

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 630.363.7

DOI: 10.18324/2077-5415-2023-3-66-71

К вопросу учета технологической щепы

Ю.И. Беленький^{1a}, А.В. Теппов^{2b}, Б.М. Локштанов^{3c}, Т.А. Гусева^{3d},
В.А. Иванов^{4e}, О.А. Пузанова^{4f}

¹ Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, ул. Большая Морская, 18, Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Институтский пер., 5, Санкт-Петербург, Россия

³ Военная академия связи им. С.М. Буденного, пр. Тихорецкий, 3, Санкт-Петербург, Россия

⁴ Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия

^a 2000zalom@gmail.com, ^b avt01@inbox.ru, ^c blokshtanov@mail.ru, ^d guse.tania2012@yandex.ru,

^e ivanovva55@mail.ru, ^f puzanova-olga@rambler.ru

^a <https://orcid.org/0000-0004-4170-3664>, ^b <https://orcid.org/0000-0002-8589-444X>, ^c <https://orcid.org/0000-0002-5390-1457>,

^d <https://orcid.org/0000-0003-1059-8483>, ^e <https://orcid.org/0000-0003-0707-972X>, ^f <https://orcid.org/0000-0001-9681-5041>

Статья поступила 31.08.2023, принята 08.09.2023

Учет измельченных древесных материалов, в том числе технологической щепы, является проблемным вопросом, так как щепы имеет большой диапазон показателей основных свойств. Кроме того, щепы уплотняется от вибрации транспортных средств при ее перевозке. Известно много способов учета щепы, но основных два: геометрический и весовой. В статье рассмотрены эти способы и их преимущества и недостатки. В последнее время Министерство транспорта РФ выпустило ряд приказов, по которым требуется указывать в накладных, сопровождающих насыпные грузы в вагонах, в том числе и щепы, массу груза в тоннах. Получить этот показатель не всегда удается из-за отсутствия весов у поставщика и потребителя. Полученная масса щепы не отражает истинный объем щепы в вагоне, так как требуется получить еще и показатели щепы: породу, влажность, плотность для перевода ее в плотный объем, по которому рекомендуется производить учет щепы по ГОСТ 15815-83. В статье приведены результаты исследований коэффициента полндревесности щепы — основного показателя перевода насыпного объема щепы в вагоне у поставщика в плотный объем (например, $K = 0,36$). Даны формулы для расчета массы щепы в вагоне. Полученный плотный объем щепы должен быть таким же и у получателя щепы, хотя объем щепы в вагоне уменьшился — щепы уплотнилась, и изменился коэффициент полндревесности. В статье даны таблицы по показателям основных свойств щепы, влияющих на учет ее объема при перевозках автомобильным и ЖД транспортом.

Ключевые слова: технологическая щепы; коэффициент полндревесности щепы; плотность древесины; влажность; уплотнение щепы; порода древесины; щеповоз.

On the issue of accounting for technological chips

Yu.I. Belenky^{1a}, A.V. Teplov^{2b}, B.M. Lokshtanov^{3c}, T.A. Guseva^{3d},
V.A. Ivanov^{4e}, O.A. Puzanova^{4f}

¹ St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design; 18, Bolshaya Morskaya St., St. Petersburg, Russia

² St. Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov; 5, Institutsky Per., St. Petersburg, Russia

³ Military Academy of Communication under name of S.M. Budenny; 3, Tikhoretsky Ave., St. Petersburg, Russia

⁴ Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

^a 2000zalom@gmail.com, ^b avt01@inbox.ru, ^c blokshtanov@mail.ru, ^d guse.tania2012@yandex.ru,

^e ivanovva55@mail.ru, ^f puzanova-olga@rambler.ru

^a <https://orcid.org/0000-0004-4170-3664>, ^b <https://orcid.org/0000-0002-8589-444X>, ^c <https://orcid.org/0000-0002-5390-1457>,

^d <https://orcid.org/0000-0003-1059-8483>, ^e <https://orcid.org/0000-0003-0707-972X>, ^f <https://orcid.org/0000-0001-9681-5041>

Received 31.08.2023, accepted 08.09.2023

Accounting for crushed wood materials, including technological chips, is a problematic issue, since the chips have a wide range of basic properties. In addition, the chips are compacted due to vehicle vibration during their transportation. Many methods of accounting for chips are known, but there are two main ones: geometric and weight. The article discusses these methods and their advantages and disadvantages. Recently, the Ministry of Transport of the Russian Federation issued a number of orders, according to which it is required to indicate the mass of cargo in tons, including wood chips, in the waybills accompanying bulk cargo in wagons. It is not always possible

to obtain this indicator due to the lack of scales from the supplier and the consumer. The obtained mass of chips does not reflect the true volume of chips in the car, since it is also required to obtain the indicators of chips: rock, moisture content, density to convert it into a dense volume, according to which it is recommended to account for chips in accordance with GOST 15815-83. The article presents the results of studies of the coefficient of full wood chips – the main indicator of the transfer of the bulk volume of chips in the car from the supplier into a dense volume (for example, $K = 0.36$). Formulas are given for calculating the mass of chips in the car. The resulting dense volume of chips should be the same for the recipient of the chips, although the volume of chips in the car has decreased – the chips have become denser and the wood content ratio has changed. The article gives the tables on the indicators of the main properties of chips that affect the accounting of the volume of chips during transportation by road and railway transport.

Key words: technological chips; wood chips solid-ratio; wood density; moisture content; chips compaction; wood species; chip truck.

Введение. Древесная щепа представляет собой сыпучее вещество, которое необходимо учитывать, — измерять при передаче ее от производителя к потребителю. Но, в отличие от многих сыпучих веществ (строительный песок, уголь, зерно и т. д.), древесная щепа имеет свойства, усложняющие процесс ее учета. Во-первых, щепа имеет большую разницу в размерах по длине, ширине и толщине (табл. 1) [1–4], а это обуславливает ее тенденцию к уплотнению под воздействием нагрузки как статической (давление слоев), так и динамической (толчки и вибрации при перевозке) [1–3; 5; 6]. В отличие от многих сыпучих веществ, коэффициент уплотнения у щепы значителен (данные приведены ниже) [2–11].

Таблица 1. Размер щепы в зависимости от марок, мм

Марка щепы	Длина	Толщина, не более
Ц-1, Ц-2, Ц-3	15–25	5
ГП-1, ГП-2, ГП-3	5–35	5
ПВ	10–35	5
ПС	10–60	30

Во-вторых, масса щепы одного и того же объема щепы зависит как от породы древесины, из которой она произведена, так и от влажности, причем эти показатели варьируются в больших пределах и определяют плотность щепы. В-третьих, влажность щепы, как и влажность древесины, из которой она произведена, зависит от времени года, условий хранения еред погрузкой.

Известно много способов учета древесины и щепы, но все зависит от точности результатов, получаемых разными способами учета.

Щепу можно учитывать по теплотворной способности материала (топливная щепа). Причем щепу в транспортном средстве взвешивают, определяют ее влажность и по таблицам рассчитывают общую теплотворную способность привезенного груза (табл. 2) [8; 9; 12–22].

Таблица 2. Теплотворная способность щепы в Северо-Западном регионе РФ

Абсолютная влажность, %	Теплотворная способность, ккал/кг			
	Ель	Сосна	Осина	Береза
120	2 000	2 200	2 100	2 400
100	2 400	2 600	2 500	2 800
80	2 700	3 000	2 800	3 300
60	3 200	3 500	3 400	3 800
40	3 600	3 900	3 800	4 300
30	3 800	4 200	4 000	4 500
10	4 800	5 000	4 900	5 200

Таблица 3. Плотность древесины (щепы) Северо-Западного региона РФ

Абсолютная влажность, %	Плотность, кг/м ³			
	Ель	Сосна	Осина	Береза
120	820	890	870	970
100	750	800	770	910
80	690	750	730	860
60	610	660	650	750
40	510	600	570	660
30	490	560	540	630
10	370	440	430	480

Щепу можно учитывать по содержанию в ней целлюлозы (для предприятий ЦБП). В этом случае щепу взвешивают, определяют влажность, переводят массу щепы при влажности 12 % и по табличным данным рассчитывают количество целлюлозы в привозной щепе.

Щепу можно учитывать по массе (взвешиванием). При этом разные по показателям объемы партии щепы могут дать одинаковые показатели по весу, поэтому весовой способ учета может быть использован как предварительный — справочный.

Основываясь на том, что влажность, а отсюда и плотность щепы, у производителя и потребителя щепы практически одинакова, весовой способ ее учета в этом плане очень удобен.

Щепа, как и древесина, меняет свои размеры в зависимости от влажности. Щепа усыхает до 10 % при изменении влажности с 30 до 0 %, но при увеличении влажности с 30 до 120 % (абс.) и выше размеры щепок увеличиваются всего до 1 %, т. е. практически не меняются. Кроме того, щепа, находящаяся в больших емкостях и объемах, в довольно-таки большом диапазоне времени сохраняет свою влажность, во всяком случае, в период перевозки по дорогам нашей страны (2–3 суток).

В связи с этим можно сделать вывод о том, что, с учетом свойств щепы, есть сложности при ее учете.

Например, если мы рубим щепу из еловой древесины летом, засыпаем ее в вагон определенной модели с емкостью кузова V_1 и взвесим эту щепу, мы получим массу (вес) щепы m_1 . Рубим еловую щепу осенью, заполняем вагон с емкостью кузова V_1 — и мы получим массу щепы уже m_2 , которая больше m_1 за счет того, что влажность щепы осенью на 15–20 % выше, чем летом, т. е. у одной и той же породы изменяется плотность в зависимости от влажности.

При засыпке в указанный вагон березовой щепы летом мы получим массу щепы в вагоне m_3 , которая близка к массе m_2 (для ели). Такие показатели вносят большие трудности при применении весового способа учета

щепы (и древесины), хотя этот способ наиболее прост в получении самих показателей (имеется большой парк автомобильных и железнодорожных весов) [7; 9; 12; 14]. Отметим, что в большинстве случаев поставщики щепы не имеют железнодорожных весов.

Ученые в России и других странах проводят исследования свойств древесины и щепы с целью упрощения и уточнения измерения количества щепы в емкостях и в кучах, так как учет связан с коммерческой деятельностью предприятий.

Кроме того, в последнее время наблюдается тенденция к искусственному уплотнению щепы в кузовах автомобилей для увеличения ее количества при перевозках, а также к созданию огромных куч щепы (на крупных предприятиях), в которых происходит естественное уплотнение щепы, а количество ее в кучах тоже приходится учитывать.

Исследованиями, проведенными учеными в России [1; 2], установлено, что наиболее приемлемым и довольно-таки точным и независимым является геометрический способ учета щепы, который рекомендован ГОСТ 15815-83 [3].

В связи с этим все другие способы учета технологической щепы должны перевести полученные показатели в геометрический способ (по объему).

Рассмотрим подробнее геометрический способ и уточним некоторые особенности его применения. Этот способ основан на том, что плотный объем щепы (плотная мера) должен быть одинаковым как у поставщиков, так и у потребителя щепы.

Плотная мера — это плотный объем, который соответствует объему бревна, бруса, доски и т. п. Если мы возьмем древесину плотностью 800 кг/м^3 , влажностью 45 % (отн.), и выпилим из нее брус толщиной в сечении $0,25 \times 0,25 \text{ м}$, длиной 16 м, объем которого составит 1 пл. м^3 , и изрубим его на щепу (технологическую щепу по ГОСТ 15815-83), то мы заполним этой щепой полностью два ящика объемом по 1 м^3 , а третий такой же ящик засыпается щепой не полностью, а только на 77 %. Таким образом, мы из одного плотного кубометра древесины (1 пл. м^3) получили 2,77 насыпных кубометра технологической щепы (2,77 нас. м^3 щепы).

Почему мы используем термин «технологическая щепка»? Дело в том, что щепка имеет определенные размеры щепок по длине, толщине, ширине (по ГОСТ 15185-83) (см. табл. 1) и соответствующий фракционный состав. Если взять другую щепу, например, топливную, мелкую щепу, опилки, произведенные из такого же бруса, то насыпной объем измельченного материала будет уже другой [2].

Соотношение плотного объема $V_{пл.}$ и насыпного объема щепы $V_{нас.}$ даст нам коэффициент пересчета насыпного объема в плотную меру (по ГОСТ 15815). Мы будем называть его коэффициентом полндревесности K_1 :

$$K_1 = \frac{V_{пл.}}{V_{нас.}} = \frac{1}{2,77} = 0,36. \quad (1)$$

Полученный по формуле (1) коэффициент полндревесности $K_1 = 0,36$ является стандартным и рекомендован ГОСТ 15815-83. Величина коэффициента полндревесности зависит от способа засыпки щепы в емкости (кузовы, вагоны, трюмы) и от условий перевозки щепы

по автодорогам, ж.-д. дорогам, водоемам, что отражается на коммерческих взаимоотношениях поставщика и потребителя.

Рассмотрим, какие показатели получаются при воздействии на щепу, находящуюся в вышеупомянутом ящике объемом 1 м^3 .

Взвесим один полностью заполненный щепой ящик и отнимем вес тары — мы получим величину $m_{g1} = 288 \text{ кг}$ — масса щепы в ящике.

Эту же величину мы можем получить и расчетным путем:

$$m_{g1} = \rho_g V_{нас.} \cdot K = 800 \cdot 1 \cdot 0,36 = 288 \text{ кг}. \quad (2)$$

Так как полученная масса (вес) щепы составила величину 288 кг, то насыпная плотность щепы (1 м^3 щепы) $\rho_{нас.1}$ будет:

$$\rho_{нас.1} = \frac{m_{g1}}{V_{нас.}} = \frac{288}{1} = 288 \text{ кг/м}^3. \quad (3)$$

Отметим, что плотность насыпного объема щепы $\rho_{нас.1}$ и плотность цельной древесины (плотный объем щепы) ρ_g связаны коэффициентом полндревесности щепы, и в наших расчетах K_1 составит:

$$K_1 = \frac{\rho_{нас.1}}{\rho_g} = \frac{288}{800} = 0,36. \quad (4)$$

Установлено, что в одном насыпном кубометре щепы $V_{н1}$ (в ящике объемом 1 м^3) находится определенное количество плотной щепы $V_{пл.1}$, а именно:

$$V_{пл.1} = V_{н1} \cdot K = 1 \cdot 0,36 = 0,36 \text{ пл. м}^3. \quad (5)$$

Возьмем этот ящик со щепой, поставим его на вибраторный стол и включим вибратор на 1–2 с. Произошло некоторое уплотнение щепы, и объем щепы в ящике составил уже 0,85 нас. м^3 . Отметим, что масса щепы осталась прежней: $m_{g2} = m_{g1} = 288 \text{ кг}$, плотный объем остался прежним: $V_{пл.2} = V_{пл.1} = 0,36 \text{ пл. м}^3$, а изменилась насыпная плотность щепы $\rho_{нас.2}$, которая составила:

$$\rho_{нас.2} = \frac{m_{g2}}{V_{н2}} = \frac{288}{0,85} = 338 \text{ кг/м}^3, \quad (6)$$

кроме того, соответственно увеличился коэффициент полндревесности щепы, который уже составил:

$$K_2 = \frac{V_{пл.1}}{V_{нас.2}} = \frac{0,36}{0,85} = 0,42. \quad (7)$$

Исследования продолжали, включали вибратор через каждые 2 с и измеряли уплотнение щепы, т. е. измеряли объем щепы в ящике. Установлено, что интенсивное уплотнение щепы происходило в течение 14–16 с, затем уплотнение замедлялось, и после 60 с работы вибратора уплотнение практически прекращалось.

Максимальное уплотнение щепы в ящике (уменьшение объема щепы) составило $V_{н3} = 0,65 \text{ м}^3$. Отметим, что количество щепы в плотной мере осталось прежним: $V_{пл.3} = V_{пл.1} = 0,36 \text{ пл. м}^3$, масса (вес) щепы осталась прежней: $m_{g3} = m_{g1} = 288 \text{ кг}$, а увеличилась плотность насыпного объема щепы в ящике после вибрации $\rho_{н3}$, которая составила:

$$\rho_{н3} = \frac{m_{г3}}{V_{н3}} = \frac{288}{0,65} = 440 \text{ кг/м}^3, \quad (8)$$

кроме того, соответственно увеличился и коэффициент полндревесности щепы, который уже составил:

$$K_3 = \frac{V_{нл.3}}{V_{нас.3}} = \frac{0,36}{0,65} = 0,55. \quad (9)$$

Полученное значение $K_3 = 0,55$ в результате воздействия вибрации является очень высокой величиной, в данном случае она будет предельной, так как длительное применение вибрации, более 60 с, приводит к измельчению щепы вдоль волокон и изменению ее фракционного состава (это будет уже не технологическая щепка).

Изменив условия опыта — засыпку щепы в пустой ящик проводили при включенном вибраторе, — мы получили следующие данные.

В ящике емкостью 1 м³ оказалось щепы по массе (вес) $m_{г4} = 440$ кг, или насыпная плотность составила $\rho_{н3} = 440$ кг/м³, тогда коэффициент полндревесности составил:

$$K_4 = \frac{\rho_{н4}}{\rho_g} = \frac{440}{800} = 0,55. \quad (10)$$

Таким образом, этими опытами доказано, что коэффициент полндревесности зависит от воздействия на нее сил вибрации. Конечно, в наших опытах применяли экстремальные условия, которые на практике не встречаются, но определенные воздействия на щепу создают неровности дорог, по которым перемещаются автощеповозы, вагоны, а также удары волн на судно со щепой. Это приводит к некоторому уплотнению щепы (снижению ее насыпного объема в емкостях).

Кроме того, установлено, что первоначальное количество щепы в емкости зависит от способа засыпки щепы в емкость. Так, при «спокойном» способе засыпки транспортером ленточным, цепным, шнеком, ковшовым погрузчиком, грейфером коэффициент полндревесности находится в пределах 0,36 [2].

Если погрузка в вагон ведется пневмотранспортером, то щепка находится «в полете» и ложится пластью, т. е. уже более плотно, а коэффициент полндревесности щепы уже будет выше и составит 0,41. Эти коэффициенты приведены в ГОСТ 15815-83 и применяются у поставщика щепы (табл. 4).

Таблица 4. Коэффициент полндревесности щепы при перевозке железнодорожным транспортом

Способ погрузки	Расстояние перевозки, км			
	0	До 200	201–660	Более 650
Механическими устройствами	0,36	0,38	0,39	0,41
Пневмопогрузка	0,41	0,41	0,43	0,43

Отметим, что для перевода насыпного объема щепы в плотный при перевозках автомобильным транспортом применяют следующие коэффициенты: 0,36 — до отправки потребителю; 0,40 — после перевозки на расстояние до 50 км и 0,42 — на расстояние более 50 км.

Учет щепы, погруженной в емкость у поставщика, состоит в том, что поставщик, имея определенную емкость в м³ (по документам), засыпает ее щепой вровень по бортам и, применяя коэффициент 0,36 (или 0,41), определяет количество щепы в плотной мере. Оформляет накладную с расчетным объемом щепы в плотной мере и отправляет ее потребителю.

Потребитель замеряет усадку щепы от высоты бортов, определяет среднюю величину усадки, рассчитывает величину насыпного объема щепы в емкости и, применяя коэффициент полндревесности щепы (коэффициент пересчета щепы в плотную меру), указанный в табл. 1 [10], рассчитывает количество щепы в плотной мере.

Величина количества щепы в плотной мере у поставщика и потребителя должны практически совпадать. Расхождения в показателях не должны превышать величин, прописанных в договоре о поставках щепы.

Геометрический способ определения объема щепы в плотной мере широко применяется в России и других странах и хорошо зарекомендовал себя. Однако есть трудности в определении величины усадки щепы, так как этот показатель связан не только с усадкой щепы, но и с потерей щепы из-за щелей в бортах и сдувания щепы при больших скоростях перевозки, особенно в летний период.

Весовой способ учета щепы связан с измерением массы на весах, определением плотности щепы и перерасчетом ее в плотный объем.

Технологическая щепка может быть смешанных пород: ель и пихта, сосна и лиственница, береза и осина и т. п. Это значит, что плотность щепы необходимо измерять, чтобы получить средний показатель.

Для определения плотности щепы берут навески щепы, взятые из разных участков емкости кузова или вагона, смешивают их и отбирают навеску (массой 1–1,5 кг), взвешивают и помещают в специальную емкость с водой (пикнометр). По массе вылитой из емкости воды рассчитывают объем этой навески щепы. Работу с пикнометром проводят быстро — не более 30 с, так как, находясь в воде, щепка быстро впитывает воду, что может исказить показатели.

Ниже приведем примеры расчетов количества щепы в серийном вагоне-щеповозе марки 12-6989. Данный выгон предназначен для перевозки щепы. Размеры кузова: длина $L = 21,118$ м; ширина $B = 2,984$ м; высота бортов $H = 2,727$ м. Расчетный объем выгона $V_{H1} = 171$ м³.

При засыпке вагона щепой применили грейфер, т. е. засыпка механическая (спокойная). Щепой засыпали вагон по уровень бортов $V_{H1} = 171$ нас. м³. Для расчета количества щепы в плотной мере применили коэффициент полндревесности при заполнении вагона $K_1 = 0,36$ и получили следующие показатели:

$$V_{нл.1} = V_{H1} \cdot K_1 = 171 \cdot 0,36 = 61,56 \text{ пл. м}^3.$$

Перевозим данную щепу на расстояние 600 км. Получатель щепы проводит замеры усадки щепы в нескольких точках (до 12 шт.), определяет среднюю величину усадки $h_{cp.} = 0,209$ м и рассчитывает насыпной объем прибывшей щепы:

$$V_{нас.2} = L \cdot B \cdot (H - h_{cp.}) = 21,118 \cdot 2,984 \cdot (2,727 - 0,209) = 157,8 \text{ нас. м}^3.$$

Зная новый насыпной объем щепы, можно рассчитать коэффициент полндревесности, так как мы знаем плотный объем щепы в этом вагоне (из накладной, сопровождающей вагон):

$$V_{нл.2} = V_{нл.1} = 61,56 \text{ пл. м}^3,$$

$$K_2 = \frac{V_{нл.2}}{V_{н2}} = \frac{61,56}{157,8} = 0,39011.$$

Проведя расчет, мы получили $K_2 = 0,39$, что совпадает с табличным показателем в ГОСТ 15815-83.

В характеристике вагона модели 12-6989 указан допустимый вес груза (щепы) в вагоне — 64 т.

Если мы перевозим сосновую щепу влажностью 90 (абс.) или 45 % (отн.), то плотность такой щепы $\rho_1 = 800 \text{ кг/м}^3$ (табл. 3). Исходя из расчета плотного объема щепы и зная плотность щепы, можно определить массу щепы в вагоне:

$$m = V_{нл.2} \cdot \rho_1 = 61,56 \cdot 800 = 49240 \text{ кг} = 49,24 \text{ т}.$$

Если принять плотность щепы $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$, а это практически предельная плотность щепы для некоторых пород древесины при высокой влажности, свыше 120

(абс.) или 60 % (отн.), тогда масса щепы в вагоне модели 12-6989 может составить:

$$m_2 = V_{нл.2} \cdot \rho_2 = 61,56 \cdot 1000 = 61560 \text{ кг} = 61,56 \text{ т}.$$

Таким образом, масса щепы в вагоне модели 12-6989 не превысит грузоподъемность вагона, указанную в характеристике такого вагона.

Выводы. Отметим, что проектирование и создание специальных вагонов для перевозки щепы (модели 12-6989 и др.) производили на основании данных по влажности и плотности щепы (табл. 3), по коэффициентам полндревесности щепы (табл. 4), связанным с уплотнением щепы при перевозках, указанных в данной статье и в ГОСТ 15815-83. В связи с этим учет щепы следует производить геометрическим способом по ГОСТ 15815-83. Показатели, полученные другими способами учета щепы, могут быть приняты как справочные, и они должны быть переведены в показатели, как при геометрическом способе, так как геометрический способ наиболее точен и рекомендован высшим стандартом (ГОСТ).

Литература

1. Локштанов Б.М. Уплотнение щепы вибрацией // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы Междунар. науч.-технической конф. (2-3 дек. 2014 г.). Вологда, 2015. С. 133-136.
2. Бачериков И.В., Локштанов Б.М. Виды и свойства измельченной древесины, предназначенной для бункерного хранения // Resources and Technology. 2017. № 14 (1). P. 18-44.
3. ГОСТ 13-74-79 Щепа технологическая. Методы измерения и учета. Введ. 01.01.1985. М.: Госстандарт, 1992. 14 с.
4. ГОСТ 18320-78. Опилки древесные технологические для гидролиза. Технические условия. Введ. 01.01.1980. М.: Госстандарт, 1985. 7 с.
5. ГОСТ 15815-83. Щепа технологическая. Технические условия. Введ. 01.01.1985. М.: Госстандарт, 1992. 14 с.
6. Schulze D. Powders and Bulk Solids. Behavior, Characterization, Storage and Flow. Springer: Heidelberg, 2008. 517 p.
7. ГОСТ 22235-2010. Вагоны грузовые магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие требования по обеспечению сохранности при производстве погрузочно-разгрузочных и маневровых работ. Введ. 01.05.2011. М.: Стандартинформ, 2019. 19 с.
8. ГОСТ 9238-2013 Габариты железнодорожного подвижного состава и приближения строений. Введ. 01.07.2014. М.: Стандартинформ, 2014. 172 с.
9. Нормативы образования и ресурсы древесных отходов. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1986. 16 с.
10. Нормы технологического проектирования предприятий целлюлозно-бумажной промышленности в НТП-08-86 / Минлесбумпром СССР. Л.: Гипробум, 1986. 128 с.
11. Инструкция по нормированию расхода древесины в производстве целлюлозы и древесной массы. М.: Лесная промышленность, 1982. 65 с.
12. Методические указания по определению объемов древесных отходов. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1984. 16 с.
13. Тюрин Н.А., Салминен Э.О., Бессараб Н.Г., Артемьев В.В., Кряжев А.М., Бессараб Г.А. Способ определения коэффициента полндревесности технологической щепы в кучах открытого хранения на площадках деревоперерабатывающих предприятий и ЦБК: пат. на изобретение RU 2571158 С2, 20.12.2015: заявл. 11.03.2014. № 2014109310/28.
14. Бачериков И.В. Терминалы для производства и хранения щепы из лесосечных отходов // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы Междунар. науч.-технической конф. (1-2 дек. 2015 г.). Вологда, 2016. С. 105-108.
15. SCAN-CM 40:01 «Wood chips for pulp production - Size distribution».
16. SCAN-CM 46:92 «Wood chips for pulp production - Bulk density».
17. SCAN-CM 39:94 «Wood chips for pulp production - Dry matter content».
18. Bjurulf A. 2006. Chip Geometry - Methods to impact the geometry of market chips. Doctor's dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 2006. 43 p.
19. Bacherikov I., Lokshtanov B., Simonenkov M. Development of wood chips agitator // Proceedings of international student conference «SPRUNGBRETT», Macedonia, Ohrid, 2014. P. 104-112.
20. Sixta H. Handbook of pulp. Vol. 1, Wiley-Verlag GmbH & Co, Weinheim.
21. Forest Products Laboratory. 1999. Wood handbook - Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 463 p.
22. Janssen H.A. Versuche uber Getreidedruck in Silozellen, Verein Deutcher Ingenieure, Zeitschrift, 39, August, 1985. P. 1045-1049.

References

1. Lokshtanov B.M. Chip sealing by vibration // Aktual'nye problemy razvitiya lesnogo kompleksa: materialy Mezhdunar. nauch.-tekhnicheskoy konf. (2-3 dek. 2014 g.). Vologda, 2015. P. 133-136.
2. Bacherikov I.V., Lokshtanov B.M. Types and properties of crushed wood intended for bunker storage // Resources and Technology. 2017. № 14 (1). P. 18-44.
3. GOST 13-74-79. Technological chips. Measurement and accounting methods. Vved. 01.01.1985. M.: Gosstandart, 1992. 14 p.
4. GOST 18320-78. Technological sawdust for hydrolysis. Technical conditions. Vved. 01.01.1980. M.: Gosstandart, 1985. 7 p.
5. GOST 15815-83. Technological chips. Technical conditions. Vved. 01.01.1985. M.: Gosstandart, 1992. 14 p.

6. Schulze D. Powders and Bulk Solids. Behavior, Characterization, Storage and Flow. Springer: Heidelberg, 2008. 517 p.
7. GOST 22235-2010. Freight cars of mainline railways of 1520 mm gauge. General requirements for ensuring safety during loading and unloading and shunting operations. Vved. 01.05.2011. M.: Standartinform, 2019. 19 p.
8. GOST 9238-2013. Dimensions of railway rolling stock and approximations of buildings. Vved. 01.07.2014. M.: Standartinform, 2014. 172 p.
9. Standards for the formation and resources of wood waste. M.: VNIPIEIllesprom, 1986. 16 p.
10. Norms of technological design of pulp and paper industry enterprises vNTP-08-86 / Minlesbumprom SSSR. L.: Giprobum, 1986. 128 p.
11. Instructions for rationing wood consumption in the production of pulp and wood pulp. M.: Lesnaya prom-st', 1982. 65 p.
12. Methodological guidelines for determining the volume of wood waste. M.: VNIPIEIllesprom, 1984. 16 p.
13. Tyurin N.A., Salminen E.O., Bessarab N.G., Artem'ev V.V., Kryazhev A.M., Bessarab G.A. A method for determining the coefficient of full-wood technological chips in piles of open storage at the sites of wood processing enterprises and central processing plants: pat. na izobretenie RU 2571158 C2, 20.12.2015: zayavl. 11.03.2014. № 2014109310/28.
14. Bacherikov I.V. Terminals for the production and storage of wood chips from logging waste // Aktual'nye problemy razvitiya lesnogo kompleksa: materialy Mezhdunar. nauch.-tekhnicheskoy konf. (1-2 dek. 2015 g.). Vologda, 2016. P. 105-108.
15. SCAN-CM 40:01 «Wood chips for pulp production - Size distribution».
16. SCAN-CM 46:92 «Wood chips for pulp production - Bulk density».
17. SCAN-CM 39:94 «Wood chips for pulp production - Dry matter content».
18. Bjurulf A. 2006. Chip Geometry - Methods to impact the geometry of market chips. Doctor's dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 2006. 43 p.
19. Bacherikov I., Lokshtanov B., Simonenkov M. Development of wood chips agitator // Proceedings of international student conference «SPRUNGBRETT», Macedonia, Ohrid, 2014. P. 104-112.
20. Sixta H. Handbook of pulp. Vol. 1, Wiley-Verlag GmbH & Co, Weinheim.
21. Forest Products Laboratory. 1999. Wood handbook - Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 463 p.
22. Janssen H.A. Versuche uber Getreidedruck in Silozellen, Verein Deutscher Ingenieure, Zeitschrift, 39, August, 1985. P. 1045-1049.