

DOI: 10.12737/6286

УДК 621.002: 674.812

**ТВЕРДОСТЬ И ДЕФОРМАЦИИ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ
ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

кандидат технических наук **А. А. Аксенов**¹

кандидат технических наук **С. В. Малюков**¹

1 – ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия»,
г. Воронеж, Российская Федерация

Многие лесные машины и оборудование эксплуатируются в условиях отрицательных температур. Повышение их надежности является весьма актуальной задачей, решение которой может быть обеспечено применением в узлах трения подшипников из прессованной древесины. Успешное применение прессованной древесины в узлах трения возможно при знании ее механических и триботехнических свойств и законов их изменения в зависимости от различных факторов. Ранее были предприняты попытки изучения твердости и деформаций прессованной древесины при нормальных условиях, но данные исследования носили частный характер. В работе рассмотрены зависимости твердости, временных упругих и остаточных деформаций прессованной древесины, критерия относительного сближения трущихся поверхностей от температуры, позволяющие скорректировать расчеты надежности и работоспособности подшипников из прессованной древесины при отрицательных температурах. Результаты представленных материалов достаточно точно свидетельствуют о том, что при понижении температуры твердость и упругие деформации прессованной древесины увеличиваются, а временные остаточные деформации и критерий относительного сближения поверхностей трения пары металл-древесина уменьшаются. Данное обстоятельство позволяет увеличить нагрузочную способность подшипников из прессованной древесины. Предложены зависимости твердости, временных упругих и остаточных деформаций прессованной древесины от температуры в интервале от +20 до -100 °С. Проведенные исследования характеризуют изменение твердости и деформаций прессованной древесины при отрицательных температурах. Использование результатов при проектировании и расчете узлов трения из прессованной древесины позволит повысить надежность эксплуатации при отрицательных температурах лесных машин и оборудования.

Ключевые слова: прессованная древесина, узел трения, твердость, деформация, отрицательная температура.

HARDNESS AND DEFORMATION OF PARTICLE BOARD AT NEGATIVE TEMPERATURES

PhD in Engineering **A. A. Aksenov**¹

PhD in Engineering **S. V. Malyukov**¹

1 – FSBEI HPE «Voronezh State Academy of Forestry and Technologies»,
Voronezh, Russian Federation

Abstract

Many forest machinery and equipment are operated in freezing conditions. Improving their reliability is very urgent task that can be achieved using bearings of pressed wood in friction units. Successful application of compressed wood in friction units is possible with knowledge of its mechanical and tribological properties and laws of their changes depending on various factors. Earlier attempts were made to study the hardness and deformation of particle board under normal conditions, but these studies were of private nature. The paper discusses the dependence of hardness, temporary and permanent deformations of the elastic compressed wood, the criterion of the relative convergence of the friction surfaces of the temperature, allowing adjusting the estimates of reliability and availability of bearings compressed wood at low temperatures. Results of submissions accurately indicate that at low temperatures hardness and elastic deformation of compressed wood increases, and temporary and permanent deformations and criterion of relative approach of the pair of friction surfaces of metal - timber decrease. This allows us to increase the load capacity of bearings of compressed wood. Dependences of hardness, temporary elastic deformation and residual deformations of compressed wood on the temperature in the range from +20 to -100 0C are suggested. Studies characterize the change in hardness and deformation of compressed wood at low temperatures. Using the results in the design and calculation of friction units of compressed wood will improve the reliability of operation at negative temperatures of forest machinery and equipment.

Keywords: compressed wood, friction unit, hardness, deformation, negative temperature.

В настоящее время в условиях отрицательных температур широко используются различные машины и механизмы, повышение работоспособности и надежности которых является весьма актуальной задачей. Применяемые в них узлы трения преимущественно изготавливаются из различных металлических сплавов. Такие узлы трения имеют ряд существенных недостатков при работе в условиях отрицательных температур. Основным недостатком металлических пар трения скольжения и

качения является схватывание контактирующих поверхностей при отрицательных температурах (их примерзание и адгезия), которое при начале работы механизма вызывает значительный износ пары трения, а иногда и заклинивание подшипника, что приводит к выходу из строя всего агрегата.

Применение в узлах трения подшипников из прессованной древесины (ДП) может решить данную проблему. Узлы трения с подшипниками из ДП имеют ряд преимуществ перед подшипниками из других анти-

фрикционных материалов: низкую себестоимость; незначительный износ сопряженной поверхности трения; хорошую деформативность при достаточной твердости и упругости; способность поглощения абразивных частиц; низкую металлоемкость; способность наполняться и пропитываться смазочными материалами (работают на самосмазке).

Для внедрения узлов трения с подшипниками из ДП в народное хозяйство многими учеными производились исследования свойств и различных характеристик ДП. Однако эти исследования имели частный характер и производились при температурах от +20 до +100 °С. Исследования свойств ДП как антифрикционного материала при отрицательных температурах будут способствовать внедрению ее в механизмы и оборудование, работающие в условиях Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера.

Основной характеристикой работы пары трения металл-ДП является критерий относительного сближения сопряженных поверхностей $\frac{h}{R}$, определяемый как частное глубины внедрения металлической неровности h и радиуса этой неровности у основания R .

В исследованиях [1] доказано, что критерий относительного сближения пары металл-ДП зависит от механических свойств ДП, так как металл в данном случае выступает в роли абсолютно твердого тела по отношению к ДП. Основными характеристиками механических свойств ДП является твердость, временные упругие и остаточные деформации, которые определяют надежность и работоспособность подшипникового материала.

Известно, что твердость и деформации ДП изменяются в зависимости от тем-

пературы [2], причем при повышении температуры от +20 до +100 °С твердость и временные упругие деформации уменьшаются, а временные остаточные деформации увеличиваются. Логично предположить, что при уменьшении температуры от +20 до -100 °С твердость ДП будет увеличиваться. Поэтому расчет подшипников, работающих при отрицательных температурах, необходимо вести с учетом изменения твердости и деформаций.

По данным исследований, приведенных в работе [3], упругий контакт имеет место при величине сближения $0 \leq \frac{h}{R} \leq \left(\frac{h}{R}\right)_{кр}$. Критическая величина относительного сближения поверхностей $\left(\frac{h}{R}\right)_{кр}$ зависит от механических свойств трущихся поверхностей.

Согласно исследованиям [4], контакт поверхностей при трении аналогичен контакту единичной неровности с поверхностью. Если h_{max} принять за глубину внедрения единичной неровности, при которой начинается микропластическая (временная остаточная) деформация ДП, то можно приближенно принять $\frac{h_{max}}{R} = \left(\frac{h}{R}\right)_{кр}$.

Для определения критерия относительного сближения перейдем на модель контакта поверхностей трения пары металл-ДП. Моделью металлической неровности принимаем металлический шарик диаметром 5 мм, с помощью которого определяется твердость, временные упругие и остаточные деформации по ГОСТ 13338-86 [5].

Из уравнения твердости ДП $H = \frac{F}{2\pi R h}$ получаем формулу для определения критерия относительного сближения

поверхностей пары трения металл-ДП

$$\frac{h}{R} = \frac{F}{2\pi R^2 H'} \quad (1)$$

где F – нагрузка на единичную неровность (шарик), Н;

R – радиус единичной неровности (шарика), м;

H – твердость ДП, Па.

Так как твердость ДП зависит от температуры, критерий относительного сближения поверхностей тоже будет зависеть от температуры. Поэтому формула (1) примет вид

$$\frac{h}{R} = \frac{F}{2\pi R^2 H(t)}, \quad (2)$$

где $H(t)$ – зависимость твердости ДП от температуры.

Таким образом, зная зависимость твердости ДП при отрицательных температурах, по формуле (2) можно рассчитать критерий относительного сближения поверхностей трения пары металл-ДП, по которому определяется надежность и работоспособность подшипников из ДП.

Экспериментальные исследования зависимости твердости, временных упругих и остаточных деформаций от температуры проводились на специально разработанной установке, описанной в работе [1].

Твердость H , временные упругие Δ_Y и остаточные Δ_O деформации определялись в соответствии с ГОСТ 13338-86 [3] по формулам

$$H = \frac{F}{2\pi R h}; \quad \Delta_Y = \frac{h_1 - h}{h_1} \cdot 100 \%; \quad (3)$$

$$\Delta_O = \frac{h}{h_1} \cdot 100 \%,$$

где F – нагрузка, прилагаемая к шарикам, Н;

R – радиус шарика, м;

h – глубина отпечатка шарика, измеренная после снятия нагрузки, м;

h_1 – глубина отпечатка шарика, измеренная под нагрузкой, м.

По результатам испытаний построен график зависимости твердости от температуры в интервале от +20 до -100 °С для трех направлений действия нагрузки (рис. 1).

Анализируя графики, представленные на рис. 1, можно сделать следующие выводы.

1. С понижением температуры от +20 до -100 °С твердость ДП увеличивается: при действии нагрузки в радиальном направлении к волокнам от 124,7 до 349,3 МПа, в тангенциальном – от 128,1 до 400,4 МПа, в торцевом – от 133,6 до 404,5 МПа.

2. Анизотропия древесины оказывает незначительное влияние на величину твердости в интервале температур от +20 до -100 °С.

Так как торцевая поверхность трения является оптимальной, по результатам экспериментальных данных изменения торцевой твердости ДП в интервале охлаждения от +20 до -100 °С получена аналитическая зависимость [6]

$$H = 158,34e^{-0,0093t} \text{ [МПа]}. \quad (4)$$

В результате обработки экспериментальных данных построены графики изменения величин временных упругих и остаточных деформаций ДП для нагрузок, действующих в радиальном, тангенциальном и торцевом направлениях в интервале температур от +20 до -100 °С (рис. 2).

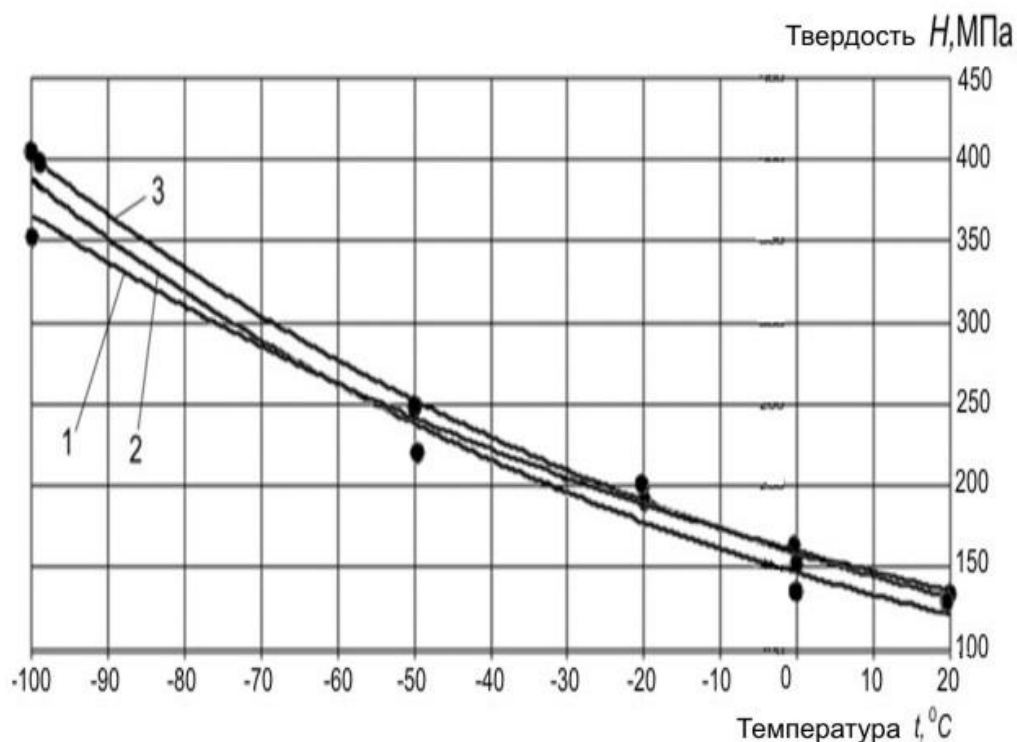


Рис. 1. Изменение твердости ДП в зависимости от температуры:
1 – в радиальном направлении к волокнам; 2 – в тангенциальном направлении к волокнам; 3 – в торцевом направлении к волокнам

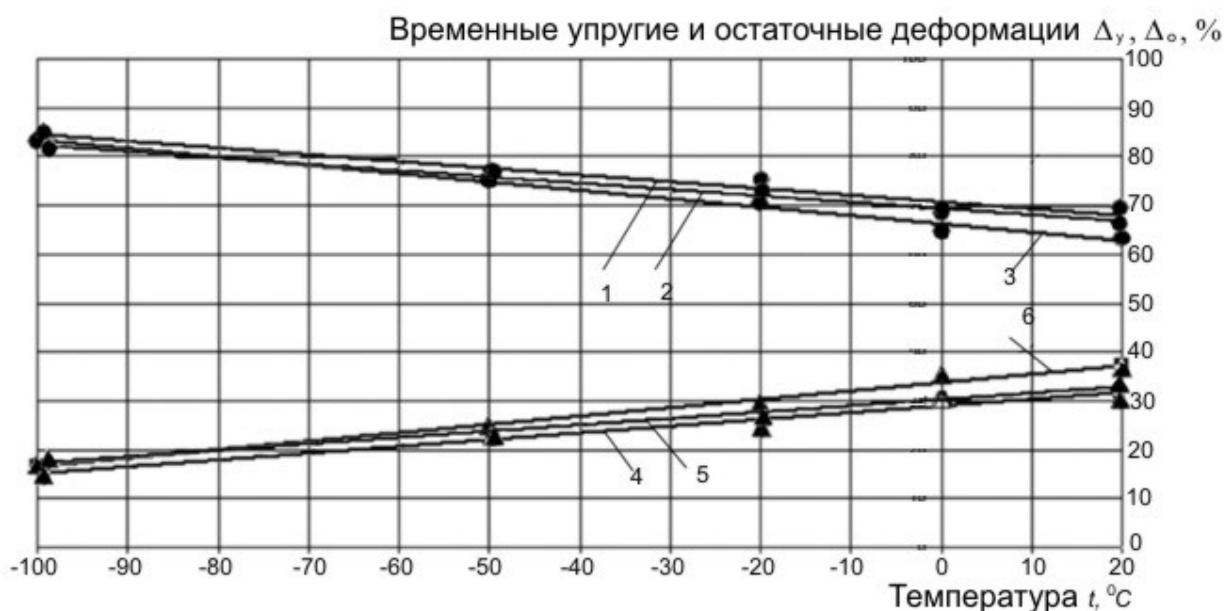


Рис. 2. Изменение упругих и временных остаточных деформаций ДП в зависимости от температуры: 1, 2, 3 – упругие деформации; 4, 5, 6 – остаточные деформации;
1, 4 – в радиальном направлении к волокнам; 2, 5 – в тангенциальном направлении к волокнам; 3, 6 – в торцевом направлении к волокнам

Анализируя графики, представленные на рис. 2, можно сделать следующие выводы.

1. Характер изменения временных упругих деформаций может быть принят линейным. В интервале температур от +20 до -100 °С временные упругие деформации возрастают: при действии нагрузки в радиальном направлении к волокнам от 67 до 82 % (на 15 %); при действии нагрузки в тангенциальном направлении к волокнам от 70 до 85 % (на 15 %); при действии нагрузки в торец от 63 до 83 % (на 20 %).

2. Временные остаточные деформации изменяются также по линейной зависимости от температур обратно пропорционально упругим: при действии нагрузки в радиальном направлении к волокнам от 33 до 18 % (на 15 %); при действии нагрузки в тангенциальном направлении к волокнам от 30 до 15 % (на 15 %); при действии нагрузки в торец от 37 до 17 % (на 20 %).

Изменение временных упругой и остаточной деформаций торцевой поверхности ДП в интервале охлаждения от +20 до -100 °С может быть описано аналитическими зависимостями

$$\begin{aligned} \Delta_y &= -0,1726t + 66,106; \\ \Delta_o &= 0,1726t + 33,894. \end{aligned} \quad (5)$$

На основе экспериментальных данных в зависимости от температуры можно установить максимальный критерий сближения $\left(\frac{h}{R}\right)_{max}$, определенный по глубине отпечатка шарика под нагрузкой 250 Н и минимальный критерий сближения $\left(\frac{h}{R}\right)_{min}$, определенный по глубине отпе-

чатка шарика после снятия нагрузки.

На рис. 3 представлены экспериментальные графики зависимости максимального и минимального критериев относительного сближения трущихся поверхностей пары металл-ДП от температуры, из анализа которых следует, что с понижением температуры критерий относительного сближения уменьшается пропорционально повышению твердости. При понижении температуры от +20 до -100 °С $\left(\frac{h}{R}\right)_{max}$ снижается от 0,066 до 0,049, т.е. на 0,017 (25 %), а $\left(\frac{h}{R}\right)_{min}$ – от 0,024 до 0,008, т.е. на 0,016 (70 %).

Критерий относительного сближения трущихся поверхностей, согласно формуле (2), зависит не только от твердости, но и от нагрузки. Поэтому при увеличении нагрузки на подшипник будет наблюдаться переход условий контакта из зоны упругих в зону остаточных деформаций. Если нагрузка на подшипник из ДП будет вызывать только временные упругие деформации на поверхности трения, то такие подшипники окажутся надежными и работоспособными.

В заключение можно сделать следующие выводы.

1 Твердость ДП практически не зависит от анизотропии и при действии нагрузки в торцевом направлении к волокнам (торцевая твердость) в интервале температур от +20 до -100 °С увеличивается с 133 до 405 МПа.

2 Временные упругие и остаточные деформации в небольшой степени зависят от анизотропии ДП. Максимальное значе-

ние отклонения деформаций для различных направлений действия нагрузок по отношению к волокнам не превышают 10 %. Причем временные упругие деформации с понижением температуры увеличиваются, а временные остаточные – уменьшаются.

3 Повышение твердости и увеличе-

нием временных упругих деформаций понижает критерий относительного сближения трущихся поверхностей пары металл-ДП, что позволяет применять подшипники из ДП в узлах трения, испытывающих значительно большие нагрузки, чем при обычных температурах.

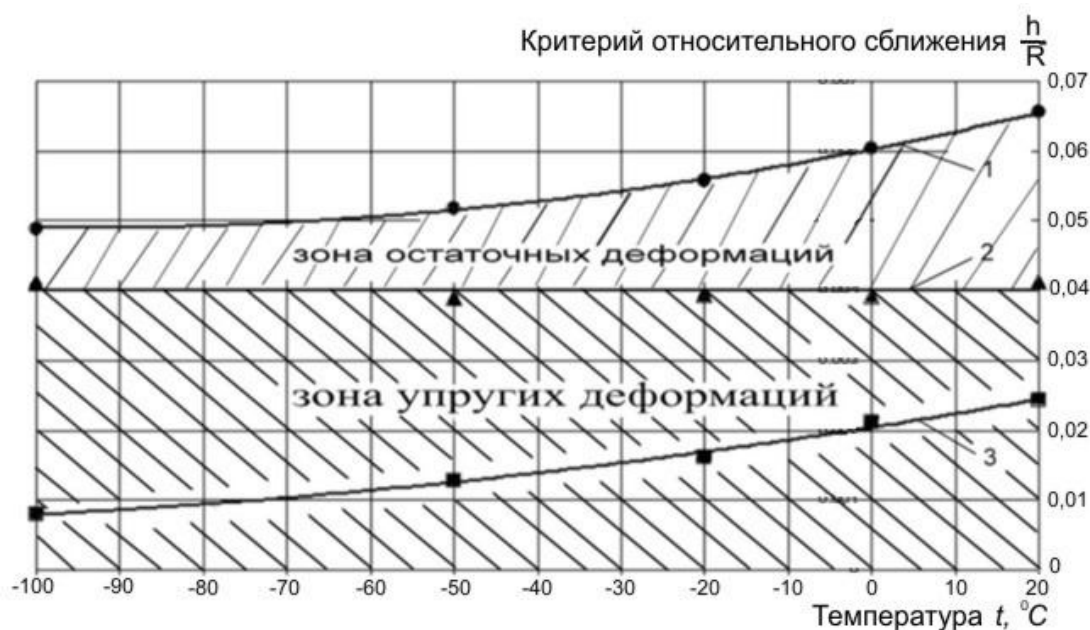


Рис. 3. Зависимость критерия сближения пары трения металл-ДП в зависимости от температуры: 1 – максимальный критерий сближения $\left(\frac{h}{R}\right)_{max}$; 2 – критерий сближения в пределах упругих деформаций; 3 – минимальный критерий сближения $\left(\frac{h}{R}\right)_{min}$

Библиографический список

1. Аксенов, А. А. Повышение надежности подшипников лесных машин, работающих при отрицательных температурах [Текст] : автореф. ... канд. техн. наук: 05.21.01 / А. А. Аксенов – Воронеж, 2003. – 18 с.
2. Аксенов, А. А. Влияние отрицательны температур на твердость и деформации прессованной древесины [Текст] / А. А. Аксенов // Технические науки – от теории к практике : материалы XVIII международной заочной научно-практической конференции. – Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. – С. 31-38.
3. Крагельский, И. В. Трение и износ [Текст] : учеб. / И. В. Крагельский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1968. – 480 с.
4. Михин, Н. М. Трение в условиях пластического контакта [Текст] / Н. М. Михин. – М. : Наука, 1968. – 104 с.

5. ГОСТ 13338-86. Древесина модифицированная. Метод определения твердости, временных упругих и временных остаточных деформаций [Текст]. – Введ. 1986-03-01. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.

6. Аксенов, А. А. Влияние отрицательных температур на твердость прессованной древесины [Текст] / А. А. Аксенов // Лесной журнал. – 2010. – № 6. – С. 133-137.

References

1. Aksenov A.A. Improving the reliability of bearings of forest machines operating at negative temperatures: Author. Dis. cand. tehn. Science [Aksenov A.A. Povyshenie nadezhnosti podshipnikov lesnyh mashin, rabotajushhih priotricatel'nyh temperaturah. avtoref. kand. tehn. nauk]. Voronezh, 2003, 18 p. (In Russian).

2. Aksenov A.A. Influence of negative temperatures on the hardness and deformation of compressed wood [Aksenov A.A. Vlijanie otricatel'nyh temperatur na tverdosť i deformacii pressovannoj drevesiny. *Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike : materialy XVIII mezhdunarodnoj zaochnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*]. "Engineering - From Theory to Practice": Proceedings of XVIII International correspondence scientific-practical conference, Novosibirsk, 2013, pp. 31-38. (In Russian).

3. Kragelsky I.V. Friction and wear [Kragelsky I.V. Trenie i iznos]. Moscow, Mechanical Engineering, 1968, 480 p. (In Russian).

4. Mikhin N.M. Friction in the conditions of plastic contact [Mikhin N.M. Trenie v uslovijah plasticheskogo kontakta]. Moscow, 1968, 104 p. (In Russian).

5. GOST 13338-86. Modified wood. Method for determination of hardness, elastic time and temporary residual deformation. Enter. 1986-03-01. [GOST 13338-86. Drevesina modifitsirovannaja. Metod opredelenija tverdosťi, vremennyh uprugih i vremennyh ostatocnyh deformacij. Vved. 1986-03-01]. Moscow, 1986, 8 p. (In Russian).

6. Aksenov A.A. Effect of freezing temperatures on the hardness of compressed wood [Aksenov A.A. Vlijanie otricatel'nyh temperatur na tverdosť pressovannoj drevesiny]. *Lesnoj zhurnal – Forest Journal*, 2010, no. 6, pp. 133-137. (In Russian).

Сведения об авторах

Аксенов Алексей Александрович – доцент кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин, ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», кандидат технических наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: aaa-aksenov@mail.ru.

Малюков Сергей Владимирович – старший преподаватель кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин, ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», кандидат технических наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: maljukov-sergejj@rambler.ru.

Information about authors

Aksenov Alexey Aleksandrovich – Associate Professor of Production, Repair and Maintenance of Machinery Department of FSBEI HPE «Voronezh State Academy of Forestry and Technologies», PhD in Engineering, Voronezh, Russian Federation; e-mail: aaa-aksenov@mail.ru.

Malyukov Sergey Vladimirovich – Senior Lecturer of Department of Forestry Mechanization and Machine Design of FSBEI HPE «Voronezh State Academy of Forestry and Technologies», PhD in Engineering, Voronezh, Russian Federation; e-mail: maljukov-sergejj@rambler.ru.

DOI: 10.12737/6287

УДК 674.402

ИСТОРИЯ МЕБЕЛИ В СТИЛЕ РОКОКО

В. А. Гарин¹

доктор технических наук, профессор **Е. М. Разиньков**¹

кандидат технических наук, доцент **А. Н. Чернышев**¹

1 – ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия»,
г. Воронеж, Российская Федерация

Архитектура в этот период окончательно теряет все признаки монументальности и тектоничности: уже не существует деления на несущее и несомое. Стены и потолки превращены в декоративные плоскости, расчлененные различными филенками с обрамленьями. Орнаментальные формы асимметричны и неизменно криволинейны; не подчиняясь никаким правилам, они покрывают почти сплошь поверхности стен и потолков. Сами стены, обшитые деревом, выкрашиваются в изысканнейшие светло-голубые, светло-зеленые, розовые и белые тона, оттеняемые позолоченной орнаментикой, и увешиваются большим количеством зеркал в пышных рамах. Рокайльный орнамент включал в себя и растительные мотивы, и очень обобщенно, почти произвольно варьирующийся мотив фантастической раковины, представляющей собой как бы пульсирующий поток завитков, стеблей, листьев. Светская жизнь этой эпохи большей частью протекала в небольших уютных комнатах, обставленных не только стационарной мебелью вдоль стен, но и большим количеством легко передвигаемых предметов – небольших столов, кресел, легких банкеток. Все они, обитые одной тканью, вместе с диванами образовывали гарнитуры, связанные композиционно и общностью форм. В убранстве помещений важную роль стали играть вазы и скульптура на специальных подставках и столиках, а также напольные часы, в дамских будуарах все пространство заставлялось малогабаритными предметами: маленькими письменными столами, этажерками, горками для фарфора, картоньерками и т.д., приспособленными для самых различных индивидуальных потребностей.

Ключевые слова: история мебели, стиль рококо, эпоха.