

Исследования параметров предмета труда технологических линий по производству оцилиндрованных бревен для деревянного домостроения

П. В. Будник, В. Н. Баклагин, А. В. Демчук

В Петрозаводском государственном университете активно занимаются поиском новых решений эффективного использования деловой и энергетической древесины [1,2,3,4,5]. Одним из важных направлений такого поиска является совершенствование деревообрабатывающих производств.

Повышение эффективности деревообрабатывающих процессов затруднительно без учета размерных параметров предмета труда. Так, в работе [6] было установлено, что одна из групп факторов, влияющих на неравномерность функционирования технологической линии по производству оцилиндрованных бревен для деревянного домостроения, обуславливается непостоянством формы предмета труда. Кроме того, определение размерных параметров предмета труда позволяет оценить объемы образующихся древесных отходов.

Исследованием предмета труда деревообрабатывающих процессов посвящены многие работы отечественных [7,8,9,10,11,12] и зарубежных [13,14] ученых. В данной статье приведены результаты исследований параметров предмета труда технологических линий по оцилиндровке бревен для деревянного домостроения.

Исследовались следующие параметры: 1 – длина бревна, поступающего на оцилиндровку; 2 – его толщина (диаметр); 3 – форма комлевой части ствола.

Для измерения длины бревна применялся мерный шест. Для определения толщины – металлическая мерная вилка. Для каждого бревна измерялись диаметры по всей его длине с интервалом 1 м. Толщина определялся как среднеарифметическое из двух взаимно перпендикулярных замеров диаметров.

Сбор статистических данных исследуемых величин проводился на заводе ООО «Биогран», оснащенного технологической линией финского производства «RoundtecCombi» и расположенного в городе Петрозаводске.

На рис. 1 приведены результаты подгонки усеченного нормального распределения к гистограмме распределения длин бревен, поступающих на оцилиндровку. На рис.1 n – экспериментальная абсолютная частота, L – длина бревна (м), $nt(l)$ – теоретическая частота усеченного нормального распределения, l – длина бревна для теоретической частоты усеченного нормального распределения (м), длина интервала $h = 0,041$ м, среднее выборочное значение длины $E[L] = 6,14$ м.

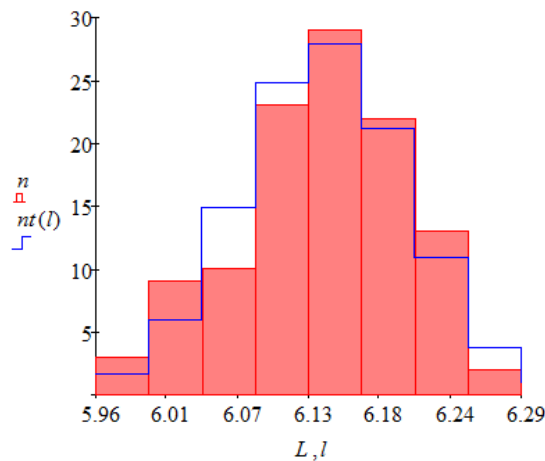


Рис. 1 – Гистограмма распределения длин бревен, поступающих на оцилиндровку

Статистическая проверка гипотезы о соответствии усеченного нормального закона распределения случайной величины экспериментальным данным осуществлялась с помощью критерия Пирсона.

Закон усеченного нормального распределения определяется выражением [15]:

$$F(x) = \frac{e^{\frac{-(x-E[x])^2}{2 \cdot S[x]}}}{S[x] \cdot \sqrt{2\pi} \cdot (A-B)} \quad (1)$$

где $E[x]$ – среднее выборочное значение; $S[x]$ – среднее квадратическое отклонение; A и B – коэффициенты усеченного нормального распределения.

Показатели A и B определяются следующими выражениями:

$$A = \int_0^{x_{max}} \frac{e^{-\frac{(x-E[x])^2}{2S[x]}}}{S[x] \cdot \sqrt{2\pi}} dx, \quad (2)$$

$$B = \int_0^{x_{min}} \frac{e^{-\frac{(x-E[x])^2}{2S[x]}}}{S[x] \cdot \sqrt{2\pi}} dx, \quad (3)$$

где x_{max} и x_{min} соответственно максимальное и минимальное значение величины x .

Распределение длин бревен можно описать выражением (1) со следующими показателями: $E[x] = 6,137$ м, $S[x] = 0,065$, $x_{max} = 5,96$ м, $x_{min} = 6,29$ м. Закон характеризует распределение длин шестиметрового пиловочника, наиболее применяемого в качестве сырья на оцилиндровке в Республике Карелия. Использование пиловочника длиной более 6 метров не превышает 5-10 % от общего объема.

На время и качество оцилиндровки бревна в значительной степени влияет его форма (сбег, форма поперечного сечения бревна, кривизна). На практике наибольшие проблемы вызывают бревна с сильной закомелистостью, которую в ряде случаев отрезают. Поэтому, несмотря на сложную геометрическую форму бревен, поступающих на обработку, имеет смысл сделать некоторое упрощение. Введем для дальнейших исследований понятие модельного бревна. Модельное бревно – это цилиндр, объем которого равен расчетному объему бревна. Расчетный объем бревна представляет собой сумму объемов усеченных конусов высотой 1 м, радиусы оснований которых являются средними арифметическими значениями диаметров, измеренных в перпендикулярных направлениях поперечного сечения бревна.

Диаметр модельного бревна определяется согласно выражению:

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot V}{3 \cdot \pi}}, \quad (4)$$

где V – общий объем бревна, определяемый экспериментально, м^3 .

Перед подачей бревен в цех оцилиндровки осуществляют их сортировку. Диаметр бревна в верхнем отрезе должен быть больше диаметра получаемого из него оцилиндрованного бревна на 4-5 см.

В процессе экспериментов исследовались выборки бревен отсортированных для оцилиндровки диаметром на 17 см, 19 см и 23 см. Для примера на рис. 2 приведены результаты подгонки усеченного логнормального распределения к гистограмме распределения диаметров модельных бревен, поступающих на оцилиндровку диаметром на 23 см. На рис.2 n – экспериментальная абсолютная частота, D – диаметр модельного бревна (см), $nt(d)$ – теоретическая частота усеченного логнормального распределения, d – диаметр модельного бревна для теоретической частоты усеченного логнормального распределения (см), длина интервала $h=9,262 \cdot 10^{-3}$ м, среднее выборочное значение длины $E[D] = 0.293$ м.

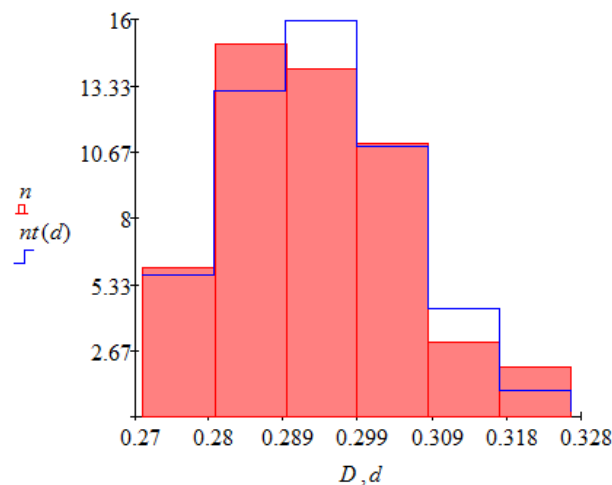


Рис. 2 – Гистограмма распределения диаметров модельных бревен, поступающих на оцилиндровку диаметром на 23 см

Закон усеченного логнормального распределения определяется выражением [15]:

$$F(x) = \frac{e^{-\frac{(\ln(x)-\mu_1)^2}{2\mu_2}}}{x \cdot \sqrt{2\pi\mu_2} \cdot (A-B)}, \quad (5)$$

где μ_1 , μ_2 , A , B – показатели распределения, рассчитываемые по формулам:

$$\mu_1 = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(x_i)}{n}, \quad (6)$$

$$\mu_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln(x_i) - \mu_1)^2}{n}, \quad (7)$$

$$A = \int_0^{x_{max}} \frac{e^{-\frac{(\ln(x)-\mu_1)^2}{2\mu_2}}}{x \cdot \sqrt{\mu_2} \cdot \sqrt{2\pi}} dx, \quad (8)$$

$$B = \int_0^{x_{min}} \frac{e^{-\frac{(\ln(x)-\mu_1)^2}{2\mu_2}}}{x \cdot \sqrt{\mu_2} \cdot \sqrt{2\pi}} dx, \quad (9)$$

где x_{max} и x_{min} соответственно максимальное и минимальное значение величины x .

В таблице 1 приведены значения показателей распределения диаметров модельных бревен отсортированных для оцилиндровки диаметром на 17 см, 19 см и 23 см. В строке «Вид распределения» таблицы 1 указаны наименования теоретических законов распределения случайной величины. Усеченный нормальный закон распределения определяется выражениями (1)-(3); усеченный логнормальный: (5)-(9).

Статистическая проверка гипотезы о соответствии теоретических законов случайной величины экспериментальным данным осуществлялась с помощью критерия Пирсона.

Одним из показателей формы комлевой части ствола является коэффициент формы, определяющийся согласно выражению:

$$q = \frac{\sum_{i=0}^{12} \frac{d_i}{d_{i+1}}}{12}, \quad (10)$$

где d_i – толщина комлевой части ствола, см; d_{i+1} – толщина комлевой части ствола, смещенная в сторону вершины на 10 см от значения толщины d_i , см.

Таблица № 1

Значения показателей теоретических законов распределения

Выборка отсортированных бревен для оцилиндровки на:		17 см	19 см	23 см
Вид усеченного распределения		Нормальное	Нормальное	Логнормальное
Значение коэффициентов	$E[x]$	0,227	0,242	–
	$S[x]$	0,012	0,019	–
	μ_1	–	–	-1,1228
	μ_2	–	–	0,001617
	A	0,949	0,9909	0,997
	B	0,001089	0,0256	0,026

Величина q представляет средний относительный сбеж ствола на высоте от 0,1 м до 1,3 м.

Для установления численных значений коэффициента формы комлевой части ствола были проведены исследования изменения толщины ствола на высоте от 0,1 м до 1,3 м. Исследования проводились в условиях сырьевой базы ОАО «Русский лесной альянс» Питкяранского центрального, Виданского районного лесничества (Республика Карелия): квартал – 103 выдел – 2, 3, категория защитности – защитные леса, средняя высота деревьев – 20,3 м, средний возраст – 110 лет. Состав древостоя – 6С3Е1Б. Так как при оцилиндровке преимущественно используется древесина сосны, все измерения проводились только для этой породы.

Исследования комлевой части ствола сосны показали, что в среднем на каждые 10 см диаметр увеличивается на 2,9 %.

Распределение средних значений коэффициента формы комлевой части ствола сосны можно описать выражением (1) со следующими показателями: $E[x] = 1,029$ м, $S[x] = 0,012$, $x_{max} = 1,0586$ м, $x_{min} = 1,0062$ м.

На рис. 3 приведены результаты подгонки усеченного нормального распределения к гистограмме распределения средних значений коэффициента формы комлевой части ствола, n – экспериментальная абсолютная частота, Q – средний коэффициент формы комлевой части ствола, $nt(q)$ – теоретическая частота усеченного нормального распределения, q – средний коэффициент формы комлевой части ствола для усеченного логнормального распределения, длина интервала $h = 8,718 \cdot 10^{-3}$, среднее выборочное значение коэффициент формы комлевой части ствола $E[Q] = 1.029$.

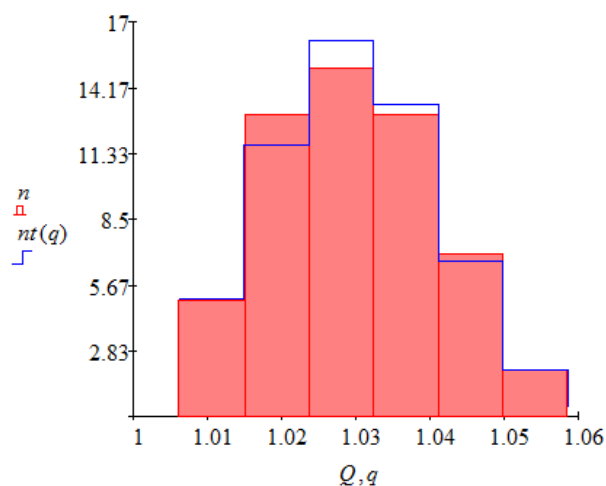


Рис. 3 – Гистограмма распределения средних значений коэффициентов формы комлевой части ствола сосны

Результаты проведенных исследований могут быть учтены при совершенствовании технологических линий по производству оцилиндрованных бревен для деревянного домостроения, а также для оценки объемов образующихся отходов при оцилиндровке.

Литература

1. Шегельман И.Р. Новые технические решения для заготовки деловой древесины и топливной щепы [Текст] / И.Р. Шегельман, П.В. Будник // Перспективы науки, 2012. – № 33. – С. 107-109.
2. Шегельман И.Р. Подготовка и переработка древесного сырья для получения щепы энергетического назначения (биотоплива) [Текст] / И.Р. Шегельман, А.В. Кузнецов, В.Н. Баклагин, П.В. Будник, В.И. Скрыпник // Ученые записки петрозаводского государственного университета. Серия: естественные и технические науки, 2010. – №8. – С. 79-82.
3. Шегельман И.Р. Способ выполнения лесосечных работ агрегатной машиной / И.Р. Шегельман, П.В. Будник, В.И. Скрыпник, В.Н. Баклагин. Патент на изобретение № 2426303, приоритет от 18.03.2009.
4. Будник П.В. Способ производства щепы на лесосеке / П.В. Будник, П.В. Безлатный. Патент на изобретение № 2443102, приоритет от 06.05.2010.
5. Будник П.В. Эффективность заготовки деловой древесины и древесного топлива на лесосеке [Текст] / П.В. Будник, И.Р. Шегельман // Перспективы науки, 2012. – № 39. – С. 103-105.
6. Шегельман, И.Р. Технологические факторы, влияющие на неравномерность технологического процесса производства оцилиндрованных бревен для деревянного домостроения [Электронный ресурс] / И.Р. Шегельман, П.В. Будник, В.Н. Баклагин, А.В. Демчук // «Инженерный вестник Дона», 2013, №4. – Режим доступа <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1889> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
7. Шадрин А.А. Технология и проектирование гибких лесообрабатывающих процессов лесозаготовительных предприятий [Текст]: дис. док. техн. наук: 05. 21. 01. – М., 2009. – 352 с.
8. Анучин, Н.П. Лесная таксация [Текст]: Учебник для лесотехнических и лесохозяйственных специальностей вузов / Н.П. Анучин. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 512 с.

9. Редькин, А.К. Основы моделирования и оптимизации процессов лесозаготовок [Текст]: учебник для вузов / А.К. Редькин. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 256 с.
10. Чувелев, А.Я. Исследование размерных характеристик круглых лесоматериалов и их влияния на параметры лесообрабатывающих машин [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.21.01. – М.: 1976. – 146 с.
11. Макаренко А.В. Рациональные способы обработки пиловочных брёвен от рубок ухода на лесозаготовительных предприятиях [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.21.01. – М.: 2003. – 213 с.
12. Васильев А.С. круглые лесоматериалы как предмет труда при групповой окорке [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4. – Режим доступа <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1398> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
13. Holtzscher, M.A. Tree diameter effects on cost and productivity of cut-to-length system. Forest Prod / M.A. Holtzscher, B.L. Lanford // Forest Prod. J. – 1997. – № 47(3). – P. 25-30
14. Mendoza G.A., A two-stage decision model for log bucking and allocation / G.A. Mendoza, B.V. Bare // Forest Prod. J. – 1986. – № 36(10). – P. 70-74.
15. Вадзинский Р.Н. Справочник по вероятностным распределениям [Текст]: Монография / Р.Н. Вадзинский. – Спб.: Наука, 2001. – 295 с.