

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА FORESTRY TECHNOLOGIES AND MACHINES

УДК 630* 306; 630* 312
DOI: 10.15350/2306-2827.2018.4.56

ОБОСНОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ИЗМЕНЧИВОСТИ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ В ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАСЧЁТАХ

Ю. А. Ширнин¹, Н. А. Романова²

¹Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: ShirninYA@volgatech.net

²Дальневосточный государственный аграрный университет,
Российская Федерация, 675006, Амурская область, Благовещенск, ул. Ленина, 180
E-mail: 2zydfhz@mail.ru

Впервые изучена плотность пород древесины по районам Амурской области, которая различна со средними данными по Российской Федерации. Предложена методика обоснования и расчёты коэффициента изменчивости плотности древесины по районам Амурской области. Представленные расчёты производительности чистого пиления и сменные производительности бензомоторной пилы с учётом коэффициента изменчивости плотности пород рекомендуются к использованию при нормировании труда на лесозаготовках в районах Амурской области.

Ключевые слова: плотность древесины; мощность; производительность чистого пиления; коэффициент изменчивости плотности древесины по районам Амурской области.

Введение. Амурская область – регион, который относится к многолесным территориям. Лесистость Амурской области составляет 64 %, леса на всей территории являются горными, более половины их растёт на вечной мерзлоте, остальные – на почвах с длительной сезонной мерзлотой. Однако по административным районам лесистость имеет значительные колебания – от 0,5 (Тамбовский район) до 94,2 % (Тындинский район) [1]. Леса области характеризуются невысокой про-

дуктивностью. Общий средний годовой прирост древесины 26,9 тыс. куб. м. Средний класс бонитета 3. Преобладают насаждения с полнотой 0,4 – 0,7. Преобладающими в Амурской области являются три породы: лиственница, сосна и берёза.

Исследованием плотности древесины в зависимости от климатических условий занимались многие отечественные и зарубежные учёные [2–10]. Но в этих работах не нашла отражение изменчивость плотности древесины в масштабах одного региона.

© Ширнин Ю. А., Романова Н. А., 2018.

Для цитирования: Ширнин Ю. А., Романова Н. А. Обоснование регионального коэффициента изменчивости плотности древесины в технико-экономических расчётах // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2018. № 4 (40). С. 56–63. DOI: 10.15350/2306-2827.2018.4.56

При изучении плотности пород древесины в Амурской области получены данные [11], которые различны со средними данными плотности древесных пород по РФ. Это обстоятельство создаёт неоднозначность при установке норм выработки на валке деревьев, обрезке сучьев, раскряжёвке хлыстов; при выборе пильных аппаратов лесозаготовительных машин, в том числе бензомоторных пил; при реализации древесного сырья на Благовещенской таможне (при весовой форме реализации древесного сырья). Результативность пильных аппаратов оценивается производительностью чистого пиления, которая через удельное сопротивление резанию зависит от коэффициентов, учитывающих породу и влажность древесины.

В этой связи разработка механизма учёта изменчивости плотности пород древесины в районах Амурской области является актуальной задачей. Для решения этой задачи предлагается введение коэффициента изменчивости плотности пород древесины по районам Амурской области.

Цель работы – обосновать введение коэффициента изменчивости плотности древесины в технико-экономических расчётах.

Задачи исследования: 1) установить плотности древесных пород в районах Амурской области; 2) провести анализ

влияния свойств древесины и параметров пильного аппарата на производительность чистого пиления; 3) обосновать применимость коэффициента изменчивости плотности древесных пород; 4) выполнить расчёт производительности чистого пиления на примере бензомоторной пилы с учётом коэффициента изменчивости плотности древесных пород.

Объекты и методы исследований.

Для экспериментальных исследований взяли образцы древесных пород из тех районов области, где лесистость территории составляет 60 % и более: Тындинский, Зейский, Сковородинский, Магдагачинский, Селемджинский, Шимановский, и средней лесистостью Свободненский, Бурейский [12]. По методике [13] определены показатели плотности древесины по вышеуказанным районам области трёх лесобразующих пород древесины: берёза, сосна, лиственница.

Испытанию подвергались образцы древесных пород размером 20×20×30 мм, выпиленные с комлевой части ствола. С помощью электронных весов определяли массу образцов при данной влажности. Вычисляли объём образца и плотность. Полученные экспериментальные данные по породам и по каждому лесозаготовительному району области представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели плотности древесных пород в районах Амурской области

Район	Плотность, кг/м ³		
	Лиственница	Сосна	Берёза
Тындинский	1088,99	1081,28	878,23
Зейский	998,26	877,06	852,33
Сковородинский	913,25	808,45	800,6
Магдагачинский	872,62	633,95	613,5
Селемджинский	809,11	631,28	611,6
Шимановский	774,54	543,9	521,06
Свободненский	766,28	522,93	445,21
Бурейский	745,26	435,49	402,57

Результаты и обсуждение. Для введения коэффициента, учитывающего изменчивость плотности древесины по лесозаготовительным районам Амурской области, в табл. 1 приведены значения плотности пород древесины, которые уменьшаются с севера на юг [12].

Плотность древесины данных пород при разных лесорастительных условиях одной и той же породы древесины различна, причём она не соответствует общепринятым стандартам, имеет большой разброс от северных к южным районам и составляет у лиственницы 745–1089 кг/м³, сосны – 436–1081 кг/м³, берёзы 403–878 кг/м³ [11].

Производительность пильных аппаратов зависит от состояния пильных цепей, размеров и формы поперечного сечения обрабатываемой древесины, состояния, плотности и породы древесины. Решающее влияние на производительность пиления оказывает мощность двигателя привода пильного аппарата.

Производительность чистого пиления – это площадь пропила, которая может быть произведена в единицу времени и измеряется в м²/с.

Производительность чистого пиления – величина, зависящая от свойств древесины и характеристик пильного аппарата. К свойствам древесины относятся порода, плотность и влажность. К техническим характеристикам пильного аппарата – мощность двигателя привода, ширина пропила, степень затупления пильной цепи. Мощность двигателя привода пильного аппарата преодолевает сопротивление резанию при пилении.

При поперечном пилении круглых лесоматериалов производительность чистого пиления определяется по известному в теории резания выражению [15, 16]

$$\Pi = \frac{N_p}{kb}, \quad (1)$$

где N_p – мощность, потребная на пиление, Вт; b – ширина пропила, м; k – удельное сопротивление резанию при пилении, Н/м², которое вычисляется:

$$k = k_0 \cdot a_n \cdot a_w \cdot a_p, \quad (2)$$

где k_0 – значение основного удельного сопротивления резанию, Н/м² (9,4–29,3); a_n – поправочный коэффициент, учитывающий породу древесины (табл. 2); a_w – поправочный коэффициент, учитывающий влажность древесины (0,9–1,15); a_p – поправочный коэффициент, учитывающий износ кромок режущего инструмента (1–1,7) [15].

Таблица 2

Значения поправочного коэффициента, учитывающего породу древесины, a_n

Порода	a_n
Сосна	1,00
Лиственница	1,10
Берёза	1,20... 1,30

Плотность древесины в свежесрубленном состоянии следующая¹: сосна 800, берёза 1190, лиственница 1000 кг/м³. Сравнивая эти данные по плотности древесины с данными табл. 1, можно сделать вывод, что они существенно отличаются, причём по каждому району Амурской области.

На этой основе сделан вывод о необходимости введения коэффициента, учитывающего изменчивость плотности древесины, по лесозаготовительным районам Амурской области. Для его расчёта использован метод процентного соотношения коэффициента к показателю [16].

Процентное соотношение коэффициента к показателю – это отношение частоты явления к первоначальному показателю. Оно характеризуется отношением двух статистических совокупностей, не связанных между собой, а сопоставимых только логически, по их содержанию. Методика расчёта: к. с. = (явление / показатель) · коэффициент.

$$a_n \cdot \rho_{A.O.} / \rho_{п} = a_{A.O.}, \quad (3)$$

где $\rho_{A.O.}$ – плотность древесины, исследуемой в Амурской области (табл. 1); $\rho_{п}$ – плотность древесины основных пород России; $a_{A.O.}$ – коэффициент, учитывающий изменчивость плотности древесины в Амурской области (табл. 3)

¹ Письмо ГТК РФ от 21.01.94 н 01-13/723 (ред. от 23.02.94) «о контроле за лесоматериалами» (вместе с «порядком таможенного контроля круглых лесоматериалов»).

Таблица 3

Значения коэффициента, учитывающего изменчивость плотности древесины по лесозаготовительным районам Амурской области, а_{А.о.}

Район	Лиственница	Сосна	Берёза
Тындинский	1,20	1,14	1,10
Зейский	1,10	0,92	1,07
Сковородинский	1,00	0,85	1,00
Магдагачинский	0,96	0,67	0,77
Селемжинский	0,89	0,66	0,76
Шимановский	0,85	0,57	0,65
Свободненский	0,84	0,55	0,56
Бурейский	0,82	0,46	0,50

Леса на всей территории Амурской области являются горными, поэтому на валке леса преимущественно используются бензомоторные пилы.

Рассмотрим пример расчёта производительности чистого пиления с учётом коэффициента изменчивости плотности древесины. Для этого в формулу (2) введём коэффициент, учитывающий изменчивость плотности древесины в Амурской области

$$k = k_0 \cdot a_n \cdot a_w \cdot a_p \cdot a_{A.o.} \quad (4)$$

На валке древесины в наших исследованиях использовали бензопилу Husqvarna 576 XP мощностью 4,2 кВт, тип цепи H42, ширина пропила 5 мм. Для расчёта производительности чистого пиления данной бензопилы с учётом её характери-

стик по районам Амурской области в формулу (4) подставим значения: $k_0 = 19,6 \times 10^6 \text{ Дж/м}^2$; $a_w = 1,1$; $a_p = 1,5$. Значения a_n и $a_{A.o.}$ берём соответственно из табл. 2 и 3. Полученный коэффициент удельной работы резания подставим в формулу (1). Данные расчёта сведём в табл. 4.

Производительность чистого пиления изменяется в зависимости от плотности породы древесины и соответственно от района произрастания.

Таким образом, зная плотность древесного сырья, вычислив удельное сопротивление резанию при пилении, подставив параметры пильного аппарата в формулу (1), получаем производительность чистого пиления для конкретной марки бензопилы.

Таблица 4

Производительность чистого пиления с учётом коэффициента изменчивости плотности древесины по районам Амурской области, $10^{-2} \text{ м}^2/\text{с}$

Район	Лиственница	Сосна	Берёза
Тындинский	1,9	1,9	2,3
Зейский	2,2	2,9	2,3
Сковородинский	2,5	3,3	2,6
Магдагачинский	2,7	5,2	4,3
Селемжинский	2,9	5,1	4,0
Шимановский	2,7	6,0	5,2
Свободненский	3,2	5,8	5,9
Бурейский	4,1	8,3	7,1

Таблица 5

Сменная производительность бензопилы на валке деревьев, м³

Район	Лиственница	Сосна	Берёза
Тындинский	51,42	55,04	61,74
Зейский	53,37	57,1	63,54
Сковородинский	55,39	59,22	65,44
Магдагачинский	57,47	61,41	67,41
Селемджинский	59,61	63,66	69,44
Шимановский	61,82	65,99	71,54
Свободненский	64,08	68,38	73,69
Бурейский	66,41	70,85	75,92

По известным формулам можно вычислить время выполнения одного пропила, а также рассчитать часовую и сменную производительность, например бензопилы на валке деревьев, на раскряжёвке хлыстов и обрезке сучьев. Задавшись нужным значением времени пиления или производительностью, можно подобрать необходимую марку бензодвигательной пилы на лесозаготовительные работы для каждого района Амурской области.

Сменная производительность бензодвигательных пил на валке деревьев рассчитывалась по формуле

$$P_{см} = \frac{T_{см} C_t}{t_{ц}} q_{хл}, \quad (5)$$

где $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены, с; C_t – коэффициент использования пилы по времени в течение смены на валке деревьев; $q_{хл}$ – средний объём хлыста, м³; $t_{ц}$ – время цикла (время, затрачиваемое на валку одного дерева с учётом подпила, спиливания, подготовки рабочего места, перехода вальщика от одного дерева к другому), с.

Результаты расчёта сменной производительности бензопилы на валке деревьев для трёх пород и районов их произрастания представлены в табл. 5 [11].

Выводы

1. Результаты экспериментальных исследований установлена динамика изменчивости плотности древесины от факторов лесной среды, которая уменьшается с севера на юг по районам Амурской области.

2. С использованием метода процентного соотношения предложена методика вычисления, приведены расчёты и обоснована применимость коэффициента изменчивости плотности древесины по районам Амурской области.

3. Проведён анализ влияния плотности древесины и параметров пильного аппарата на производительность чистого пиления.

4. Представленные расчёты производительности чистого пиления и сменные производительности бензодвигательной пилы с учётом коэффициента изменчивости плотности пород рекомендуются к использованию при нормировании труда на лесозаготовках в районах Амурской области.

Список литературы

1. Костенко Н. А. Влияние плотности древесины на производительность лесозаготовительных систем машин, используемых в Амурской области // Вестник КрасГАУ. 2012. № 2. С.187-191.

2. Антонова Г.Ф., Первозникова В.Д., Стасова В.В. Влияние условий произрастания на структуру

годового слоя древесины и продуктивность сосны обыкновенной // Лесоведение. 1999. № 6. С. 10-11.

3. Исаева Л.Н., Черепнин В.Л. Качество древесины географических культур сосны обыкновенной в Средней Сибири // Лесоведение. 1988. № 2. С. 37-38.

4. *Полубояринов О.И.* Плотность древесины. М.: Лесная промышленность, 1976. 200 с.
5. *Уголев, Б.Н., Станко Я.И.* Древесиноведение и товароведение коммерческих пород. М.: МГУЛ, 2004. 75 с.
6. *Filer A.* Larch, its properties and grades. Canada. 1945. 84 p.
7. *Muller L.* Western Larch for veneer // *Timberman.* 1951. Vol. 52. No 8. p. 1.
8. *Earle, Christopher J.* Larix (larch) description // *The Gymnosperm Database.* 2011. No 1. Pp. 12-29.
9. *Givnish Thomas J.* Adaptive significance of evergreen vs. deciduous leaves: solving the triple paradox // *Silva Fennica.* 2002. Vol. 36, No 3. Pp. 703–743.
10. *Gernandt, D.S. Liston A.* Internal transcribed spacer region evolution in Larix and Pseudotsuga (Pinaceae) // *American Journal of Botany.* 1999. Vol. 86, No 5. Pp.711–723.
11. *Костенко Н.А., Баранов А.В.* Определение производительности лесозаготовительных машин от плотности древесины // *Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: Всероссийская научно-практическая конференция.* Красноярск: СибГТУ, 2012. С100-103
12. *Яборов В.Т.* Леса и лесное хозяйство Приамурья. Благовещенск: Изд-во «РИО», 2005. 224 с.
13. *Технология и машины лесосечных работ / В.И. Пятакин [и др.].* СПб.: СПбГЛТУ, 2012. 362 с.
14. *Ширнин Ю.А.* Технология и машины лесосечных работ. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. 304 с.
15. *Properties of materials from Birch. Variations and relationships, Part 1: Growth, wood density and biomass, Sven-Olof Lundqvist, Thomas Grahn, Lars Olsson, Innventia Report No.: 390, January 2013* [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.innventia.com/Documents/Rapporter/Innventia%20report%20390.pdf> (дата обращения: 08.10.18).

Статья поступила в редакцию 10.10.18.
Принята к публикации 11.12.18.

Информация об авторах

ШИРНИН Юрий Александрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой лесопромышленных и химических технологий, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – управление экологическими последствиями эксплуатации лесных ресурсов. Автор 310 публикаций.

РОМАНОВА Наталья Александровна – старший преподаватель кафедры лесного хозяйства и лесозаготовки, Дальневосточный государственный аграрный университет. Область научных интересов – физико-механические свойства древесины. Автор 15 публикаций.

UDC 630* 306; 630* 312
DOI: 10.15350/2306-2827.2018.4.56

SUBSTANTIATION OF REGIONAL COEFFICIENT OF TIMBER DENSITY VARIABILITY IN TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT

Yu. A. Shirnin¹, N. A. Romanova²

¹ Volga State University of Technology,
3, Lenin Sq., Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: ShirninYA@volgatech.net

² Far Eastern State Agrarian University,
180, Lenina St., Blagoveshchensk, Amur region, 675006, Russian Federation
E-mail: 2zydfhz@mail.ru

Keywords: wood density; power; performance of finish sawing; coefficient of variation of wood density in the districts of Amur region.

ABSTRACT

Introduction. Amur oblast is a well forested region. Forest cover of Amur oblast is 64 %. All the forests are mountainous, more than half of them grow in permafrost, other forest grows in the soils of lasting seasonal frost. Studying the density of timber species in Amur oblast, the data of average density of timber were obtained, such data are different for other Russian regions. The **goal** of the research is to develop the mechanism for accounting the variability of density of timber species in the districts of Amur oblast. To solve this problem, it is offered to fix the coefficient of variability of density of timber species for different districts of Amur oblast. The samples of wood of the districts of Amur oblast with 60 % forested area or even more (Tyndinskiy, Zeyskiy, Skovorodinskiy, Magdagachinskiy, Selemzhinskiy, Shimanovskiy districts) and with medium forest cover (Svobodnenskiy and Bureyskiy districts) were used for the experimental research. The data of efficiency of finish sawing vary depending on the density of timber species and the district of growth, accordingly. The time for one sawing accomplishment was calculated with known formula, hourly efficiency and production rate were also calculated (e.g. power saw when tree felling, when bucking, and when branch cutting). **Results.** Dynamics of variability of wood density depending on the factors of forest environment in different districts of Amur oblast is determined. An algorithm for grounding and calculation of the coefficient of variability of density of timber species for different districts of Amur oblast was offered. With the results in experimental studies, it was possible to determine the dynamics of variability of density of timber species depending on the factors of forest environment, they are diminishing from north to south in the districts of Amur oblast. With the method of percentage, the algorithm for calculation was offered, the calculations were given, and workability of the coefficient of variability of density of timber species in the districts of Amur oblast was grounded. The analysis of influence of timber density and the parameters of cutting attachment on the performance of finish sawing was made. The offered calculations of performance of finish sawing and output per shift of power saw with an account of the coefficient of variability of density of timber species, are recommended to use for labour rate setting when logging in the districts of Amur oblast.

REFERENCES

1. Kostenko N.A. Vliyaanie plotnosti drevesiny na proizvoditelnost lesozagotovitelnykh sistem mashin, ispolzuemykh v Amurskoy oblasti [The Influence of Wood Density on the Performance of Logging Machines, Used in the Amur Region]. *Vestnik KrasGAU* [Herald of Krasnoyarsk Agrarian University]. 2012. No 2. Pp. 187-191. (In Russ).
2. Antonova G.F., Perevoznikova V.D., Stasova V.V. Vliyaniye usloviy proizrastaniya na strukturu godichnogo sloya drevesiny i produktivnost sosny obyknovnoy [The Influence of Growth Conditions on the Structure of Annual Growth Rings and Wood Productive Capacity of Scots Pine]. *Lesovedenie* [Sylviculture]. 1999. No 6. Pp. 10-11. (In Russ).
3. Isaeva L.N., Cherepnin V.L. Kachestvo drevesiny geograficheskikh kultur sosny obyknovnoy v Sredney Sibiri [Wood Quality of Scots Pine in the Middle Siberia]. *Lesovedenie* [Sylviculture]. 1988. No 2. Pp. 37-38. (In Russ).
4. Poluboyarinov O.I. *Plotnost drevesiny* [Wood Density]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1976. 200 p. (In Russ).
5. Ugolev B.N., Stanko Ya.I. *Drevesinovedenie i tovarovedenie kommercheskikh porod* [Wood Sci-

- ence and Merchandizing Technique of Commercial Species]. Moscow: MGUL, 2004. 75 p. (In Russ).
6. Filer A. Larch, Its Properties and Grades. Canada. 1945. 84 p.
 7. Muller L. Western Larch for Veneer. *Timberman*. 1951. Vol. 52. No 8. p. 1.
 8. Earle. Christopher J. Larix (Larch) Description. *The Gymnosperm Database*. 2011. No 1. Pp. 12-29
 9. Givnish Thomas J. Adaptive Significance of Evergreen vs. Deciduous Leaves: Solving the Triple Paradox. *Silva Fennica*. 2002. Vol. 36, No 3. Pp. 703–743.
 10. Gernandt D.S. Liston A. Internal Transcribed Spacer Region Evolution in Larix and Pseudotsuga (Pinaceae). *American Journal of Botany*. 1999. Vol. 86, No 5. Pp. 711–723.
 11. Kostenko N.A., Baranov A.V. Opredelenie proizvoditelnosti lesozagotovitelnykh mashin ot plotnosti drevesiny [Definition of Performance of Logging Machines on Wood Density]. *Lesnoy i khimicheskii kompleksy – problemy i resheniya: Vse-rossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya* [Forest and Chemical Complexes, Problems and Solutions: All-Russian Scientific-Practical Conference]. Krasnoyarsk: SibGTU, 2012. Pp. 100-103. (In Russ).
 12. Yaborov V.T. *Lesy i lesnoe khozyaystvo Priamurya* [Forests and Forestry in the Amur River Region]. Blagoveshchensk: Izd-vo “RIO”, 2005. 224 p. (In Russ).
 13. Patyakin V.I. et al. *Tekhnologiya i mashiny lesosechnykh rabot* [Technology and Machines for Logging Operations]. Saint-Petersburg: SPbGLTU, 2012. 362 p. (In Russ).
 14. Shirnin Yu.A. *Tekhnologiya i mashiny lesosechnykh rabot* [Technology and Machines for Logging Operations]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2004. 304 p. (In Russ).
 15. Properties of Materials from Birch. Variations and Relationships, Part 1: Growth, Wood Density and Biomass, Sven-Olof Lundqvist, Thomas Grahm, Lars Olsson, Innventia Report No.: 390, January 2013 URL: <http://www.innventia.com/Documents/Rapporter/Innventia%20report%20390.pdf> (Reference date: 08.10.18).

The article was received 10.10.18.
Accepted for publication 11.12.18.

For citation: Shirnin Yu. A., Romanova N. A. Substantiation of Regional Coefficient of Timber Density Variability in Technical and Economic Assessment. *Vestnik of Volga State University of Technology*. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management. 2018. No 4 (40). Pp. 56–63. DOI: 10.15350/2306-2827.2018.4.56

Information about the authors

Yuri A. Shirnin – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head at the Chair of Pulp and Paper and Chemical Technologies, Volga State University of Technology. Research interests – management of ecological consequences of use of forests. The author of 310 publications.

Natalia A. Romanova – Senior lecturer at the chair of Forestry and Forests Use Exploitation, Far-Eastern State Agrarian University. Research interests – physical and mechanical properties of wood. The author of 15 publications.