УДК 674.061 DOI: 10.18324/2077-5415-2018-1-105-109

Исследование покоробленности пиломатериалов лиственницы даурской от действия начальных напряжений и собственного веса

А.Ю. Охлопкова

ООО «Азия Лес» пер. Облачный 78а, 11, Хабаровск, Россия
anna.okhlopkova@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-2761-374X
Статья поступила 10.12.2017, принята 15.01.2018

В статье представлен опыт изучения влияния начального напряжения и силы тяжести пиломатериалов на значения величины их прогиба. Авторами разработана методика исследования и предложены исследовательские установки для проведения наблюдений простых продольных покоробленностей по кромке и пласти пиломатериалов. Покоробленность после распиловки и сушки оказывает существенное влияние на экономическую эффективность лесопильно-деревообрабатывающих предприятий и объемно-ценностный выход пиломатериалов, особенно если речь идет о трудносохнущих и плотных породах древесины, таких как даурская лиственница. По этой причине объектом исследования были выбраны пиломатериалы из даурской лиственницы, произрастающей в Якутии. По существующим гипотезам, на коробление пиломатериалов оказывают влияния различные факторы, такие как особенности микро- и макростроения древесных пород, условия произрастания и внешние воздействия, технология и степень обработки пиломатериалов и многое другое. Для выявления и оценки действия начальных напряжений на величину покоробленности были выбраны свежеизготовленные пиломатериалы и собраны простейшие установки для проведения исследований непосредственно на производственной площадке. Полученный в результате проведенных наблюдений массив данных был проанализирован с учетом выявленных особенностей объекта исследования. Экспериментально подтвержден факт неодинаковой величины прогиба пиломатериалов по внутренней и наружной пласти, что является объективным свидетельством наличия начальных напряжений. По результатам исследования величины коробления возможно получение математических моделей для численного моделирования естественной кривизны пиломатериалов и последующего использования этих моделей с целью снижения затрат на производство сухой пилопродукции.

Ключевые слова: древесина; даурская лиственница; начальные напряжения; пиломатериалы; прогиб; коробление.

Research of Dahurian larch sawmill warping cased by of initial stresses and its own weight

A.Yu. Okhlopkova

"Asia Les" Ltd; 78a, 11, Oblachniy Per., Khabarovsk, Russia
anna.okhlopkova@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-2761-374X
Received 10.12.2017, accepted 15.01.2018

The article presents the justification for carrying out studies of the influence of the initial stress and gravity on the value of the deflection of sawn timber. The authors developed research methods and research facilities for observing simple longitudinal deformations along the edge and plastics of the saw materials. The fragmentation after sawing and drying has a significant impact on the economic efficiency of sawmilling and woodworking enterprises and the volume-value yield of sawn timber, especially when it comes to hard-drying and dense wood species, such as Dahurian larch. For this reason, timber from Daurian larch growing in Yakutia was chosen as the object of research. According to existing hypotheses, various factors influence the warping of sawn timber, such as the features of micro- and macrostructure of tree species, the conditions of growth and external influences, the technology and the degree of processing of sawn timber, and much more. To identify and evaluate the effect on the amount of distortion of initial stresses, freshly prepared sawn timber was selected and simple installations were assembled for research directly on the production site. The data obtained as a result of the observations was analyzed taking into account the revealed features of the object of investigation. The fact of the uneven amount of deflection of sawn timber along the inner and outer plates is experimentally confirmed, which is an objective evidence of the presence of initial stresses. Based on the results of the warp value study, it is possible to obtain mathematical models for numerical modeling of the natural curvature of sawn timber and subsequent use of these models in order to reduce the costs of production of dry sawmill.

Key words: wood; Dahurian larch, initial stresses; sawmill; deflection; warping.

Введение

Многими авторами [1–8] отмечается существенное влияние внутренних напряжений на формостабильность лесоматериалов (см. рис. 1). При этом, как продемонстрировано на рисунках, бревна после расхлыстовки и пиломатериалы после распиловки изменяют форму и растрескиваются, т. е. снижают свои качественные характеристики. Степень растрескивания и покоробленности зависит от многих факторов, таких как микро- и макростроение и генетические особенности породы, условия произрастания и характеристики внешнего воздействия, технология и степень обработ-

ки, включая влажностные показатели. Например, пиломатериалы из лиственницы даурской подвержены значительному короблению в процессе сушки и имеют высокие показатели отбраковки готовой продукции по всем видам покоробленности. С точки зрения повышения эффективности производства лиственничных пиломатериалов [9] практический интерес представляют изучение и разработка технологических решений для снижения брака по причине покоробленности.

Наше исследование направлено на сбор и анализ данных характера покоробленностей пиломатериалов из лиственницы даурской, произрастающей в Якутии, для дальнейшего использования результатов при разработке технологических решений по повышению качественного выхода продукции лесопильных заводов.

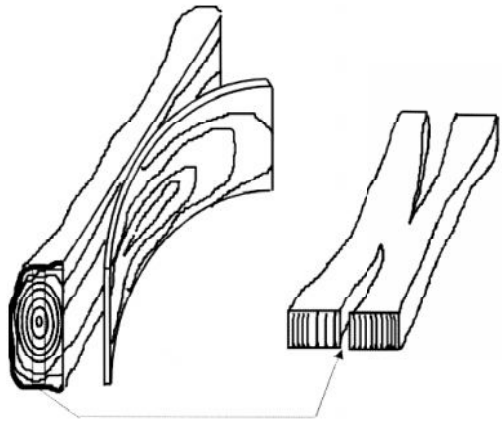
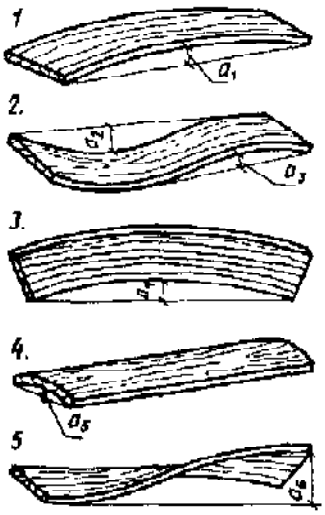


Рис. 1. Растрескивание и коробление лесоматериалов [4]

Методика исследования. Согласно ГОСТ 2140-81 «Видимые пороки древесины. Классификация, термины и определения, способы измерения», покоробленность — это изменение формы сортимента при выпиловке, сушке или хранении. Различают продольную покоробленность по пласти, простую и сложную покоробленность, продольную покоробленность по кромке, поперечную покоробленность и крыловатость. В настоящем исследовании измерялись величины прогибов простых покоробленностей по длине по пласти и по кромке.

Согласно ГОСТ 26002-83, ГОСТ 8486-86, ГОСТ 9302-83, Nordic Timber и другим международным стандартам на хвойные пиломатериалы, продольную покоробленность по пласти и по кромке измеряют по величине стрелы прогиба сортимента (рис. 2).

Основываясь на собственном опыте работы автора на лесопильном предприятии, при измерении покоробленности происходит некоторое уменьшение величины стрелы прогиба от действия собственного веса доски, особенно у свежевыпиленных лиственничных пиломатериалов ввиду их высокой плотности и влажности. Кроме того, практикам хорошо известно, что продольное коробление по пласти преимущественно происходит с прогибом по внутренней пласти, т. е. существует разница в величине прогиба пиломатериала в зависимости от пластей. При ориентации наружной пласти вниз прогиб преимущественно увеличивается. Данные наблюдения подтверждаются гипотезой о распределении начальных напряжений в стволе дерева и их последующем действии при выпиливании пиломатериалов [10–15]. На рис. 3 продемонстрировано действие моментов сил от начальных напряжений и нагрузки от собственного веса доски.



1 - простая,
2 - сложная (z = a_2 при $a_2 > a_3$, z = a_3 при $a_3 > a_2$),
3 - продольная по кромке,
4 - поперечная, 5 - крыловатость

Рис. 2. Измерение покоробленности согласно ГОСТ 2140-81

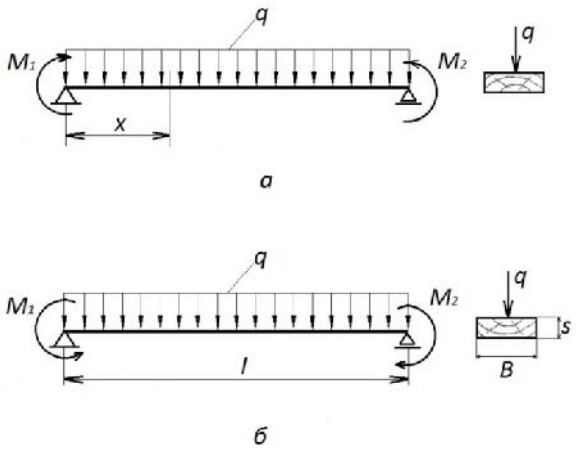


Рис. 3. Схема нагружения доски собственным весом и моментами от начальных напряжений, выходящих на торцы доски: *а* — при верхнем расположении наружной пласти; *б* — при нижнем расположении наружной пласти

С точки зрения механики действия сил на объект исследования и цели исследования, необходимо разработать установку, на которой существовала бы возможность нивелировать действие силы тяжести и оценить непосредственно прогиб от действия моментов сил начальных напряжений.

Для оценки количественных показателей прогиба пиломатериалов от действия начальных напряжений в зависимости от положения выпиленного пиломатериала, а также его ориентации в бревне были собраны две установки.

Установка № 1 включала:

• поверхность базирования из строганной лиственницы даурской;

• натянутую нить.

Установка № 2 включала:

• опорные бруски из лиственницы даурской;

• натянутую нить.

Первая установка (со строганной поверхностью базирования) служила для нахождения стрелы прогиба по пласти при базировании доски на кромке и стрелы прогиба по кромке — при базировании на пласти. Вторая установка служила для определения стрелы прогиба при ориентации доски сначала наружной пластью вверх, затем наружной пластью вниз; аналогично, в двух положениях, производились замеры прогибов по кромке.

Наблюдения проводились на пиломатериалах естественной влажности длиной 5,1 м, выпиленных из бревен лиственницы даурской диаметром 18–28 см: сечением 54х156 — 131 шт.; сечением 30х130 — 130 шт. Исследование включало последовательное перемещение досок с установки № 1 на установку № 2 с занесением результатов измерений и фотографированием торцов для определения положения доски в бревне. Бревна предварительно были промаркированы и размечены для обеспечения точного определения координат досок. Пиловочные бревна были получены из лиственницы даурской, произрастающей в Якутии, и отсортированы в соответствии с требованиями 1-го и 2-го сорта по ГОСТ 22298-76. Раскрой пиловочных бревен осуществлялся на фрезерно-брусующем многопильном станке R200 производства компании HewSaw стандартными режимами пиления. Исследование проводилось на производственной площадке ООО «Алмас» (г. Якутск).

Результаты исследования. В результате проведенных наблюдений был собран массив данных, полученных на двух установках для одних и тех же досок. Статистическая обработка массива данных проводилась при помощи специального программного обеспечения «Статистика» и «Origin Pro». Были сформированы плотности распределения величин покоробленности в долевом выражения для различных зависимостей.

На рисунках ниже представлены графики распределения величины покоробленности по пласти и по кромке, выраженные в долях, при замерах на установке № 1 (с минимизацией воздействия собственного веса доски) и установке № 2 (под действием собственного веса доски) на прогиб для двух сечений пиломатериалов в зависимости от диаметра бревна, соотношения радиуса ядровой древесины к радиусу бревна и смещения доски относительно сердцевины.

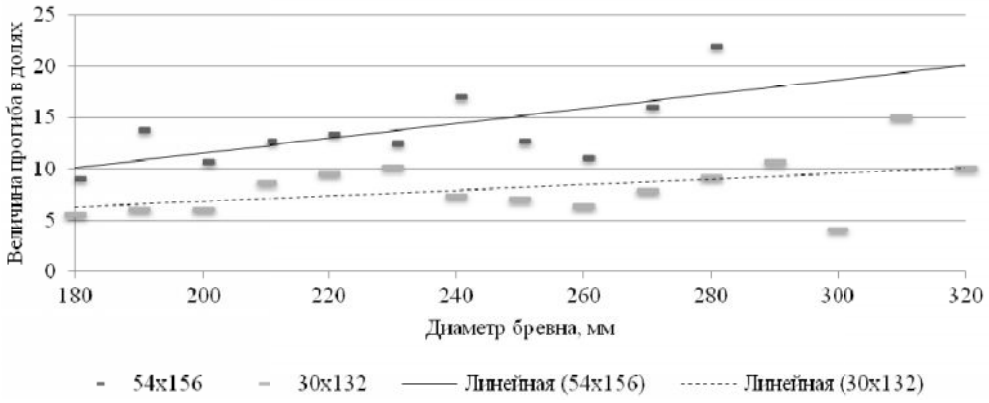


Рис. 4. Покоробленность по пласти при базировании на левой кромке на установке № 1 в зависимости от диаметра бревна

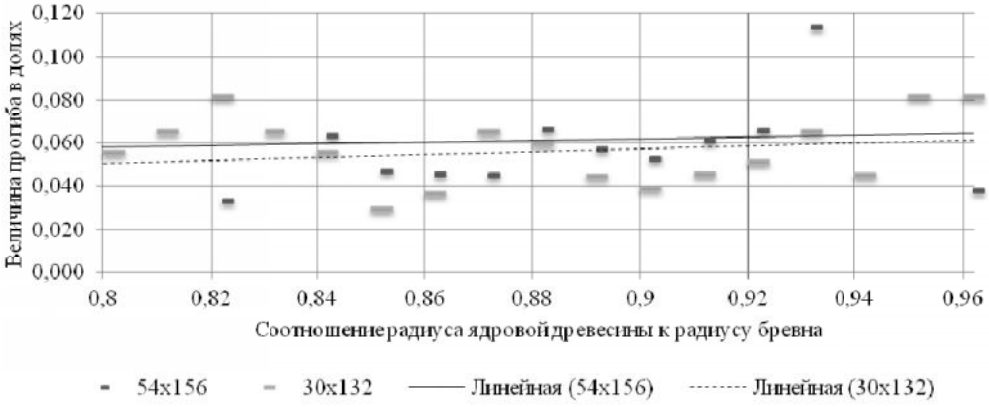


Рис. 5. Покоробленность по кромке при базировании на внутренней пласти на установке № 1 в зависимости от отношения радиуса ядровой древесины к радиусу бревна

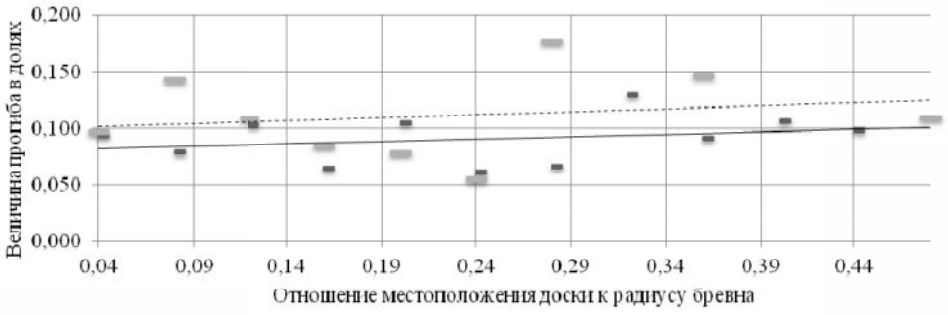


Рис. 6. Покоробленность по кромке при базировании на внутренней пласти на установке № 1 в зависимости от смещения доски относительно сердцевины

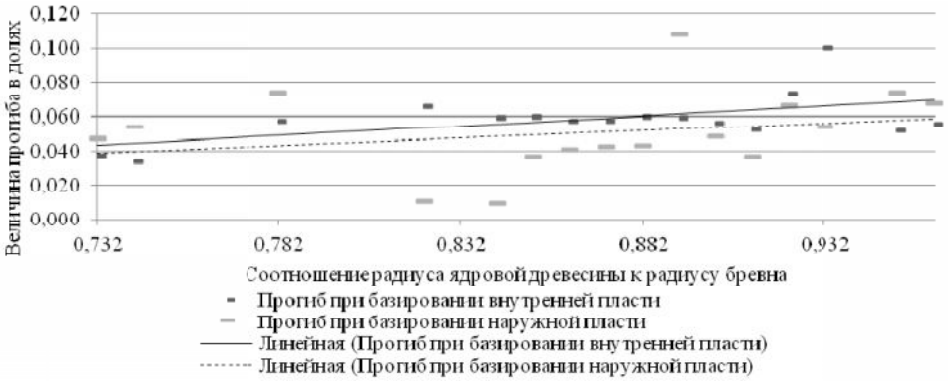


Рис. 7. Покоробленность по пласти под действием собственного веса, в зависимости от отношения радиуса ядровой древесины к радиусу бревна, для пиломатериалов сечением 54х156

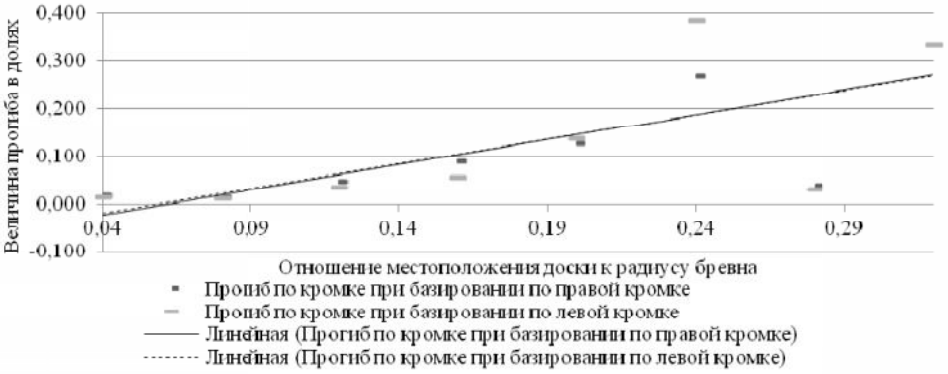


Рис. 8. Покоробленность по кромке под действием собственного веса в зависимости от смещения доски сечением 54х156 относительно сердцевины

При среднем значении соотношения радиуса заболони к радиусу бревна 0,905 показатели прогиба по пласти от действия начальных напряжений у досок составили:

- из центрального постава сечением 54х156 — 13 мм, максимальное — 39 мм;
- из бокового постава сечением 30х130 среднее — 8 мм, максимальное — 25 мм.

Среднее значение прогиба по кромке от действия начальных напряжений у досок:

- из центрального постава сечением 54х156 — 5,5 мм, максимальное — 18 мм;
- из бокового постава сечением 30х130 среднее — 3 мм, максимальное — 14 мм.

Среднее значение прогиба по пласти от действия начальных напряжений и силы тяжести у досок из центрального постава сечением 54х156 составило:

- при базировании на внутренней пласти среднее — 32 мм, максимальное — 81 мм;
- при базировании на наружной пласти среднее — 9 мм, максимальное — 28 мм;
- при базировании на правой кромке среднее — 5,3 мм; максимальное — 20 мм;
- при базировании на левой кромке среднее — 5,6 мм, максимальное — 18 мм.

У досок из бокового постава сечением 30х130 составило:

- при базировании на внутренней пласти среднее — 61 мм, максимальное — 127 мм;
- при базировании на наружной пласти среднее — 53 мм, максимальное — 129 мм;
- при базировании на правой кромке среднее — 4,2 мм; максимальное — 14 мм;

• при базировании на левой кромке среднее — 3,8 мм, максимальное — 14 мм.

Выводы

1. Зафиксированы разные величины прогиба для одних и тех же пиломатериалов при наблюдении на установках № 1 и 2 для одних и тех же досок.

2. Существует разница в величине прогиба по внутренней и по наружной пласти пиломатериалов.

3. Величина прогиба от действия начальных напряжений имеет большее значение для более толстых и широких пиломатериалов как по пласти, так и по кромке.

4. Величина прогиба по кромке имеет приблизительно равное значение для различных сечений пиломатериалов.

5. Величина прогиба имеет тенденцию к увеличению при смещении сечения доски относительно положения сердцевины.

6. Величина прогиба имеет тенденцию к увеличению при увеличении соотношения радиуса ядровой древесины к радиусу бревна.

Литература

1. Okura S., Ozawa K., Takagaki K . Twisting Warp of Boards in relation to Fiber Direction // Japan Woord Res. Soc.,1967. № 9 (4).

2. Nicholson J.E. A rapid method for estimating longitudinal growth stresses in logs // Wood Science and Technology. 1971. № 5. P. 40-48.

3. Wilhelmy V., Kübler H. Stresses and checks in log ends from relieved growth stresses // Wood Sci. 1973. № 6. P. 136–142.

4. Cassens D.L., Serrano J.R. Growth stress in hardwood timber // Proceedings of the 14 th Central Hardwood Forest Conference, 16-19 March. Wooster, Ohio. 2004.

5. James K. Dynamic loading of trees //Journal of Arboriculture. 2003. № 29 (3): May.

6. Boyd J.D. Tree growth stresses. I. Growth stress evaluation // Australian Journal of Scientific Research. 1950. № 3. P. 270-931.

7. Кузнецов А.И. Внутренние напряжения в древесине. Л.: Гослесбумиздат, 1950.

8. Глухих В.Н., Акопян А.Л. Начальные напряжения в древесине: моногр. СПб.: СПбГАСУ, 2016. 95 с.

9. Докторов И.А., Охлопкова А.Ю. К вопросу оптимизации объемно-ценностного выхода пиломатериалов из древесины лиственницы даурской // Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения: безопасность, качество, энерго- и ресурсосбережение: материалы II Всерос. науч.-практической конф. Якутск, 2011. С. 41-44.

10. Banks C.H. Sawing and Stacking Timber to reduce Warp // Timber Technologie. 1966. № 3. P. 36-39.

11. Родионов С.В., Маятин А.А., Зонов Е.Г. Профило-граф для изучения величины коробления заготовок // Деревообрабатывающая промышленность. 1956. № 11. С. 24-27.

12. Стриха И.А. Причина деформаций деталей из древесины и способы ее уменьшения // Деревообрабатывающая и лесохимическая промышленность. 1954. № 7. С.12-16.

13. Glukhikh V.N. Change in wood strength under static bending and compression along fibers in the process of tree growth // Architecture and Engineering. 2017. Vol. 2, Is. 1. P. 31-55.

14. Глухих В. Н., Черных А. Г. Анизотропия древесины. Технологический аспект: моногр. СПб.: СПбГАСУ, 2013. 240 с.

15. Глухих В.Н., Охлопкова А.Ю. Формирование кармашков в стволах деревьев лиственницы даурской // Изв. высш. учеб. заведений. Лесной журнал. 2017. № 5. С. 35-52.

References

1. Okura S., Ozawa K., Takagaki K. Twisting Warp of Boards in relation to Fiber Direction // Japan Woord Res. Soc., 1967. № 9 (4).

2. Nicholson J.E. A rapid method for estimating longitudinal growth stresses in logs // Wood Science and Technology. 1971. № 5. P. 40-48.

3. Wilhelmy V., Kübler H. Stresses and checks in log ends from relieved growth stresses // Wood Sci. 1973. № 6. P. 136-142.

4. Cassens D.L., Serrano J.R. Growth stress in hardwood timber // Proceedings of the 14 th Central Hardwood Forest Conference, 16-19 March. Wooster, Ohio. 2004.

5. James K. Dynamic loading of trees // Journal of Arboriculture. 2003. № 29 (3): May.

6. Boyd J. D. Tree growth stresses. I. Growth stress evaluation // Australian Journal of Scientific Research. 1950. № 3. P. 270-931.

7. Kuznetsov A.I. Internal stresses in wood. L.: Goslesbumizdat, 1950.

8. Glukhikh V.N., Akopyan A.L. Initial stresses in wood: monogr. SPb.: SPbGASU, 2016. 95 p.

9. Doktorov I.A., Okhlopkova A.Yu. On the optimization of the volume-value output of sawn timber from Dahurian larch wood // Sovremennye problemy stroitel'stva i zhizneobespecheniya: bezopasnost', kachestvo, energo- i resursosberezhenie: materialy II Vseros. nauch.-prakticheskoi konf. Yakutsk, 2011. P. 41-44.

10. Banks C.H. Sawing and Stacking. Timber to reduce Warp // Timber Technologie. 1966. № 3. P. 36-39.

11. Rodionov S.V., Mayatin A.A., Zonov E.G. Prophylograph for studying the value of warping of blanks // Derevoobrabativaushaya promishlennost' (Woodworking industry). 1956. № 11. P. 24-27.

12. Strikha I.A. The cause of deformation of wood components and ways to reduce it // Derevoobrabatyvayushchaya i lesokhimicheskaya promyshlennost'. 1954. № 7. P. 12-16.

13. Glukhikh V.N. Change in wood strength under static bending and compression along fibers in the process of tree growth // Architecture and Engineering. 2017. Vol. 2, Is. 1. P. 31-55.

14. Glukhikh V.N., Chernykh A.G. Anisotropy of wood. Technological aspect: monogr. SPb.: SPbGASU, 2013. 240 p.

15. Glukhikh V.N., Okhlopkova A.Yu. Resin Pocket Formation in Tree Stems of Dahurian Larch // Bulletin of higher educational institutions. Lesnoy zhurnal (Forestry journal). 2017. № 5. P. 35-52.