

## Эффективность подсортировки круглых лесоматериалов при производстве домокомплектов из оцилиндрованных деталей на лесозаготовительных предприятиях

Б.Е. Меньшиков<sup>a</sup>, Е.В. Курдышева<sup>b</sup>, А.Ф. Уразова<sup>c</sup>

Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский Тракт, 37, Екатеринбург, Россия

<sup>a</sup> menshikovbe@m.usfeu.ru, <sup>b</sup> kurdyshevaev@m.usfeu.ru, <sup>c</sup> urazovaaf@m.usfeu.ru

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3186-3725>, <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5645-3146>, <sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2771-2334>

Статья поступила 10.11.2020, принята 17.11.2020

*В последние годы на лесозаготовительных предприятиях, кроме традиционных видов переработки круглых лесоматериалов — окорки, лесопиления, таропиления, стали развиваться и другие направления. Одним из таких перспективных направлений в использовании заготовленных на лесозаготовительных предприятиях хвойных круглых лесоматериалов для выпуска товарной продукции с высокой добавленной стоимостью является производство из них оцилиндрованных деталей — срубов для сооружения деревянных коттеджей, жилых домов, строений дачного типа, бань и т. п. Данный вид первичной переработки круглых лесоматериалов не требует больших капиталовложений и быстро окупается. Кроме того, это один из путей решения очень важной проблемы обеспечения жильем населения отдаленных лесных поселков, расположенных в многолесных районах Российской Федерации, так как жилищный фонд в большинстве длительно действующих предприятий ветхий. При этом туда не надо завозить другие, более дорогие покупные строительные материалы. Статья посвящена целесообразности организации производства оцилиндрованных деталей для деревянного домостроения на лесозаготовительных предприятиях, работающих в различных природно-производственных условиях, с учетом годового объема заготовки, породного состава, среднего объема хлыста. По результатам проведенных исследований разработаны рекомендации, по которым предприятия могут рассчитывать ресурсы сырья, оптимизировать раскрой хлыстов, производить подсортировку пиловочника по группам диаметров и длинам с учетом планируемых к выпуску полуфабрикатов для деревянного домостроения.*

**Ключевые слова:** круглые лесоматериалы; подсортировка; оцилиндрованные детали; пиловочные бревна; диаметр бревна; длина бревна.

## The efficiency of roundwood sorting in the production of prefabricated houses made of logs and details on logging enterprises

B.E. Menshikov<sup>a</sup>, E.V. Kurdyшева<sup>b</sup>, A.F. Urazova<sup>c</sup>

Ural State Forest Engineering University; 37, Sibirsky Tract St., Ekaterinburg, Russia

<sup>a</sup> menshikovbe@m.usfeu.ru, <sup>b</sup> kurdyshevaev@m.usfeu.ru, <sup>c</sup> urazovaaf@m.usfeu.ru

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3186-3725>, <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5645-3146>, <sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2771-2334>

Received 10.11.2020, accepted 17.11.2020

*In recent years, in addition to the traditional types of round timber processing – debarking and sawmilling, other processing areas have been developed at logging enterprises. One of these promising areas in the use of softwood roundwood harvested at logging enterprises for commercial products with high added value is the production of rounded parts from them-log cabins for the construction of wooden cottages, residential buildings, dacha-type buildings, baths, etc. This type of primary processing of round timber does not require large investments and pays off quickly. In addition, this is one of the ways to solve the very important problem of providing housing to the population of remote forest settlements located in multi-wooded areas of the Russian Federation, since the housing stock in most long-term operating enterprises is dilapidated. At the same time, there is no need to import other, more expensive purchased construction materials. The article is devoted to the feasibility of organizing the production of rounded parts for timber construction at logging enterprises operating in various natural-production conditions, taking into account the annual volume of harvesting, species composition, and the average volume of the whip. Based on the results of the research, recommendations have been developed according to which enterprises can calculate the resources of raw materials, optimize the cutting of logs, sort the sawlogs by groups of diameters and lengths, taking into account the planned production of semi-finished products for wooden housing construction.*

**Keywords:** round timber; sorting; rounded parts; saw logs; log diameter; log length.

**Введение.** Одним из перспективных направлений в использовании заготовленных на лесозаготовительных предприятиях хвойных круглых лесоматериалов для выпуска товарной продукции с высокой добав-

ленной стоимостью является производство из них оцилиндрованных деталей — срубов для сооружения деревянных коттеджей, жилых домов, строений дачного типа, бань и т. п.

Готовая деталь сруба — это стеновой материал в виде оцилиндрованной заготовки различных размеров (диаметра и длины) с выполненными на нем технологическими элементами — продольным укладочным пазом, поперечными пазами, чашками и компенсационным вертикальным пропилом для предотвращения растрескивания детали в других плоскостях.

Организация данного вида первичной переработки круглых лесоматериалов не требует больших капиталовложений и быстро окупается. Кроме того, это один из путей решения очень важной проблемы — обеспечения жильем населения отдаленных лесных поселков, расположенных в многолесных районах РФ, так как жилищный фонд в большинстве длительно действующих предприятий ветхий. Кроме того, в этом случае туда не надо завозить другие, более дорогие покупные строительные материалы [1–6].

Оцилиндрованные детали, используемые как стеновой материал, являются только одним из видов лесопроизводства, необходимой для постройки жилых домов. Поэтому на предприятиях лесного комплекса организуются и другие перерабатывающие производства, обеспечивающие выпуск такой продукции: лесопиление и производство профильных фрезерованных деталей различного вида, столярно-строительных изделий, в том числе оконных и дверных блоков и т. д. [7–9].

*Цель исследования.* Обосновать эффективность подсортировки круглых лесоматериалов по длинам и диа-

метрам при производстве оцилиндрованных деталей как стенового материала.

Для реализации сформулированной цели исследований необходимо было решить *следующие задачи*:

- определить общие ресурсы сырья, пригодного для производства оцилиндрованных деталей как стенового материала в зависимости от крупномерности древостоев и объемов заготовки древесины на предприятии;
- исследовать влияние длины, диаметра и степени подсортировки сырья на расход пиловочника при производстве деталей для различных видов построек;
- определить экономический эффект от подсортировки круглых лесоматериалов по диаметрам и длинам.

**Методика и результаты исследования.** Основные требования к сырью для производства оцилиндрованных деталей как стеновому материалу и готовой продукции приведены в табл. 1. Как видно из таблицы, требования к этим круглым лесоматериалам, за исключением части сырья для срубов бань, садовых домиков и хозяйственных построек, соответствуют требованиям к пиловочнику хвойному общего назначения по ГОСТ 9463-2016 «Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия» [10]. Для бань и садовых домиков используется пиловочник 1 и 2 сортов диаметром до 22 см, для изготовления жилых домов и коттеджей — пиловочник 1 сорта диаметром 22–30 см, для элитного деревянного домостроения — пиловочник 1 сорта диаметром 30 см и более.

**Таблица 1.** Основные требования к сырью и готовой продукции — деталям срубов как стеновому материалу для сооружения различных построек

Виды построек	Порода	Сорт	Длина, м	Толщина (диаметр), см	
				сырья	готовой продукции
Срубы бань, садовых домиков, хозяйственных построек	Сосна, ель, пихта, осина***	1, 2	2–6*	12–22	10–20**
Срубы жилых домов и т. п.	Сосна, ель, лиственница	1	4–6,5*	22 и более	20–24**
Элитное домостроение	Сосна, ель, лиственница	1	4–6,5	От 30 и более	От 26–28 и более

\* Длина деталей зависит от конкретных размеров и числа их в готовом изделии.

\*\* Диаметр деталей для срубов бань и жилых домов в зависимости от климатической зоны эксплуатации строений, одинаковый в одном сооружении.

\*\*\* Ограничено для срубов бань.

Диаметр пиловочника должен быть как минимум на 2 см больше, чем диаметр получаемой из него оцилиндрованной детали сруба. При диаметре пиловочного сырья, значительно превышающем диаметр готовой продукции (на 6–8 см), будут большие потери в отходы. Длина сырья определяется требованиями, предъявляемыми к конкретным размерам готовых деталей срубов.

Типовых стандартов на размеры срубов отдельных сооружений не существует, все зависит от требований заказчиков, их размеры могут колебаться от 2х3 м для бани до 8х10 м и более для жилых домов и коттеджей.

Производство оцилиндрованных деталей срубов ведется как на лесозаготовительных предприятиях, работающих на собственном сырье, полученном в результате раскряжевки хлыстов, так и на предприятиях, перерабатывающих покупное пиловочное сырье стандартных размеров (4 и 6 м). По данным [11], наиболее часто заготавливается пиловочник 4 и 6 м в соотношении 1:3,

доля пиловочника других длин в различных регионах составляет не более 10–15 %.

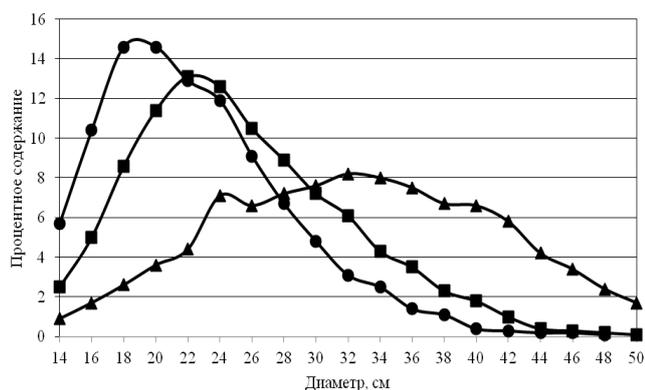
Организация производства оцилиндрованных деталей на лесозаготовительных предприятиях в конкретных природно-производственных условиях имеет свои особенности по сравнению с предприятиями, работающими на покупном сырье.

К основной особенности организации производства оцилиндрованных деталей как стенового материала различного назначения на лесозаготовительном предприятии относится наличие имеющихся ресурсов хвойного пиловочного сырья различных групп диаметров и сортности. Эти ресурсы зависят от следующих основных факторов:

- общего объема производства хвойного пиловочника на предприятии;
- распределения его по группам диаметров;
- сортности пиловочника.

Общий объем производства хвойного пиловочника зависит от годового объема заготовки древесины лесозаготовительного предприятия, породного состава и размерно-качественных характеристик деревьев в арендуемом лесфонде. В среднем из 1 тыс. м<sup>3</sup> хвойных хлыстов получают 700–800 м<sup>3</sup> пиловочника диаметром от 14 см и более.

Распределение пиловочника по группам диаметров зависит от крупномерности древостоев, оно приведено на рис. 1 на примере трех лесозаготовительных регионов. По общепринятой классификации [12], хлысты в Архангельской области относятся к тонкомерным ( $Q_{хл} = 0,25 \text{ м}^3$ ), в Свердловской области — к средним ( $Q_{хл} = 0,44 \text{ м}^3$ ), в Иркутской области — к крупномерным ( $Q_{хл} = 0,74 \text{ м}^3$ ).



**Рис. 1.** Распределение пиловочника хвойного по диаметрам в древостоях различной крупномерности:  $\blacktriangle$  Архангельская обл.,  $Q_{хл} = 0,25 \text{ м}^3$ ;  $\blacksquare$  Свердловская обл.,  $Q_{хл} = 0,44 \text{ м}^3$ ;  $\blacktriangle$  Иркутская обл.,  $Q_{хл} = 0,74 \text{ м}^3$

Потенциальные ресурсы сырья для получения оцилиндрованных деталей как стенового материала в древостоях различной крупномерности с учетом распределения пиловочника по группам диаметров и сортности приведены в табл. 2. Как видно, крупномерность древостоев оказывает существенное влияние как на общие ресурсы сырья, так и на распределение их по группам диаметров.

По данным [13], распределение хвойного пиловочника по сортам составляет: 1 и 2 сорта диаметром до 24 см — 74 %, пиловочника 1 сорта диаметром от 26 см и более — 52 % от всего объема заготавливаемого сырья.

Лесозаготовительные предприятия, использующие для производства оцилиндрованных деталей собственное пиловочное сырье, имеют значительные конкурентные преимущества перед предприятиями, работающими на покупном сырье. К ним относятся:

- поступление на переработку сырья по себестоимости его заготовки, что ниже стоимости покупного сырья в 2–2,5 раза;

- возможность оптимизировать раскряжевку хвойных хлыстов по критерию максимального выхода сырья для изготовления деталей срубов требуемых длин и диаметров, в том числе нестандартных размеров, что дает возможность сократить потребность в сырье на 5–8 % по сравнению с переработкой пиловочника стандартных длин [14];

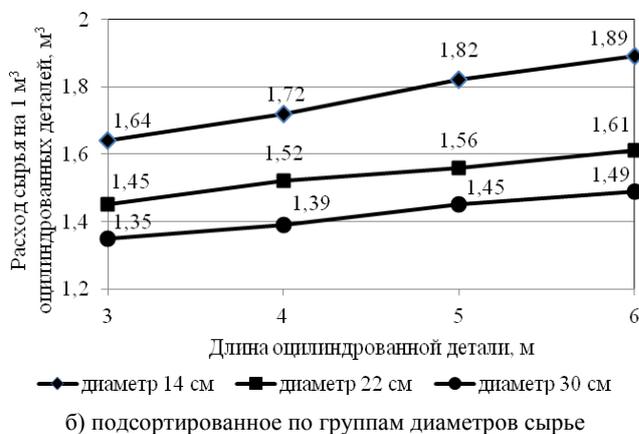
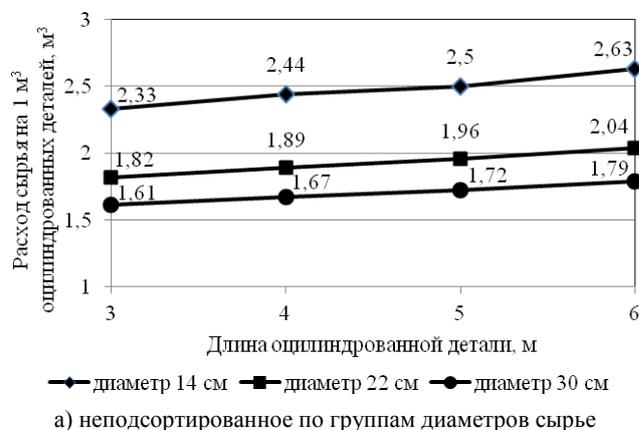
- возможность производства на предприятии деталей срубов не только как полуфабрикатов для деревян-

ного домостроения, но и для построек полной заводской готовности (оконных, дверных блоков, досок пола и т. д.);

- использование отходов, полученных в результате производства оцилиндрованных деталей, для получения тепловой энергии, предназначенной для сушки пиломатериалов и отопления производственных объектов.

На предприятиях, организующих производство оцилиндрованных деталей как стенового материала, возникает необходимость в расчете объема круглых лесоматериалов, которые будут использованы в качестве сырья. На его расход влияют три основных фактора: требуемая длина деталей, их диаметр и степень подсортировки сырья по группам диаметров.

Влияние этих факторов в зависимости от вида планируемых к выпуску полуфабрикатов деревянного домостроения рассмотрено на примере использования подсортированного и неподсортированного сырья для производства оцилиндрованных деталей длиной 3–6 м, диаметром  $d = 14 \text{ см}$  для срубов бань, садовых домиков;  $d = 22 \text{ см}$  — для жилых домов,  $d = 30 \text{ см}$  — для коттеджей (рис. 2). При расчетах диаметр подсортированного сырья принимался на 2 см больше, чем диаметр детали, а неподсортированного — больше в среднем на 4 см. Длина детали — от 3 до 6 м. При определении расхода пиловочного сырья для производства оцилиндрованных деталей их объем принимался по цилиндрическому профилю с продольным лунным укладочным пазом стандартных размеров для деталей различных диаметров [15].



**Рис. 2.** Графики зависимости расхода сырья ( $\text{м}^3$ ) для производства оцилиндрованной детали длиной 3–6 м

**Таблица 2.** Потенциальные ресурсы сырья для получения оцилиндрованных деталей как стенового материала в древостоях различной крупномерности (на 1 тыс. м<sup>3</sup> хвойного пиловочника)

Размерно-качественные характеристики сырья для производства оцилиндрованных деталей как стенового материала	Крупномерность древостоя $Q_{кл}, м^3$											
	Мелкие (Архангельская область), $Q_{кл} = 0,25 м^3$				Средние (Свердловская область), $Q_{кл} = 0,44 м^3$				Крупномерные (Иркутская область), $Q_{кл} = 0,74 м^3$			
	Всего пиловочного сырья		В том числе пригодного для использования		Всего пиловочного сырья		В том числе пригодного для использования		Всего пиловочного сырья		В том числе пригодного для использования	
	$м^3$	%	$м^3$	%	$м^3$	%	$м^3$	%	$м^3$	%	$м^3$	%
Всего диаметром от 14 до 38 см	988	98,8	667	66,7	960	96,0	616	61,6	721	72,1	422	42,2
Бани, садовые домики, диаметр 14–22*, 1 и 2 сорт	582–453	58,2–45,3	430–335	43,0–33,5	406–275	40,6–27,5	301–204	30,1–20,4	132–88	13,2–8,8	99–66	9,9–6,6
Жилые дома, диаметр 24–30**, 1 сорт	325–406	32,5–40,6	195–265	19,5–26,5	392–451	39,2–45,1	231–291	23,1–29,1	285–253	28,5–25,3	164–157	16,4–15,7
Элитное домостроение диаметр 32–38, 1 сорт	81–129	8,1–12,9	42–67	4,2–6,7	162–234	16,2–23,4	84–121	8,4–12,1	304–380	30,4–38,0	159–199	15,9–19,9

\* Сырье диаметром 22 см можно использовать как для изготовления бань, садовых домиков, так и жилых домов.

\*\* Сырье диаметром 30 см можно использовать как для изготовления жилых домов, так и для элитного домостроения.

При отнесении пиловочника этих диаметров к ресурсам сырья для одного вида построек соответственно уменьшаются ресурсы для другого вида.

**Таблица 3.** Сравнительные данные по эффективности производства оцилиндрованных деталей как стенового материала

Характеристика сырья	Объем сырья, $м^3$	Цена пиловочника за 1 $м^3$ , $p^1$	Общая цена пиловочника, $p$	Объем деталей сруба, $м^3$ <sup>2</sup>	Выход оцилиндрованных деталей, %	Цена сруба, $p^1$	Сопутствующая продукция (стружка)				Товарная продукция, $p$	Прибыль, $p$	Товарная продукция на 1 $м^3$ сырья, $p$
							$м^3$	%	$p/м^3$	$p$			
На примере сруба бани 3х3 м (диаметр оцилиндрованной детали 14 см, высота сруба 2,5 м, площадь стен сруба 30 $м^2$ )													
<i>Подсортированное сырье по группам диаметров и длинам<sup>3</sup></i>													
– собственное сырье	5,8	2 200	12 760	3,36	58	55 000	2,15	37	250	538	55 538	42 778	9 575,5
– покупное сырье		4 100	23 780								31 758		
<i>Неподсортированное сырье по группам диаметров и длинам<sup>3</sup></i>													
– собственное сырье	7,2	2 200	15 840	3,36	47	55 000	3,46	48	250	865	55 865	40 025	7 759
– покупное сырье		4 100	29 520								26 345		
На примере сруба жилого дома 6х6 м (диаметр оцилиндрованной детали 22 см, высота сруба 2,5 м, площадь стен сруба 60 $м^2$ )													
<i>Подсортированное сырье по группам диаметров и длинам<sup>3</sup></i>													
– собственное сырье	18,5	2 700	49 950	10,92	59	210 000	6,66	36	250	1 665	211 665	161 715	11 441,4
– покупное сырье		5 290	97 865								113 800		
<i>Неподсортированное сырье по группам диаметров и длинам<sup>3</sup></i>													
– собственное сырье	21,8	2 700	58 860	10,92	50	210 000	9,81	45	250	2 453	212 453	153 593	9 745,6
– покупное сырье		5 290	115 322								97 131		

<sup>1</sup> Стоимость пиловочного сырья различных диаметров, основной и сопутствующей продукции за 1  $м^3$  по состоянию на 20.09.2020 г. (на примере предприятий Свердловской области).

<sup>2</sup> Вид профиля деталей сруба — с продольным лунным пазом со стандартными размерами паза и пропила для оцилиндрованных деталей различных диаметров.

<sup>3</sup> Диаметр оцилиндрованной детали 14 см, длина — 3 м. Диаметр подсортированного сырья 16 см, неподсортированного — 14–18 см.

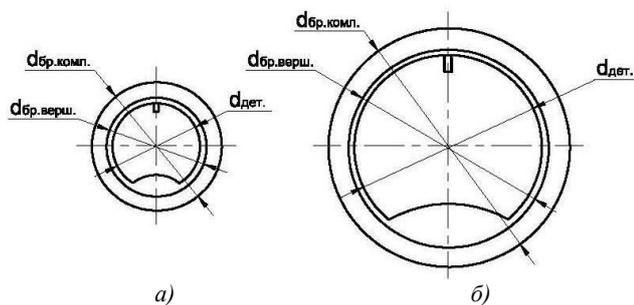
<sup>4</sup> Диаметр оцилиндрованной детали 22 см, длина — 6 м. Диаметр подсортированного сырья 24 см, неподсортированного — 24–28 см.

Как видно из графиков (см. рис. 2), на расход сырья для производства оцилиндрованных деталей влияют следующие факторы: длина, диаметр и сортировка по группам диаметров:

– с увеличением длины оцилиндрованной детали при одинаковом диаметре во всех случаях расход сырья возрастает в связи с тем, что объем боковой параболической (сбеговой) части бревна становится больше;

– при одинаковой длине оцилиндрованной детали расход сырья с увеличением его диаметра уменьшается, так как полезная площадь детали возрастает по отношению к площади сечения бревна (рис. 3);

– при использовании для производства оцилиндрованных деталей неподсортированного по группам диаметров сырья его расход увеличивается в 1,2–1,4 раза по сравнению с подсортированным, так как разница между получаемым диаметром детали и сырья значительнее.



**Рис. 3.** Расчетная схема по определению соотношения полезной площади детали с лунным пазом к площади сечения бревна: *а* —  $d_{дет.} = 14$  см,  $d_{бр.верш.} = 16$  см,  $l = 6$  м, сбег — 0,8 см/м; *б* —  $d_{дет.} = 30$  см,  $d_{бр.верш.} = 32$  см,  $l = 6$  м, сбег — 1,1 см/м

Конкурентных преимуществ производства оцилиндрованных деталей для деревянного домостроения на лесозаготовительных предприятиях, имеющих возможность перерабатывать собственное пиловочное сырье требуемых размеров для производства конкретных видов полуфабрикатов, приведены на примере изготовления срубов бани размером 3х3 м (диаметр оцилиндрованной детали 14 см, высота сруба 2,5 м,

площадь стен сруба 30 м<sup>2</sup>) и жилого дома 6х6 м (диаметр оцилиндрованной детали 22 см, высота сруба 2,5 м, площадь стен сруба 60 м<sup>2</sup>) из подсортированного и неподсортированного сырья (см. табл. 3). Из таблицы видно, что производство оцилиндрованных деталей для деревянного домостроения из подсортированного по группам диаметров и длинам сырья, дает возможный экономический эффект [16–18]. Товарная продукция на 1 м<sup>3</sup> сырья больше при использовании подсортированного сырья, чем неподсортированного, на 1 816,5 р. для производства сруба бани 3х3 м и на 1 695,8 р. — для производства сруба жилого дома 6х6 м.

**Выводы и рекомендации.** Полученные результаты выполненной работы позволяют сделать следующие выводы:

– лесозаготовительные предприятия, использующие для производства оцилиндрованных деталей собственное пиловочное сырье, имеют значительные конкурентные преимущества перед предприятиями, работающими на покупном сырье;

– проведенные исследования для условий различных лесозаготовительных регионов РФ позволяют определять возможные ресурсы сырья для производства оцилиндрованных деталей на лесозаготовительных предприятиях; выбирать соответствующее технологическое оборудование для их производства; определять объемы и планировать виды оцилиндрованной продукции для различных видов построек с учетом имеющихся ресурсов сырья для конкретных предприятий;

– подсортировка сырья по группам диаметров и длинам позволяет снизить расход сырья на 10...20 % и увеличить выход товарной продукции на 15...25 %.

Статья написана в соответствии с проектом тематики научных исследований, включаемых в планы научных работ научных организаций и образовательных организаций высшего образования, РАН. Тема: «Экологические аспекты рационального природопользования». Код научной темы FEUG-2020-0013.

#### Литература

1. Ларионов А.Н., Нежnikова Е.В. Приоритетное развитие деревянного домостроения – детерминанта повышения качества объектов малоэтажного жилищного строительства // Вестн. Иркутского гос. технического ун-та. 2015. № 3 (98). С. 262–268.
2. Panibratov J., Larionov A. Steady Development of Construction Organization of Housing Profile // World Applied Sciences Journal 23 (Problems of Architecture and Construction). 2013. P. 144–148.
3. Krygina A.M., Krygina N.M., Aksenteva I.Y. Innovative low-rise housing construction in Russia // Journal of Applied Engineering Science. 2017. V. 15. № 3. P. 305–310.
4. Луговая В.П. Деревянное малоэтажное домостроение с рациональным использованием древесины // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 3 (19). С. 178–181.
5. McLeister D. Multiple choices for building better houses // Professional Builder. 1995. V. 60. № 15. P. 122–123.
6. Shegelman I., Budnik P., Galaktionov O., Khyunninen I., Popov A., Baklagin V. Analysis of natural-production conditions for timber harvesting in European north of Russia // Central European Forestry Journal. 2019. V. 65. № 2. P. 81–91.
7. Азаренок В.А., Кошелева Н.А., Меньшиков Б.Е. Лесопильно-деревообрабатывающие производства лесозаготовительных предприятий. 2-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург: УГЛТУ, 2015. 593 с.
8. Tulokas T., Tonnous J. Research method and improvement of log rotation in sawmills // Silva Fennica. 2010. № 44 (1). P. 141–154.
9. Gasparyan G., Kunickaya O., Grigorev I., Ivanov V., Zhuk A., Burmistrova O., Manukovsky A.Y., Hertz E., Kremleva L., Mueller O. Woodworking facilities: driving efficiency through automation applied to major process steps // International Journal of Engineering and Technology (UAE). 2018. V. 7. № 4.7 Special Issue 7. P. 368–375.
10. ГОСТ 9463-2016. Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 11 с.
11. Чамеев В.В., Обвинцев В.В., Меньшиков Б.Е., Гаева Е.В. Размерно-качественная характеристика сортиментов. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехнический ун-т, 2002. 102 с.
12. Барановский В.А., Некрасов Р.М. Системы машин для лесозаготовок. М.: Лесная пром-сть, 1977. 248 с.
13. Песоцкий А.П., Ясинский В.С. Рациональное использование древесины в лесопилении. М.: Лесная пром-сть, 1977. 128 с.

14. Калитеевский Р.Е. Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент. СПб.: Профи-Информ, 2005. 480 с.
15. Мехренцев А.В., Меньшиков Б.Е., Курдышева Е.В. Технология и оборудование для производства полуфабрикатов деревянного домостроения и специальных видов пилопродукции. 3-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехнический ун-т, 2018. 316 с.
16. Nurminen T., Korpunen H., Uusitalo J. Applying the activity-based costing to cut-to-length timber harvesting and trucking // *Silva Fennica*. 2009. № 43 (5). P. 847–870.
17. Mnasri F., Ganaoui M.E., Gabsi S., Abahri K., Bennacer R. Numerical analysis of heat, air, and moisture transfers in a wooden building material // *Thermal Science*. 2017. V. 21. № 2. P. 785–795.
18. Oudjene M., Khelifa M. Finite element modelling of wooden structures at large deformations and brittle failure prediction // *Materials and Design*. 2009. V. 30. № 10. P. 4081–4087.
- for timber harvesting in European north of Russia // *Central European Forestry Journal*. 2019. V. 65. № 2. P. 81–91.
7. Azarenok V.A., Kosheleva N.A., Men'shikov B.E. Sawmill and woodworking production of logging enterprises. 2-e izd., pererab. i dop. Ekaterinburg: UGLTU, 2015. 593 p.
8. Tulokas T., Tonnous J. Research method and improvement of log rotation in sawmills // *Silva Fennica*. 2010. № 44 (1). P. 141–154.
9. Gasparyan G., Kunickaya O., Grigorev I., Ivanov V., Zhuk A., Burmistrova O., Manukovsky A.Y., Hertz E., Kremleva L., Mueller O. Woodworking facilities: driving efficiency through automation applied to major process steps // *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*. 2018. V. 7. № 4.7 Special Issue 7. P. 368–375.
10. GOST 9463-2016. Round Timber of coniferous breeds. Technical conditions. M.: Standartinform, 2016. 11 p.
11. CHameev V.V., Obvincev V.V., Men'shikov B.E., Gaeva E.V. Dimensional and qualitative characteristics of sortings. Ekaterinburg: Ural. gos. lesotekhnicheskij un-t, 2002. 102 p.
12. Baranovskij V.A., Nekrasov R.M. Systems of machines for logging. M.: Lesnaya prom-st', 1977. 248 p.
13. Pesockij A.P., YAsinskij V.S. Rational use of wood in sawmilling. M.: Lesnaya prom-st', 1977. 128 p.
14. Kaliteevskij R.E. Sawmilling in the XXI century. Technology, equipment, management. SPb.: Profi-Inform, 2005. 480 p.
15. Mekhrencev A.V., Men'shikov B.E., Kurdysheva E.V. Technology and equipment for production for the production of semi-finished products of wooden house construction and special types of saw products. 3-e izd., pererab. i dop. Ekaterinburg: Ural. gos. lesotekhnicheskij un-t, 2018. 316 p.
16. Nurminen T., Korpunen N., Uusitalo J. Applying the activity-based costing to cut-to-length timber harvesting and trucking // *Silva Fennica*. 2009. № 43 (5). P. 847–870.
17. Mnasri F., Ganaoui M.E., Gabsi S., Abahri K., Bennacer R. Numerical analysis of heat, air, and moisture transfers in a wooden building material // *Thermal Science*. 2017. V. 21. № 2. P. 785–795.
18. Oudjene M., Khelifa M. Finite element modelling of wooden structures at large deformations and brittle failure prediction // *Materials and Design*. 2009. V. 30. № 10. P. 4081–4087.

#### *References*

1. Larionov A.N., Nezhnikova E.V. Priority development of wooden housing construction is a determinant of improving the quality of low-rise housing construction // *Bulletin of Irkutsk State Technical University*. 2015. № 3 (98). P. 262–268.
2. Panibratov J., Larionov A. Steady Development of Construction Organization of Housing Profile // *World Applied Sciences Journal 23 (Problems of Architecture and Construction)*. 2013. P. 144–148.
3. Krygina A.M., Krygina N.M., Aksenteva I.Y. Innovative low-rise housing construction in Russia // *Journal of Applied Engineering Science*. 2017. V. 15. № 3. P. 305–310.
4. Lugovaya V.P. Wooden low-rise housing construction with rational use of wood // *Systems. Methods. Technologies*. 2013. № 3 (19). P. 178–181.
5. McLeister D. Multiple choices for building better houses // *Professional Builder*. 1995. V. 60. № 15. P. 122–123.
6. Shegelman I., Budnik P., Galaktionov O., Khyunninen I., Popov A., Baklagin V. Analysis of natural-production conditions