Симанович<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Латвийский сельскохозяйственный университет<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет**ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЕНЬЕВ КАМИННЫХ ДРОВ НА ПЛОТНОСТЬ ИХ УКЛАДКИ В УПАКОВКУ**

В статье приведены основные результаты исследований, связанных с изучением влияния параметров каминных дров (поленьев) на плотность их укладки в поддоны типоразмеров 1,8 RM и 1,8 RM (30). В соответствии с разработанной методикой исследований рассматривались 4 наиболее распространенных способа раскола чурок (пополам, на 4, 6 и 8 частей). При этом определялся теоретический объем получаемых поленьев длиной 25 и 30 см, которые сравнивались с реальными, расколотыми заданным методом из чурок аналогичного размера. Полученные результаты позволили установить, что данные теоретических исследований имеют погрешность 6–10%. В свою очередь было установлено, что наименьшее количество поленьев требуется на наполнение поддон-короба типоразмера 1,8 RM поленьями, полученными в результате раскола чурки на 4 части. Это связано с меньшей длиной поленьев (25 см) и возможностью обеспечения более плотной укладки. Наибольший объем пустот наблюдается при укладке поленьев, равных 1/8 части чурки, в поддон-короб типоразмера 1,8 RM (30) и полуполен в поддон-короб типоразмера 1,8 RM. В результате исследований установлены коэффициенты пересчета поленьев в упаковке в плотные кубометры, которые находятся в диапазоне 0,617–0,757.

**Ключевые слова:** каминные дрова, исследование, вместимость, коэффициент, способ укладки, контейнер.

**M. Davidans<sup>1</sup>, A. Saveljev<sup>1</sup>, S. Ye. Ariko<sup>2</sup>, L. Lipins<sup>1</sup>, V. A. Simanovich<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Latvian University of Agriculture<sup>2</sup>Belarusian State Technological University**INFLUENCE OF PHYSICAL PARAMETERS OF FIREWOOD LOGS ON THEIR PACKING DENSITY**

The article presents the main results of the study of the influence of the parameters of firewood (logs) on the density of their laying in pallets of frame sizes 1.8 RM and 1.8 RM (30). In accordance with the developed research methodology, 4 ways to split chocks were considered (in half, into 4, 6, and 8 parts). At the same time, the theoretical volume of the obtained logs with a length of 25 and 30 cm was determined, which were compared with real ones. Processing of the obtained results allowed to establish that the results of theoretical studies have an error of 6–10%. It was found that the smallest amount of logs is required for filling a pallet box of size 1.8 RM with logs resulting from splitting the chocks into 4 parts. This is due to the smaller length of the logs (25 cm) and the possibility of providing a more dense installation. The largest volume of voids is observed when laying logs equal to 1/8 part of the chock in a pallet box of standard size 1.8 RM (30) and half logs in a pallet box of standard size 1.8 RM. As a result of the research, coefficients of recalculation of logs in the package into dense cubic meters, which are in the range of 0.664–0.757, were established.

**Key words:** firewood, the study, capacity, the factor, the method of laying, container.

**Введение.** Каминные дрова становятся популярным экспортно-импортным товаром, но в процессе их производства и торговли существует проблема точности обмера (учета) древесины. Как и у всех видов древесных материалов, у дров единицей продажи и оплаты является кубометр (м<sup>3</sup>), редуцированный в плотный кубометр древесины [2–4]. Коэффициент редукации (пересчета) зависит от вида укладки дров, формы поленьев и влажности (соответственно – плотности) древесины [10–13].

Каминные дрова могут укладываться [2, 6] в картонные коробки (рис. 1, а), сетчатые меш-

ки (рис. 1, б) и большие ящики паллетного типа (рис. 2). При этом вопрос теории упаковки товара неправильной формы в стандартизированную транспортную упаковку рассмотрен мало.

Поленья как товар характеризуются своим происхождением, породой, длиной, формой поперечного сечения [4, 5]. При этом в случае транспортировки каминных дров на основе использования международного автотранспорта и морских контейнеров преобладающий объем каминных дров укладывается вручную в паллетные короба, основанные на стандартизированных поддонах.



Рис. 1. Упаковка каминных дров в картонную коробку (а) и сетку (б)



Рис. 2. Упаковка каминных дров в ящики (поддон-короба)

Чтобы точно определить количество дров в различных типах упаковки, выдвинута цель работы: найти метод определения плотности укладки каминных дров в зависимости от формы отдельных поленьев и размеров упаковочных поддонов-коробов.

**Основная часть.** Для исследования рассматривался случай укладки дров на транспортные поддоны вручную в жесткие упаковочные короба с четкими размерами, указанными в табл. 1.

Таблица 1

**Размеры поддонов**

Типоразмер	Размер наружный, м	Размер внутренний, м	Объем-брутто, м <sup>3</sup>
1,0 RM	1,15×1,05×0,8	1,1×1,0×0,8	0,880
1,8 RM	1,15×1,05×1,6	1,1×1,0×1,6	1,760
1,5 RM	1,15×1,22×1,15	1,1×1,0×1,15	1,265
1,8 RM (30)	1,15×0,8×2,1	1,1×0,77×2,1	1,779

Для дальнейшего рассмотрения были выбраны поддоны-короба 1,8 RM и 1,8 RM (30), которые нашли наиболее широкое распространение и характеризуются наибольшим внутренним объемом брутто, который составляет около 1,8 м<sup>3</sup>. Поддон-короб 1,8 RM предназначен для дров длиной 25 см, а 1,8 RM (30) – 30 см.

Кроме длины поленьев варьируемыми являлись площадь поперечного сечения поленьев 50–100 см<sup>2</sup>, которая изменялась в зависимости от формы профиля поленьев (полуполено, четвертина – 1/4, шестая часть полена – 1/6, восьмая часть полена – 1/8) и диаметр чурок.

Приняв, что форма поленьев идеальна, сбегистость дровяных чурок отсутствует ввиду короткой длины (25 и 30 см), а форма профиля полена неизменная на всем протяжении, для определения объема поленьев использовались основные формулы геометрии [1].

Учитывая особенности производства каминных дров и параметры отдельных поленьев, принято [1, 7–9, 14–16]:

– полупольня производятся из чурок диаметром 8–16 см, а объем одного полена находится по выражению

$$V_{\text{пл}} = \frac{\pi d^2}{8} l,$$

где  $d$  – диаметр дровяной чурки, м;  $l$  – длина полена, м;

– четвертинное полено производится из чурки диаметром 17–22 см, объем которого определяется по формуле

$$V_{\text{пл}} = \frac{\pi d^2}{16} l;$$

– поленья, соответствующие шестой части чурки диаметром 23–28 см, имеют объем, определяемый как

$$V_{\text{пл}} = \frac{\pi d^2}{24} l;$$

– объем поленьев, равных восьмой части чурки (диаметр 29–36 см), соответственно равен

$$V_{\text{пл}} = Sl,$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения поленьев, м<sup>2</sup>.

Учитывая ограничения параметров поленьев, их раскол на восемь частей можно представить в виде двух последовательных операций: раскол чурки на 4 части и последующий раскол каждой из них на две. При этом площадь поперечного сечения четырех поленьев приближена к трапеции, а остальных к треугольнику. Приняв допущение, что площади этих поленьев равны, объем каждого из них можно определить как

$$V_{\text{пл}} = \frac{\pi d^2}{32} l.$$

Полученные результаты расчета объема поленьев из чурок, диаметр которых соответствует середине рассмотренных диапазонов, обобщены в табл. 2 и сравнены с реальными поленьями, объем которых установлен замером физических размеров поленьев соответствующей формы, полученных из чурок аналогичных размеров. По результатам исследований найдена абсолютная и относительная погрешность теоретических результатов.

Таблица 2  
Влияние формы поленьев на их объем

Форма поленьев	Теоретический объем, м <sup>3</sup>	Погрешность	
		м <sup>3</sup>	%
Длина полена 25 см			
Полуполено	0,001413	0,00008478	6,0
1/4	0,001866	0,00012126	6,5
1/6	0,002127	0,00017015	8,0
1/8	0,002591	0,00024616	9,5
Длина полена 30 см			
Полуполено	0,001696	0,00011021	6,5
1/4	0,002239	0,0001679	7,5
1/6	0,002552	0,0002297	9,0
1/8	0,003109	0,00031093	10,0

Чтобы определить количество дровяных поленьев в упаковке и реальный коэффициент пересчета в плотные кубометры древесины, выполнен теоретический расчет возможного количества поленьев и установлено практическое их количество в вышеуказанных поддонах-коробах 1,8 RM и 1,8 RM (30).

На основании значений объема поддонов-коробов 1,8 RM, 1,8 RM (30) (табл. 1) и расчетного объема поленьев (табл. 2) установлено количество поленьев, которое теоретически можно расположить в поддонах-коробах (табл. 3). Для сопоставления результатов исследований с реальными выполнен учет количества поленьев на практике.

Таблица 3  
Число поленьев в поддоне-коробе, шт.

Форма поленьев	Типоразмер поддона	
	1,8 RM	1,8 RM (30)
Теоретически возможное		
Полуполено	1245	833
1/4	943	688
1/6	827	626
1/8	679	473
Практически установленное		
Полуполено	1049	697
1/4	794	572
1/6	697	500
1/8	572	384

После определения числа поленьев в упаковке 1,8 RM и 1,8 RM (30) были установлены коэффициенты пересчета в плотные кубометры древесины для каждой формы поленьев при условии, что в поленице поленья одного вида. Результаты расчета приведены в табл. 4.

Таблица 4  
Коэффициент пересчета поленьев в упаковке в плотные кубометры

Форма поленьев	Длина поленьев	
	25 см	30 см
Полуполено	0,669	0,664
1/4	0,730	0,720
1/6	0,757	0,717
1/8	0,697	0,672

Следует отметить, что наименьший коэффициент пересчета поленьев в упаковке в плотные кубометры соответствует каминным поленьям, полученным в результате деления чурки на 8 частей. Это обусловлено в первую очередь наличием двух различных форм поленьев, что приводит к увеличению пустот между лесоматериалом. Аналогичной является ситуация с полуполеньями, однако следует отметить, что в случае их укладки с поочередным поворотом на 180° обеспечивается увеличение коэффициента пересчета на 5–7%.

При укладке поленьев в поддон-короб допускается погрешность по длине  $\pm 2$  см, что может привести к изменению коэффициента пересчета для поленьев длиной 25 см на 8%, длиной 30 см – на 6,7%.

**Заключение.** Увеличение объема импорта каминных дров в Республике Беларусь и странах балтийского региона привело к потребности повышения точности учета реализуемой древесины. При этом для определения объема древесины используют коэффициент пересчета (коэффициент полнодревесности), который для колотых поленьев лиственных пород длиной 25 и 33 см составляет 0,76 и 0,74 соответственно [10]. При этом на объем древесины, реализуемой в поддонах-коробах, оказывает влияние не только способ укладки, но и параметры поленьев. В результате исследований установлено, что коэффициент пересчета древесины в плотные кубометры изменяется в зависимости от формы поленьев и типоразмера поддона в диапазоне 0,664–0,757. При этом наибольшее его значение соответствует укладке поленьев, полученных делением чурки на 6 частей, так как они имеют практически равные стороны торцевой поверхности, что повышает удобство укладки.

Исследованиями установлено, что укладку полуполеньев, которые имеют наименьший коэффициент пересчета в плотные кубометры, необходимо осуществлять путем поочередного поворота поленьев на 180°, что обеспечивает увеличение плотности укладки

на 5–7%. Также было установлено, что кроме формы поленьев на коэффициент пересчета оказывает влияние погрешность длины, которая приводит к изменению коэффициента для поленьев длиной 25 см на 8%, длиной 30 см – на 6,7%.

### Литература

1. Смирнова И. М., Смирнов В. А. Геометрия. Объемы и площади поверхностей пространственных фигур. М.: Экзамен, 2009. 157 с.
2. Измерение объема дров. URL: [http://www.kadiki-arv.lv/data/files/1251180730\\_microsoft\\_word\\_-\\_malkas\\_merisana2rus.pdf](http://www.kadiki-arv.lv/data/files/1251180730_microsoft_word_-_malkas_merisana2rus.pdf) (дата обращения: 23.02.2019).
3. Как определить куб дров (кубатуру) или объем при покупке. URL: <http://briket.tomsk.ru/kub-drov-raschet.html> (дата обращения: 23.02.2012).
4. Никишов В. Д. Комплексное использование древесины. М.: Лесная пром-сть, 1985. 264 с.
5. Энергетическое использование древесной биомассы: заготовка, транспортировка и сжигание / В. С. Сюнев [и др.]. Петрозаводск: ПетрГУ, 2014. 123 с.
6. Давиданс М., Липи́ньш Л., Латвелис Р. Обоснование коэффициента вместимости каминных дров в упаковке // Труды БГТУ. 2016. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 20–23.
7. Завойских Г. И., Протас П. А., Лой В. Н. Первичная переработка древесинного сырья на лесозаготовительных предприятиях. Минск: БГТУ, 2010. 133 с.
8. Клоков Д. В., Турлай И. В., Леонов Е. А. Оборудование лесопромышленных предприятий. Лабораторный практикум. Минск: БГТУ, 2015. 200 с.
9. Завойских Г. И., Протас П. А., Лой В. Н. Лесоскладское оборудование для первичной переработки и сортировки древесинного сырья. Минск: БГТУ, 2007. 128 с.
10. Дрова. Технические условия: СТБ 1510–2012. Введ. 18.01.2012. Минск: Госстандарт, 2012. 14 с.
11. Лесоматериалы круглые. Методы измерения размеров и определения объема: СТБ 1667–2012. Введ. 01.07.2012. Минск: Госстандарт, 2012. 18 с.
12. Лесоматериалы круглые. Правила приемки, методы контроля, сортировка, маркировка и транспортирование: СТБ 2426–2015. Введ. 28.08.2015. Минск: Госстандарт, 2015. 8 с.
13. Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов: ГОСТ 2708–75. Введ. 17.12.1992. Минск: Госстандарт, 2013. 20 с.
14. Залегаллер Б. Г., Ласточкин П. В., Бойков С. П. Технология и оборудование лесных складов. М.: Лесная пром-сть, 1984. 352 с.
15. Машины и оборудование лесозаготовок / Е. И. Миронов [и др.]. М.: Лесная пром-сть, 1990. 440 с.
16. Шелгунов Ю. В., Горюнов А. К., Ярцев И. В. Лесоэксплуатация и транспорт леса. М.: Лесная пром-сть, 1989. 520 с.

### References

1. Smirnova I. M., Smirnov V. A. *Geometriya. Ob'yomy i ploshchadi poverkhnostey prostranstvennykh figur* [Geometry. Volumes and surface areas of spatial figures]. Moscow, Ekzamen Publ., 2009. 157 p.
2. *Izmereniye ob'yoma drov* [Measurement of firewood]. Available at: [http://www.kadiki-arv.lv/data/files/1251180730\\_microsoft\\_word\\_-\\_malkas\\_merisana2rus.pdf](http://www.kadiki-arv.lv/data/files/1251180730_microsoft_word_-_malkas_merisana2rus.pdf) (accessed 23.02.2019).
3. *Kak opredelit' kub drov (kubaturu) ili ob'yom pri pokupke* [How to determine the cube of firewood (cubic capacity) or volume when buying]. Available at: <http://briket.tomsk.ru/kub-drov-raschet.html> (accessed 23.02.2019).
4. Nikishov V. D. *Kompleksnoye ispol'zovaniye drevesiny* [Comprehensive use of wood]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1985. 264 p.
5. Syunyov V. S., Petukhin A. V., Vasil'yev S. B., Galaktionov O. N., Kuznetsov A. V., Seliverstov A. A., Sukhanov Yu. V., Kholodkov V. S. *Energeticheskoye ispol'zovaniye drevesnoy biomassy: zagotovka, transportirovka i szhiganiye* [Energy use of woody biomass: harvesting, transportation and burning]. Petrozavodsk, PetrGU Publ., 2014. 123 p.
6. Davidans M., Lipin'sh L., Latvelis R. Justification of the capacity ratio of firewood in the package. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2016, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp. 20–23 (In Russian).
7. Zavoyskikh G. I., Protas P. A., Loy V. N. *Pervichnaya pererabotka drevesinnogo syria na lesozagotovitel'nykh predpriyatiyakh* [Primary processing of raw wood at logging enterprises]. Minsk, BGTU Publ., 2010. 133 p.

8. Klokov D. V., Turlay I. V., Leonov E. A. *Oborudovaniye lesopromyshlennykh predpriyatiy. Laboratornyy praktikum* [Equipment for timber industry enterprises. Laboratory practical work]. Minsk, BGTU Publ., 2015. 200 p.

9. Zavoysskikh G. I., Protas P. A., Loy V. N. *Lesoskladskoye oborudovaniye dlya pervichnoy pererabotki i sortirovki drevesinnogo syr'ya* [Lumberyard equipment for primary processing and sorting of raw wood]. Minsk, BGTU Publ., 2007. 128 p.

10. STB 1510–2012. Firewood. Technical conditions. Minsk, Gosstandart Publ., 2012. 14 p. (In Russian).

11. STB 1667–2012. Timber round. Methods for measuring dimensions and determining volume. Minsk, Gosstandart Publ., 2012. 18 p. (In Russian).

12. STB 2426–2015. Timber round. Acceptance rules, control methods, sorting, marking and transportation. Minsk, Gosstandart Publ., 2015. 8 p. (In Russian).

13. GOST 2708–75. Timber round. Volume Tables. Minsk, Gosstandart Publ., 2013. 20 p. (In Russian).

14. Zalegaller B. G., Lastochkin P. V., Boykov S. P. *Tekhnologiya i oborudovaniye lesnykh skladov* [Technology and equipment of timber warehouses]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1984. 352 p.

15. Mironov E. I., Rokhlenko D. B., Belovzorov L. N., Matveyenko L. S., Kulagin Yu. M. *Mashiny i oborudovaniye lesozagotovok* [Logging machines and equipment]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1990. 440 p.

16. Shelgunov Yu. V., Goryunov A. K., Yartsev I. V. *Lesoekspluatatsiya i transport lesa* [Forest exploitation and forest transport]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1989. 520 p.

### Информация об авторах

**Давиданс Марис** – магистр технических наук, преподаватель кафедры лесопользования. Латвийский сельскохозяйственный университет (LV-3001, г. Елгава, ул. Лиела, 2, Латвийская Республика). E-mail: maris.davidans@llu.lv

**Савельев Александр** – доктор технических наук, доцент кафедры лесопользования. Латвийский сельскохозяйственный университет (LV-3001, г. Елгава, ул. Лиела, 2, Латвийская Республика). E-mail: silvasav@inbox.lv

**Арико Сергей Евгеньевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: sergeyariko@mail.ru

**Липиньш Леонард** – доктор технических наук, профессор кафедры лесопользования. Латвийский сельскохозяйственный университет (LV-3001, г. Елгава, ул. Лиела 2, Республика Латвия). E-mail: leonards.lipins@llu.lv

**Симанович Василий Антонович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: sergeyariko@mail.ru

### Information about the authors

**Davidans Maris** – Master of Engineering, lecturer, the Department of Forest Management. Latvian University of Agriculture (2, Liela str., LV-3001, Jelgava, Republic of Latvia). E-mail: maris.davidans@llu.lv

**Saveljev Aleksandr** – DSc (Engineering), Assistant Professor, the Department of Forest Management. Latvian University of Agriculture (2, Liela str., LV-3001, Jelgava, Republic of Latvia). E-mail: silvasav@inbox.lv

**Ariko Sergey Yevgen'evich** – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sergeyariko@mail.ru

**Lipins Leonard** – DSc (Engineering), Professor, the Department of Forest Management. Latvian University of Agriculture (2, Liela str., LV-3001, Jelgava, Republic of Latvia). E-mail: leonards.lipins@llu.lv

**Simanovich Vasily Antonovich** – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sergeyariko@mail.ru

Поступила 11.03.2019