

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.109>**О ДОПУСКЕ ПОРАЖЕННОЙ ГНИЛЯМИ БЕРЕЗЫ РЕБРИСТОЙ В СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ**

Научная статья

Бегунков О.И.^{1,*}, Бегункова Н.О.²¹ORCID : 0000-0002-5046-4212;²ORCID : 0000-0001-5069-9604;^{1,2}Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (olegbeg[at]mail.ru)

Аннотация

Одной из наиболее распространенных лиственных пород на Дальнем Востоке является береза ребристая. Однако привлечению ее в производство препятствует наличие ложного ядра и гнилей I, II и III стадий. В работе показана возможность более широкого привлечения данного ресурса в производство древесно-стружечных плит за счет увеличения допуска древесины, пораженной гнилями. В экспериментальных исследованиях использовались методы многофакторного планирования. Обоснован выбор показателя механических свойств, позволяющего определить качество древесины березы ребристой, пораженной гнилями I, II и III стадии. Прочностные показатели полученных древесно-стружечных плит (пределы прочности при статическом изгибе и растяжении перпендикулярно пласти) соответствуют нормативным требованиям. Рекомендованы основные параметры режима склеивания древесно-стружечных плит.

Ключевые слова: древесно-стружечная плита, береза ребристая, допуск гнили.**ON ACCEPTANCE OF RIBBED BIRCHWOOD AFFECTED BY ROT AS RAW MATERIALS FOR PRODUCTION
OF PARTICLEBOARDS**

Research article

Begunkov O.I.^{1,*}, Begunkova N.O.²¹ORCID : 0000-0002-5046-4212;²ORCID : 0000-0001-5069-9604;^{1,2}Pacific National University, Khabarovsk, Russian Federation

* Corresponding author (olegbeg[at]mail.ru)

Abstract

One of the most common hardwood species in the Far East is the ribbed birch. However, its involvement in production is hindered by the presence of false kernel and rots of stages I, II and III. The work shows the possibility of wider involvement of this resource in the production of particleboard by increasing the permissibility of wood affected by rots. Methods of multifactor planning were used in the experimental research. The choice of the index of mechanical properties, which allows to determine the quality of birch rib wood affected by rots of I, II and III stages, was substantiated. Strength indices of the obtained particleboards (static bending and tensile strength limits perpendicular to the plate) meet the normative requirements. The main parameters of chipboard bonding mode are recommended.

Keywords: chip board, ribbed birch, rot permitting.**Введение**

В смешанных лесах Дальнего Востока береза ребристая составляет свыше 30% всех лиственных пород. Суммарный запас ее в Хабаровском и Приморском краях – 532,6 млн. м³ или 52,4 и 47,6% соответственно. Однако установлено, что практически все хлысты имеют ложное ядро и примерно у 72% хлыстов имеется наличие гнилей разной степени развития, снижающих выход деловых сортиментов и делающих ее заготовку нерентабельной. Соотношение объема гнили к объему здоровой древесины хлыстов по группам диаметров березы ребристой показали, что она занимает от 4,6% для группы диаметров 16–22 см до 38,3% для группы хлыстов диаметром 56–62 см. Причем обычный торцовый срез бревна имеет набор всех стадий гнилей, расположенных в разных зонах древостоя, как правило, в следующей последовательности: I, II, III стадии.

Поэтому вовлечение пораженной гнилями древесины березы ребристой в качестве дополнительного ресурса в производство различной продукции является достаточно актуальным вопросом. В статье рассматривается возможность использования березы ребристой, пораженной гнилями I, II и III стадии, в производстве древесно-стружечных плит.

Методы и принципы исследования

В соответствии с поставленной целью были сформулированы задачи: обосновать выбор показателя механических свойств, позволяющего оценить качество древесины березы ребристой, пораженной гнилями I, II и III стадии; разработать методику испытаний для принятых показателей механических свойств древесины березы ребристой;

провести анализ экспериментальных данных; разработать методику исследования некоторых механических свойств древесно-стружечных плит из березы ребристой с гнилями I, II и III стадии.

Возможность расширения допуска пораженной гнилями древесины березы ребристой можно проследить в какой-то степени по изменению на протяжении ряда лет требований ГОСТ 10632 к прочности древесно-стружечных плит на изгиб (табл. 1).

Таблица 1 - Сравнительные показатели механических свойств древесно-стружечных плит по различным ГОСТам

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.109.1>

Показатели	Номер нормативного документа				
	ГОСТ 10632-70	ГОСТ 10632-77	ГОСТ 10632-89	ГОСТ 10632-2007	ГОСТ 10632-2014
Толщина, мм	10...25	15...19	13...19	14...20	13...20
Предел прочности, МПа, при статическом изгибе	23,7	17,6	16	13	11

Предел прочности, МПа, при статическом изгибе 23,7 17,6 16 13 11лицы, можно отметить, что устанавливаемые ранее требования на прочность при изгибе обосновывались технической возможностью оборудования технологических линий, а не обобщенными функциональными требованиями потребителей плитных материалов. Однако в дальнейшем, в связи с развитием тенденции дифференцированного применения древесно-стружечных плит в мебельных конструкциях, эти требования постепенно снижались. Поэтому можно говорить о возможности, на наш взгляд, большего расширения допуска пораженной древесины, в частности, березы ребристой в производство древесно-стружечных плит.

О прочности древесины можно судить по следующим показателям [1]: прочность при сжатии вдоль и поперек волокон; прочность при растяжении вдоль и поперек волокон; прочность при статическом изгибе; прочность древесины при сдвиге; деформативность древесины; ударная вязкость, твердость и износостойкость древесины.

На наш взгляд, испытания на твердость – наиболее подходящий с технологической точки зрения метод испытаний. Твердость не является фундаментальным свойством материала, однако многочисленные экспериментальные исследования [1], [2] позволили установить эмпирическую зависимость между твердостью и прочностью. В таком случае механические испытания становятся простыми и удобными для адаптации в технологические процессы. В определенной мере их можно отнести к неразрушающим методам контроля, что удобно для производства.

Для определения снижения твердости древесины березы ребристой при воздействии на нее лигнин-разрушающих грибов применяли ГОСТ 16483.17-81 [3]. Испытания проводили на образцах сечением 50 на 50 мм и длиной вдоль волокон не менее 50 мм. Образцы выпиливались из брусков, полученных из досок. Брусочки брались из заболонной части и из здорового ложного ядра, а также из древесины, пораженной гнилями различных стадий, которые определялись визуально. При этом использовались рекомендации и классификация гнилей по микро- и макропризнакам [4]. Образцы готовились таким образом, чтобы годовые слои на торцевых поверхностях образцов были параллельны одной паре противоположных граней и перпендикулярны другой. Предельные отклонения от номинальных размеров рабочей части образцов не превышали $\pm 0,5$ мм, а отклонения от номинальных размеров, не входящих в расчетные формулы, не превышали 1 мм. Количество образцов принималось на основании предварительных опытов и составляло в среднем 33 штуки. Отобранные образцы хранились перед испытаниями в эксикаторах так, чтобы их влажность не изменялась.

В зависимости от поверхности, на которой определялась твердость древесины, различали твердость торцовую, радиальную и тангенциальную [1]. При испытании использовалось приспособление, соответствующее требованиям ГОСТ 16483.17-81 [3]. Для вдавливания пуансона служила универсальная электромеханическая испытательная машина с компьютерным управлением WDW-50E.

Сравнение полученных результатов статической твердости древесины березы ребристой и ее гнилей приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Сравнительная характеристика статической твердости березы ребристой и ее гнилей

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.109.2>

Признаки макростроения древесины	Статическая твердость, МПа					
	торцовая		радиальная		тангенциальная	
	твердость	отклонение, %	твердость	отклонение, %	твердость	отклонение, %
Заболонь	30,5	0	25,5	0	23,9	0
Здоровое	37,1	+21,64	26,8	+5,10	24,8	+3,77

ложное ядро						
Гниль I стадии	31,8	+4,26	23,4	-8,24	22,4	-6,28
Гниль II стадии	28,2	-7,54	20,7	-18,82	18,8	-21,34
Гниль III стадии	7,6	-75,08	3,3	-87,06	2,89	-87,91

Из приведенных в таблице данных видно, что наибольшую твердость (в свежесрубленном состоянии) по всем плоскостям имеет здоровое ложное ядро. Твердость гнилей по мере увеличения стадии гнили снижается на 14,28, 23,99 и 79,51% соответственно для торцевой плоскости, на 12,69, 22,76 и 87,69% для радиальной плоскости и на 9,68, 24,19, 88,31% для тангенциальной поверхности.

Приведенная сравнительная характеристика различных элементов макростроения березы ребристой и ее гнилей показывает, что здоровое ложное ядро и гниль I стадии могут с успехом заменить заболонь, гниль II стадии имеет статическую твердость меньше в среднем на 20–25%. Учитывая данные табл. 1, можно говорить о целесообразности допуска всей такой древесины в производстве древесно-стружечных плит.

Гниль III стадии имеет показатель статической прочности примерно в 4–8 раз меньше, чем заболони. Однако, на наш взгляд, количество древесины с гнилью III стадии можно тоже увеличить.

Надо отметить, что древесина березы ребристой чаще всего поражается ложным трутовиком, дающим коррозионно-деструктивную гниль [5], т. е. снижение твердости древесины при ее разложении зависит от всех изменений ее внутренней структуры, вызванных грибом.

Таким образом, твердость может вполне служить индикатором изменений внутренней структуры (качества) древесины. На этом показателе влияние дереворазрушающих грибов отражается наиболее заметно и быстро [6]. С этих позиций данный показатель может служить критерием для оценки качества древесины березы ребристой при ее сортировке.

Полученные выше результаты были использованы при отборе сырья для изготовления стружки. Гнили I и II стадии в сырье не ограничивались. Сырье с гнилью III стадии допускалось в объеме 30%.

В данной работе в качестве выходных функций приняли показатели: предел прочности $\sigma_{и}$ при статическом изгибе по ГОСТ 10635-88 [7]; предел прочности $\sigma_{р}$ при растяжении перпендикулярно пласти по ГОСТ 10636-2018 [8]. Эти показатели являются основными, характеризующими прочность древесно-стружечных плит, и нормируются ГОСТ 10632-2014 [9]. При постановке эксперимента использовали методы многофакторного планирования с применением плана Бокса-Бенкина.

Анализ априорной информации, собранной при изучении состояния вопроса [10] по исследованию процессов склеивания древесно-стружечных плит, позволил выделить в эксперименте постоянные и переменные факторы, приведенные в табл. 3 и 4.

Таблица 3 - Факторы, принятые постоянными

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.109.3>

Наименование	Значение
Вид связующего	КФ-МТ-15 (ТУ 6-06-12-88)
Содержание сухих веществ, %	55
Вид отвердителя	NH ₄ Cl
Содержание сырья с гнилью III стадии, %	30
Фракционный состав и размеры стружки	см. табл. 5
Влажность сухой стружки, %	2±1
Давление прессования, МПа	2,2
Конструкция плиты	однослойная
Размеры плиты, мм	300×300×16
Плотность плиты, кг/м ³	700

Таблица 4 - Уровни варьирования переменных факторов

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.109.4>

Название фактора	Обозначение		Уровень варьирования фактора		
	натуральное	нормализован	нижний (-)	основной (0)	верхний (+)

		ное			
Температура плит пресса, °С	T	x_1	120	155	190
Расход связующего, %	Q	x_2	10	14	18
Продолжительность прессования, мин/мм	t	x_3	0,25	0,35	0,45

Характеристика линейных размеров стружки и ее фракционный состав показаны в табл. 5.

Таблица 5 - Фракционный состав и линейные размеры стружки

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.109.5>

Наименование	Состав по фракциям, %								
	4/20	2,5/20	5,5	4,5	3,75	3,25	1	0,25	дно
Древесные частицы из березы	2,4	18,3	7,6	6,1	8,6	17,5	23,0	4,4	12,1
Размеры древесных частиц, мм	длина – до 40; ширина – 3...12; толщина – до 0,65								
Влажность древесных частиц, %	2±1								

Показатели прочности приводились к единой плотности 700 кг/м³ [3].

Экспериментальные значения показателей выходных функций: предела прочности при статическом изгибе и при растяжении перпендикулярно пласти, а также план проведения эксперимента даны в табл. 6.

Таблица 6 - План проведения экспериментальных исследований и его результаты

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.109.6>

№ опыта	Порядок реализации	x_1	x_2	x_3	Предел прочности при статическом изгибе			Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти		
					y_1	y_2	y_3	y_1	y_2	y_3
1	1	1	-1	0	10,66	11,30	11,35	0,39	0,43	0,42
2	13	-1	-1	0	6,04	6,55	6,50	0,05	0,04	0,02
3	12	1	1	0	13,04	13,83	13,83	0,42	0,39	0,38
4	6	-1	-1	0	7,82	8,63	8,65	0,38	0,38	0,37
5	2	1	0	-1	13,54	13,78	14,36	0,38	0,41	0,45
6	4	-1	0	-1	4,58	3,94	4,83	0,02	0,03	0,03
7	8	1	0	1	11,54	11,69	11,77	0,43	0,42	0,44
8	9	-1	0	1	10,27	10,12	10,39	0,46	0,48	0,47
9	5	0	-1	-1	9,10	9,33	9,60	0,29	0,31	0,31

10	10	0	1	-1	13,01	13,53	13,47	0,39	0,39	0,40
11	3	0	-1	1	9,22	8,55	9,53	0,33	0,36	0,36
12	11	0	1	1	11,07	12,06	11,98	0,42	0,47	0,51
13	7	0	0	0	12,64	12,38	12,92	0,44	0,46	0,47

Основные результаты

По результатам проведенных экспериментов были получены следующие уравнения регрессии:

– предел прочности при статическом изгибе

$$\sigma_{и}(T, Q, \tau) = -83,65 + 0,64T + 1,49Q + 167,3\tau - 0,12 \cdot 10^{-2}T^2 - 0,04Q^2 - 111,89\tau^2 - 0,57T\tau \quad (1)$$

– предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти

$$\sigma_{р}(T, Q, \tau) = -4,96 + 0,04T + 0,11Q + 8,47\tau - 0,64 \cdot 10^{-4}T^2 - 0,22 \cdot 10^{-2}Q^2 - 4,32\tau^2 - 2,51 \cdot 10^{-4}TQ - 0,03T\tau \quad (2)$$

Проведенные исследования подтвердили также адекватность полученных зависимостей.

Иллюстрация данных зависимостей показана на рис. 1 и 2. При этом поверхности отклика построены для постоянного значения расхода связующего $Q = 14\%$. Накладывая данное ограничение, сформировали соответствующие изображения поверхностей отклика от оставшихся факторов. Плоскости, отражающие нормативные значения соответствующих показателей для плит марки P2 толщиной 13–20 мм, показаны на графиках: $\sigma_{и} = 11$ МПа и $\sigma_{р} = 0,35$ МПа.

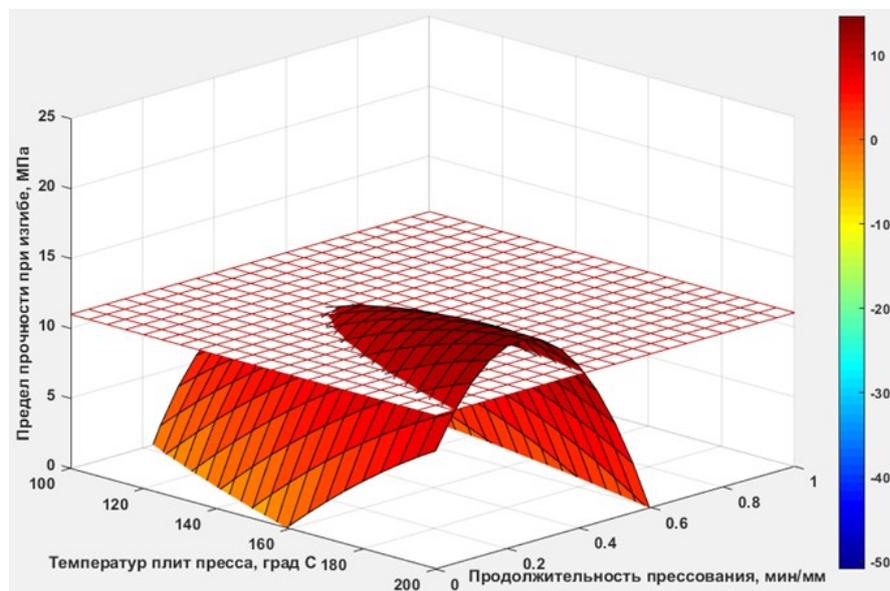


Рисунок 1 - Предел прочности при статическом изгибе

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.109.7>

Примечание: $Q = 14\%$

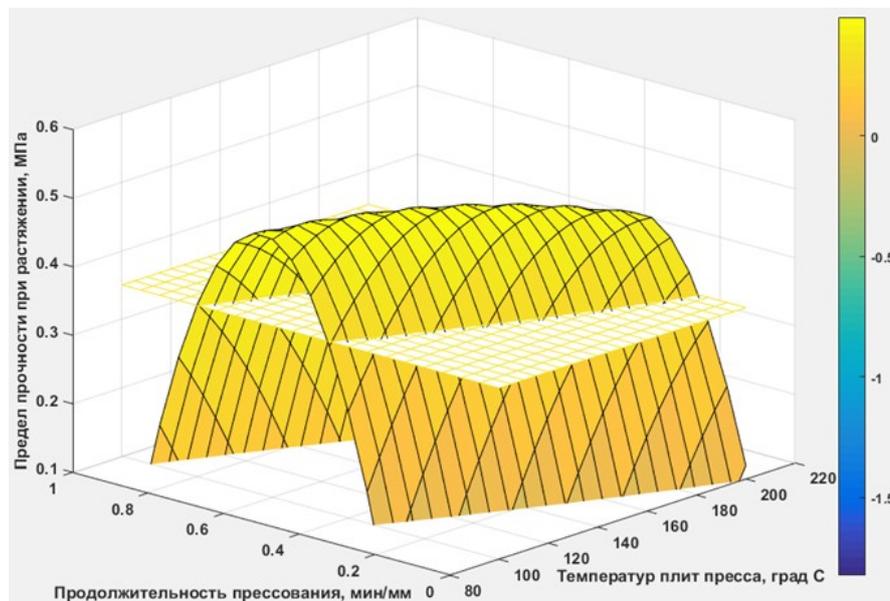


Рисунок 2 - Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.109.8>

Примечание: $Q = 14\%$

Для нахождения оптимальных значений параметров режимов использовали пакет Mathcad, что позволило вычислить условный экстремум целевой функции нескольких переменных при соблюдении пределов изменения нормализованных факторов x_1 , x_2 , x_3 и требований ГОСТа по минимально допустимым значениям показателя пределов прочности при статическом изгибе ($\sigma_{и} \geq 11$ МПа) и растяжении перпендикулярно пласти ($\sigma_p \geq 0,35$ МПа). Расчетные значения режима прессования плит представлены в табл. 7.

Таблица 7 - Расчетные значения режима прессования древесно-стружечных плит

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.109.9>

Выходной параметр	Температура плит пресса, °C		Расход связующего, %		Продолжительность прессования, мин/мм	
	x_1	T	x_2	Q	x_3	t
Предел прочности при статическом изгибе	-0,432	139,88	-0,26	12,96	0	0,35
Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти	-0,4	141	-0,212	13,152	-0,39	0,311

На основании данных, приведенных в табл. 7, можно в первом приближении рекомендовать следующий режим прессования древесно-стружечных плит из березы ребристой с гнилями различных стадий: продолжительность прессования 0,30–0,35 мин/мм, расход связующего (по сухому остатку) 12,5–13,5%, температура плит пресса 140–145°C.

Заключение

Вопрос расширения объемов заготовки березы ребристой может быть в какой-то степени решен путем производства древесно-стружечных плит с увеличенным допуском пораженной гнилями древесины. Добавление в эксперименте 30% березы ребристой с гнилями III стадии позволило получить плиты с прочностью, соответствующей требованиям нормативов.

Исследования также показали, что в качестве индикатора для определения качества древесины может быть использован показатель статической твердости, который при соответствующей разработке может быть встроен в технологический процесс производства древесно-стружечных плит на участке подготовки сырья.

По результатам эксперимента можно рекомендовать следующий режим для производства древесно-стружечных плит из березы ребристой с гнилями различных стадий и ограничением объема сырья по III стадии в количестве 30%: температура плит пресса 140-145°C, расход связующего (по сухому остатку) 12,5-13,5%, продолжительность прессования 0,30-0,35 мин/мм.

Следует заметить, что после ряда технологических операций производства древесно-стружечных плит и горячего прессования никаких условий для сохранения жизнеспособности грибов в дальнейшем в плите нет [11].

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: учебник для лесотехнических вузов / Б.Н. Уголев — М.: МГУЛ, 2002. — 340 с.
2. Перельгин Л.М. Строение древесины / Л.М. Перельгин — М.: АН СССР, 1954. — 200 с.
3. ГОСТ 16483.17-81. Древесина. Метод определения статической твердости. — Введ. 1983-01-01. — М.: Издательство стандартов, 1999.— 6 с.
4. Константная А.А. Микроскопические исследования древесины ели и лиственницы, зараженной дереворазрушающими грибами / А.А. Константная // Ботанический журнал. — 1964. — № 49. — с. 105–109.
5. Пахомов И.Д. Физико-механические свойства древесины дальневосточных пород / И.Д. Пахомов — М.: Лесная промышленность, 1965. — 95 с.
6. Рипачек В.И. Биология дереворазрушающих грибов / В.И. Рипачек — М.: Лесная промышленность, 1967. — 176 с.
7. ГОСТ 10635-88. Плиты древесностружечные. Методы определения предела прочности и модуля упругости при изгибе. — Введ. 1990-01-01. — М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1989.— 7 с.
8. ГОСТ 10636-2018. Плиты древесно-стружечные и древесно-волокнистые. Метод определения предела прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты. — Введ. 2019-04-01. — М.: Стандартинформ, 2018.— 8 с.
9. ГОСТ 10632-2014. Плиты древесно-стружечные. Технические условия. — Введ. 2015-07-01. — М.: Стандартинформ, 2014.— 16 с.
10. Пижурин А.А. Основы научных исследований в деревообработке / А.А. Пижурин, А.А. Пижурин — М.: МГУЛ, 2005. — 305 с.
11. Дагужиева З.Ш. Лекции по фитопатологии: учебное пособие для аспирантов сельскохозяйственного направления / З.Ш. Дагужиева — Майкоп: Изд-во МГТУ, 2015. — 76 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ugolev B.N. Drevesinovedenie s osnovami lesnogo tovarovedenija: uchebnik dlja lesotehnicheskikh vuzov [Wood science with the basics of forest commodity science: textbook for forestry universities] / B.N. Ugolev — М.: MGUL, 2002. — 340 p. [in Russian]
2. Perelygin L.M. Stroenie drevesiny [Wood structure] / L.M. Perelygin — М.: AN SSSR, 1954. — 200 p. [in Russian]
3. GOST 16483.17-81. Drevesina. Metod opredelenija staticheskoj tverdosti. [GOST 16483.17-81. Wood. Method for determination of static hardness] — Introduced 1983-01-01. — М.: Publishing House of Standards, 1999.— 6 p. [in Russian]
4. Konstantnaja A.A. Mikroskopicheskie issledovanija drevesiny eli i listvennitsy, zarazhennoj derevorazrushajuschimi gribami [Microscopic reseaches of spruce and larch wood infected with wood-destroying fungi] / A.A. Konstantnaja // Botanical journal. — 1964. — № 49. — p. 105–109. [in Russian]
5. Pahomov I.D. Fiziko-mehanicheskie svojstva drevesiny dal'nevostochnyh porod [Physico-mechanical properties of Far Eastern species's wood] / I.D. Pahomov — М.: Lesnaja promyshlennost', 1965. — 95 p. [in Russian]
6. Ripachek V.I. Biologija derevorazrushajuschih gribov [Biology of wood-decaying fungi] / V.I. Ripachek — М.: Lesnaja promyshlennost', 1967. — 176 p. [in Russian]
7. GOST 10635-88. Plity drevesnostruzhechnye. Metody opredelenija predela prochnosti i modulja uprugosti pri izgibe. [GOST 10635-88. Particle boards. Methods for determining ultimate strength and modulus of elasticity in bending] — Introduced 1990-01-01. — М.: USSR State Committee on Standards, 1989.— 7 p. [in Russian]
8. GOST 10636-2018. Plity drevesno-struzhechnye i drevesno-vochnistye. Metod opredelenija predela prochnosti pri rastjazhenii perpendikuljarno k plasti plity. [GOST 10636-2018. Wood-shaving and wood-fiber plates. Strength definition method at stretching perpendiculary plate layer] — Introduced 2019-04-01. — М.: Standartinform, 2018.— 8 p. [in Russian]

9. GOST 10632-2014. Plity drevesno-struzhechnye. Tehnicheskie uslovija. [GOST 10632-2014. Wood particle boards. Specifications] — Introduced 2015-07-01. — М.: Standartinform, 2014. — 16 p. [in Russian]
10. Pizhurin A.A. Osnovy nauchnyh issledovanij v derevoobrabotke [Fundamentals of scientific research for woodworking] / A.A. Pizhurin, A.A. Pizhurin — М.: MGUL, 2005. — 305 p. [in Russian]
11. Daguzhieva Z.Sh. Lektsii po fitopatologii: uchebnoe posobie dlja aspirantov sel'skhozjajstvennogo napravlenija [Lectures of phytopathology: manual for graduate students of agriculture's direction] / Z.Sh. Daguzhieva — Majkop: MSTU Publishing House, 2015. — 76 p. [in Russian]