

УДК 470.31:674.21

DOI: 10.15350/2306-2827.2017.1.78

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ОЦИЛИНДРОВАННЫХ БРЁВЕН

А. Н. Чемоданов, Е. Ю. Ямщиков, Р. В. Ложкин, А. В. Туруев

Поволжский государственный технологический университет,

Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

E-mail: ChemodanovAN@volgatech.net

Обоснована необходимость повышения качества поверхности оцилиндрованных брёвен, шероховатость – как критерий качества поверхности, взаимосвязь её с энергоёмкостью производства.

Ключевые слова: *деревянное домостроение; поверхность брёвен; оцилиндровочные станки; качество поверхности брёвен.*

Введение. Бревенчатые дома в настоящее время считаются наиболее эффективными с точки зрения стоимости по общепринятым сегодня категориям оценки. При этом учитывается удельная стоимость единицы жилой площади дома на момент ввода его в эксплуатацию. Это положение может измениться, если решение при сравнении различных типов домов будет приниматься с учётом значения универсального показателя, включающего в себя стоимость строительства жилья и затраты на содержание его в пригодном для эксплуатации состоянии. Тем не менее бревенчатые дома будут длительное время занимать лидирующее положение в малоэтажном деревянном домостроении, т. к. не требуют сложного оборудования, имеют достаточно отработанную технологию их производства, проще по конструкции и дешевле, чем брусчатые, панельные и каркасные дома.

В феврале 2016 года Минстрой России предложил осваивать технологии строительства не только деревянных малоэтажных домов, но и домов повышенной этажности, т. е. выше двух этажей. Отмечается малое время строительства, их хорошие тепловые свойства, достаточное наличие сырьевой базы в стране.

При массовом развитии строительства домов из оцилиндрованного бревна достаточно злободневной станет проблема обеспечения высокого качества поверхности оцилиндрованных брёвен.

Цель работы – установить с использованием экспериментальной установки влияние ряда технологических и конструктивных параметров станка на шероховатость поверхности брёвен.

Бревенчатые дома бывают двух видов: бревенчатые рубленные дома и бревенчатые оцилиндрованные дома. При изготовлении рубленых домов применяется ручной способ изготовления. Брёвна обрабатываются ручными инструментами с хорошим качеством рубки, максимально сохраняется защитный верхний камбиальный слой древесины, что способствует долговечности эксплуатации обработанных брёвен [1, 2].

Выход готовой продукции при производстве оцилиндрованного бревна составляет около 80 %, клеёного бруса – 40 %. Для производства последнего требуется дорогостоящее оборудование, непонятна судьба в будущем клеевых соединений, большое количество рекламаций на брус сегодня – основание для сомнений в целесообразности перспектив клеёного бруса.

© Чемоданов А. Н., Ямщиков Е. Ю., Ложкин Р. В., Туруев А. В., 2017.

Для цитирования: Чемоданов А. Н., Ямщиков Е. Ю., Ложкин Р. В., Туруев А. В. Повышение качества поверхности оцилиндрованных брёвен // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2017. № 1 (33). С. 78–85. DOI: 10.15350/2306-2827.2017.1.78

В настоящее время более ста малых, средних и крупных фирм России выпускают комплекты домов из оцилиндрованного бревна. Дом из оцилиндрованного бревна безупречен с экологической точки зрения при экологической безопасности применяемых антисептиков и антипиренов. Промышленные методы строительства домов из оцилиндрованного бревна обеспечивают высокое качество изготовления, малые сроки строительства, эстетичность домов.

Однако, несмотря на очевидные преимущества таких домов, у них есть некоторые проблемы. Наиболее значимые – трещины на поверхности брёвен; усадка при изготовлении сруба. При оцилиндровке уходит в отходы внешняя (камбиальная) часть древесины бревна, сохраняющая заболонную древесину от загнивания, возникающие внутренние напряжения в древесине приводят её к растрескиванию. Необходимо «выстаивать» дом из оцилиндрованного бревна 1,2 ÷ 1,5 года, чтобы он достиг эксплуатационной влажности. Усушка брёвен, а также усадка вследствие их смятия под нагрузкой в доме трёхметровой высоты достигает по снижению уровня потолка на 15 – 20 см.

Широкому распространению домов из оцилиндрованного бревна способствует промышленный способ их изготовления. Брёвна одинаковых размеров, зазоры уменьшены до минимума, потери тепла снижены. Точность геометрических размеров значительно сокращает время сборки домов.

В ПГТУ проведены экспериментальные исследования СВЧ-сушки оцилиндрованных брёвен, запатентованы устройства для сушки крупномерных лесоматериалов, в том числе и оцилиндрованных брёвен. Предварительная сушка даёт возможность сократить время изготовления деревянного дома и передачи его в эксплуатацию до двух-трёх месяцев.

Большинство используемых в настоящее время способов механической обработки древесины являются процессами

сложного резания. При производстве оцилиндрованных брёвен первая составляющая сложного резания – точение, получение изделий, поверхности которых являются телами вращения. Процесс обработки при точении бревна происходит при его вращательном движении и движении резца вдоль (продольное точение) или поперёк оси вращения бревна (поперечное точение). Вследствие значительной массы обрабатываемого бревна число оборотов его невелико и находится в пределах 40–80 об/мин. Использование станочных токарных резцов статического действия даёт плохое качество обрабатываемой поверхности, т. к. скорость резания у них невысокая. Увеличение скорости резания за счёт роста числа оборотов бревна может привести к выбросу бревна из центров из-за плохой его балансировки* [3].

Целесообразнее в этом случае использовать вместо станочных резцов фрезерные головки цилиндрического, конического или торцового фрезерования. С учётом направления подачи по отношению к направлению волокон различают фрезерование вдоль волокон (продольное), поперёк волокон (поперечное) и в торец (торцовое). В зависимости от взаимного направления вращения бревна и фрезерной головки фрезерование бывает встречное и попутное.

Подача фрезерной головки к вращающемуся бревну может производиться при помощи суппорта с прямолинейным движением или маятником по дуге окружности, вдоль бревна – кареткой, на которой находятся суппорт или маятник. Маятниковая подвеска фрезы имеет ряд преимуществ по сравнению с суппортом. Она гасит ударные нагрузки при встрече фрезы с сучьями, каповыми наплывами и т. п. Маятниковый механизм при небольших габаритах и простой конструкции позволяет на одном станке обрабатывать

* Глебов И.Т. Оборудование отрасли: справочник по резанию древесины. Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. 314 с.

брёвна в широком диапазоне диаметров с высокой точностью.

В Республике Марий Эл и ПФО более 20 лет находятся в эксплуатации 15 оцилиндровочных станков ОЦ-1 конструкции ПГТУ. Их отличительная особенность – наличие обрабатывающего узла, расположенного на движущейся вдоль вращающегося бревна каретке. Обрабатывающий узел представляет собой (рис.1, вид спереди) две отдельные фрезерные головки с маятниковой подвеской для грубой (справа) и чистой (слева) обработки бревна.



Рис. 1. Общий вид обрабатывающего узла со стороны фрезерных головок (фрезы сняты)



Рис. 2. Вид обрабатывающего узла со стороны маятника фрезы для чистой обработки бревна

На рис. 2 показан обрабатывающий узел со стороны фрезы для чистой обработки. Подъём и опускание фрез на маятнике производится винтами. Маятниковая подвеска фрез обеспечивает плавность

работы обрабатывающего узла, точность обработки (отклонение по диаметру на шестиметровом бревне не превышает 1–2 мм), возможность обработки брёвен без переналадки станка в широком диапазоне диаметров брёвен (от 12 до 58 см).

При обработке брёвен используется точение с поперечным фрезерованием, энергоёмкость процесса обработки минимальная. Чистота обработки брёвен зависит от породы древесины, времени года, технологических параметров станка, причём у одного бревна чистота поверхности меняется вдоль его длины. Это приводит к невозможности механизации процесса подачи у оцилиндровочных станков и требует применения ручной подачи (человек визуально контролирует качество поверхности в зависимости от скоростей подачи и вращения бревна) либо завершающей шлифовки поверхности брёвен.

Задачей настоящей работы является обоснование направления совершенствования конструкции оцилиндровочного станка для повышения качества поверхности оцилиндрованных брёвен без ухудшения конструктивных и технологических параметров станка: производительности, энергоёмкости, металлоёмкости и т. п.

Было рассмотрено несколько направлений повышения качества обработки поверхности оцилиндрованных брёвен: установка на оцилиндровочный станок шлифовочной головки, использование ручных шлифовочных машинок и ручного электроинструмента для обработки поверхностей (рубанков и фуганков). Предпочтение было отдано оценке влияния перехода от поперечного к продольному фрезерованию на качество чистоты поверхности брёвен [4]. Это достигается обеспечением возможности изменения угла между осью бревна и осью одной из фрез обрабатывающего узла. Лучшие результаты достигаются установкой на обрабатывающий узел дополнительной фрезы для доводки поверхности бревна при переходе от поперечного фрезерования к продольному (рис. 3).

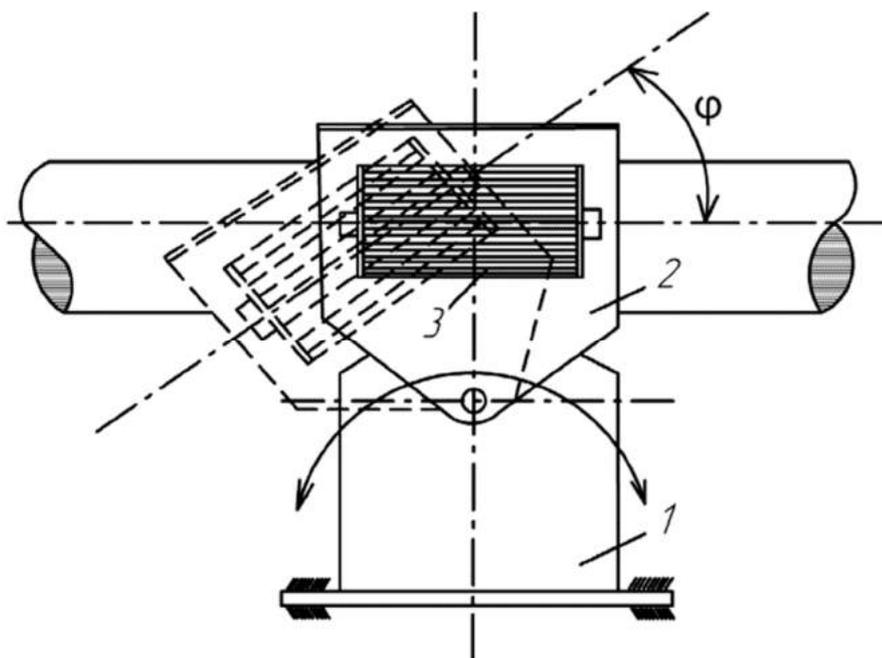


Рис. 3. Фрезерная головка для доводки поверхности брёвен:
1 – маятник; 2 – основание фрезы; 3 – фреза; ϕ – угол между осями фрезы и обрабатываемого бревна



Рис. 4. Общий вид экспериментальной установки для исследования процесса оцилиндровки брёвен:
а – вид сбоку, б – вид спереди

В ПГТУ на кафедре деревообрабатывающих производств с использованием теории подобия создана экспериментальная установка для исследования оцилиндровки брёвен [5–9] (рис. 4).

Исследования велись в два этапа. На первом этапе изучалась зависимость чистоты поверхности (шероховатости) от величины варьируемых факторов. На втором этапе (планируется) исследовать зависимость энергоёмкости процесса оци-

линдровки и производительности установки от переменных факторов.

Проведён полный факторный эксперимент $N=2^3$ (табл. 1 и 2).

Варьируемые факторы:

x_1 – скорость вращения шпинделя (бревна) $40 < x_1 < 80$ об/мин;

x_2 – скорость движения каретки $2,5 < x_2 < 10$ см/с;

x_3 – угол между осями фрезы и бревна $0 < x_3 < 75$ град.

Таблица 1

Матрица базисных функций

Номер опыта	x_0	x_1	x_2	x_3
1	+	1	1	-1
2	+	-1	1	-1
3	+	1	-1	-1
4	+	-1	-1	-1
5	+	1	1	1
6	+	-1	1	1
7	+	1	-1	1
8	+	-1	-1	1

Вычисляем коэффициенты

B_0	B_1	B_2	B_3	B_{12}	B_{13}	B_{23}	B_{123}
42,61	1,19	3,84	-5,87	2,37	0,72	2,52	3,34

Регрессионная модель, описывающая зависимость шероховатости поверхности бревна от факторов x_1, x_2, x_3 :

$$Y = 42,61 + 1,19x_1 + 3,84x_2 - 5,87x_3 + 2,37x_1x_2 + 0,72x_1x_3 + 2,52x_2x_3 + 3,34x_1x_2x_3. \quad (1)$$

Связь между нормализованными и натуральными значениями факторов:

$$x_1 = \frac{V_{штин} - 60}{20}; \quad x_2 = \frac{V_{карет} - 6,25}{3,75}; \quad x_3 = \frac{\varphi - 37,5}{3,75} \quad (2)$$

Дисперсия воспроизводимости эксперимента:

$$S^2(y) = 8,942.$$

Среднеквадратичное отклонение:

$$S_b(y) = 0,610393.$$

Коэффициенты B_1 и $B_{1,3}$ незначимы, регрессионная модель принимает вид:

$$Y = 42,61 + 3,84x_2 - 5,87x_3 + 2,37x_1x_2 + 2,52x_2x_3 + 3,34x_1x_2x_3. \quad (3)$$

Дисперсия адекватности:

$$S^2_{ад.} = 7,6858.$$

Таблица 2

Матрица в натуральных значениях

$V_{штин}$	$V_{карет}$	φ	y_1	y_2	y_3	y_{cp}
80	10	0	51,33	46,73	49,82	49,29
40	10	0	43,50	51,57	55,79	50,29
80	2,5	0	46,33	51,56	47,92	18,60
40	2,5	0	44,54	46,88	45,71	45,71
80	10	75	49,61	52,31	50,23	50,70
40	10	75	37,44	36,86	32,19	35,49
80	2,5	75	27,73	24,67	27,73	26,58
40	2,5	75	33,65	36,73	32,16	34,18

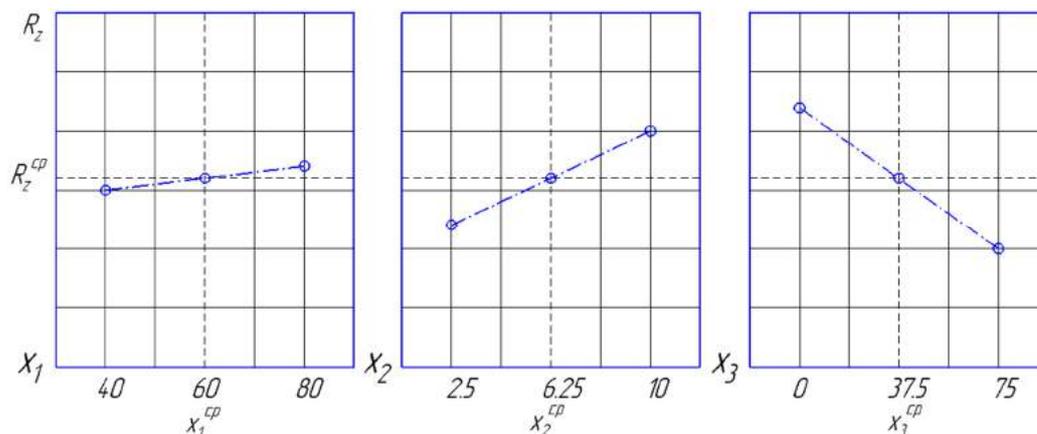


Рис. 5. Графики зависимости шероховатости R_z от аргументов x_1, x_2, x_3

Критерий Фишера: $F_{табл.}=2,74$; $F_{расч.}=0,859525$; $F_{табл.}> F_{расч.}$, модель адекватна.

Упрощённое уравнение регрессии с натуральными переменными:

$$\begin{aligned}
 Y = & 41,43 + 0,001187 \cdot V_{карет} \cdot V_{шпин} \cdot \varphi - \\
 & - 0,0129 \cdot V_{карет} \cdot V_{шпин} - 0,053 \cdot V_{карет} \cdot \varphi + \\
 & + 1,128 \cdot V_{карет} - 0,0074 \cdot V_{шпин} \cdot \varphi + \\
 & + 0,0808 \cdot V_{шпин} + 0,1768 \cdot \varphi.
 \end{aligned} \quad (4)$$

На рис. 5 приведены графики зависимостей шероховатости поверхности оцилиндрованных брёвен от аргументов x_1, x_2, x_3 , построенные с использованием предложенной методики.

Заключение. Очевидно, что снижение скоростей вращения бревна и движения каретки, а также увеличение угла φ снижают значение шероховатости поверхности. Однако окончательное заключение будет сделано после завершения второго этапа экспериментальных исследований, когда будет учтено влияние энергоёмкости и производительности на шероховатость. Но уже сегодня можно сказать, что реконструкция станков будет заключаться в изменении принципа действия одного из фрезерных механизмов станка или установки дополнительного механизма для окончательной доводки поверхности брёвен, как наиболее результативного решения [10].

Список литературы

1. Калугин А.В. Деревянные конструкции. М.: Издательство АСВ, 2008. 288 с.
2. Чемоданов А.Н., Гайнуллин Р.Х. Результаты исследования процесса продольного строгания древесины на шпон // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2010. № 1 (8). С. 40-45.
3. Timber Engineering / Edited by Sven Thelandersson, Hans J. Jarsen. Chichester, England, 2003, 420 p.
4. Глебов И.Т. Решение задач по резанию древесины. СПб.: Издательство «Лань», 2012. 288 с.
5. Пижурин А.А. Научные исследования в деревообработке. Основы научных исследований. М.: МГУЛ, 1999. 103 с.
6. System Simulation – the art and science Robert Shannon, University of Alabama in Huntsville. Huntsville, Alabama, Prentice – Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1975, 410 p.
7. Теория подобия и размерностей. Моделирование / П.М. Алабужев и др. М.: Высшая школа, 1968. 205 с.
8. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. М: МГУЛ, 2001. 340 с.
9. Пижурин А.А. Основы научных исследований в деревообработке. М.: МГУЛ, 2005. 305 с.
10. Пат. 151634 U1 Российская Федерация, МПК В27С 9/04 Станок для оцилиндровки бревен / Чемоданов А.Н., Ямщиков Е.Ю., заявитель и патентообладатель Поволжский государственный технологический университет – 2014131650/13, заявл.30.07.2014; опубл. 10.04.2015 Бюл. № 10
11. Чемоданов А.Н., Ямщиков Е.Ю., Trgala K. Оптимизация технологических параметров при оцилиндровке бревен. Актуальные направления научных исследований XXI века: Теория и практика. Материалы международной заочной научно-практической конференции. Воронеж, 2015. № 9, ч.3, С. 241 – 246.

Статья поступила в редакцию 21.03.16.

Информация об авторах

ЧЕМОДАНОВ Александр Николаевич – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой деревообрабатывающих производств, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – деревянное домостроение, сушка древесины, СВЧ-обработка древесины. Автор 200 публикаций.

ЯМЩИКОВ Евгений Юрьевич – аспирант кафедры деревообрабатывающих производств, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – деревянное домостроение. Автор восьми публикаций.

ЛОЖКИН Роман Валентинович – магистрант кафедры деревообрабатывающих производств, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – деревянное домостроение. Автор 10 публикаций.

ТУРУЕВ Александр Владимирович – магистрант кафедры деревообрабатывающих производств, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – деревянное домостроение. Автор 15 публикаций.

УДК 470.31:674.21

DOI: 10.15350/2306-2827.2017.1.78

QUALITY ENHANCEMENT OF THE ROUNDED WOOD SURFACE

A. N. Chemodanov, E. Iu. Iamshchikov, R. V. Lozhkin, A. V. Turuev

Volga State University of Technology,
3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: ChemodanovAN@volgatech.net

Key words: *wooden house construction; log surface; log rounding machine; quality of the log surface.*

ABSTRACT

Introduction. *In order to develop the technology for high-rise wooden house constructions it is particularly important to take into consideration the quality of log surface, which defines the overall operating costs. Surface roughness characterises the reaction of logs to environmental loads including humidity, heat, fungi. In other words, this factor defines house maintenance costs in the condition appropriate for their exploitation. Volga State University of Technology is involved in extensive research aimed to develop wooden housebuilding from the rounded logs including processes of complex cutting when designing log rounding machines. The work aims to define the impact of technological and constructive machine parameters on the log roughness using a pilot installation. Materials and methods.* *Based on the developed experimental installation we defined the dependence of surface smoothness on the variable factor values and revealed the dependence of the energy capacity of the roundup process and installation performance on the variable factors. Results.* *Run-down speed transition of the log and carriage supported with the angle increase between the cutter centre and the processed log result in the decreased roughness of the surface. Conclusion.* *Reconstruction of log rounding machines should involve the change of operation of one of the moulding mechanisms in the machinery or installation of a mechanism for the final finish of the log surface as the most effective solution.*

REFERENCES

1. Kalugin A.V. *Derevyannye konstruksii* [Wooden constructions]. Moscow: ASV Publishing House, 2008. 288 p.
2. Chemodanov A.N., Gaynullin R.Kh. Rezultaty issledovaniya protsessa prodolnogo strovaniya drevesiny na shpon [Research results of the process of longitudinal wood planning used to produce veneer]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Mari State Technical University.

Series: Forest. Ecology. Nature Management]. 2010. No 1. Pp. 40-45.

3. Timber Engineering / Edited by Sven Thelandersson, Hans J. Jarsen. Chichester, England, 2003, 420 p.

4. Glebov, I.T. *Reshenie zadach po rezaniyu drevesiny* [Addressing a problem of wood cutting]. St Petersburg: Lan Publishing House, 2012. 288 p.

5. Pizhurin A.A. *Nauchnye issledovaniya v derevoobrabotke. Osnovy nauchnykh issledovaniy*. [Research in timber processing. Basics of research]. Moscow: MGUL, 1999. 103p.

6. System Simulation – the art and science Robert Shannon, University of Alabama in Huntsville. Huntsville, Alabama, Prentice – Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1975, 410 p.

7. Teoriya podobiya i razmernostey. Modelirovanie [Theory of similarity and dimension. Modelling]/ P.M. Alabuzhev et al. Moscow: Vysshaya shkola, 1968, 205 p.

8. Ugolev B.N. *Drevesinovedenie s osnovami lesnogo tovarovedeniya* [Wood science and basics of wooden goods science]. Moscow: MGUL, 2001. 340 p.

9. Pizhurin A.A. *Osnovy nauchnykh issledovaniy v derevoobrabotke* [Basics of research in timber processing]. Moscow: MGUL, 2005. 305p.

10. Chemodanov A.N., Iamshchikov E.Iu. Stanok dlya otsilindrovki breven [Machine for log rounding]. Patent RF, no 151634, 2015.

11. Chemodanov A.N., Iamshchikov E.Iu., Trgala K. Optimizatsiya tekhnologicheskikh parametrov pri otsilindrovke breven. Aktualnye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: Teoriya i praktika. Materialy mezhdunarodnoy zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. [Optimisation of technological parameters in log rounding. Actual research trends in the 21 century: theory and practice. Proceedings of international research and practical conference with virtual participation]. Voronezh. 2015. Part 3, No 9, Pp. 241 – 246.

The article was received 21.03.16.

Citation for an article: Chemodanov A. N., Iamshchikov E. Iu., Lozhkin R. V., Turuev A. V. Quality Enhancement of the Rounded Wood Surface. Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management. 2017. No 1(33). Pp. 78-85. DOI: 10.15350/2306-2827.2017.1.78

Information about the authors

CHEMODANOV Aleksandr Nikolaevich – Candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Woodworking Industries, Volga State University of Technology. Research interests – wooden house construction, timber drying, ultra-high frequency wood processing. Author of 200 publications.

IAMSHCHIKOV Evgenii Iurevich – Postgraduate of the Department of Woodworking Industries, Volga State University of Technology. Research interests – wooden house construction. Author of 8 publications.

LOZHKIN Roman Valentinovich – Master student of the Department of Woodworking Industries, Volga State University of Technology. Research interests – wooden house construction. Author of 10 publications.

TURUEV Aleksandr Vladimirovich – Master Student of the Department of Woodworking Industries, Volga State University of Technology. Research interests – wooden house construction. Author of 15 publications.