

УДК 674.093.6 – 413.82

Д.А. Братилов

Братилов Дмитрий Александрович родился в 1977 г., окончил в 2000 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры лесопильно-строгальных производств АГТУ. Имеет 3 печатные работы в области технологии деревообработки.



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИАМЕТРОВ СУЧКОВ ДЛЯ КОМЛЕВЫХ СОСНОВЫХ БРЕВЕН

На основании регрессионного анализа получена математическая модель изменения средних диаметров сросшихся и несросшихся частей сучков комлевых сосновых бревен.

Ключевые слова: пиловочные бревна, сросшаяся и несросшаяся части сучка, диаметр сучка, математическая модель, распределение.

Сучки являются основным сортообразующим пороком пиломатериалов. Их размеры на поверхности пиломатериалов зависят от способа раскроя и диаметра сучков внутри пиловочных бревен. Поэтому изучение этого вопроса представляет определенный интерес для технологии раскроя.

Для исследования диаметров сучков были выбраны сосновые комлевые бревна (вершинный диаметр 28 см, длина 6,1 м), заготовленные в Вологодской области. Бревна выборки содержали только заросшие сучки.

Диаметр сучков изучали с помощью метода опытных распиловки. По степени срастания с окружающей древесиной каждый заросший сучок делили на сросшуюся и несросшуюся части, которые по-разному влияют на качество пилопродукции. Поэтому изучение влияния диаметров сучков на качество древесины необходимо проводить по трем направлениям: без разбивания сучков на сросшуюся и несросшуюся части; несросшиеся части сучков; сросшиеся части сучков.

На основании математической обработки полученных результатов построена кривая распределения сучков по диаметрам в предложенной выборке бревен. Это распределение имеет значительную положительную асимметрию и небольшой положительный эксцесс. Оно было выравнено кривой Пирсона III (рис.1) и имеет следующие статистические характеристики: средний арифметический диаметр сучков $d_{c,cp} = 9,6$ мм; среднее квадратичное отклонение $\sigma = 4,7$ мм; третий основной момент $\tau_3 = 1,12$; четвертый основной момент $\tau_4 = 4,09$; диаметр сучка с наибольшей частотой

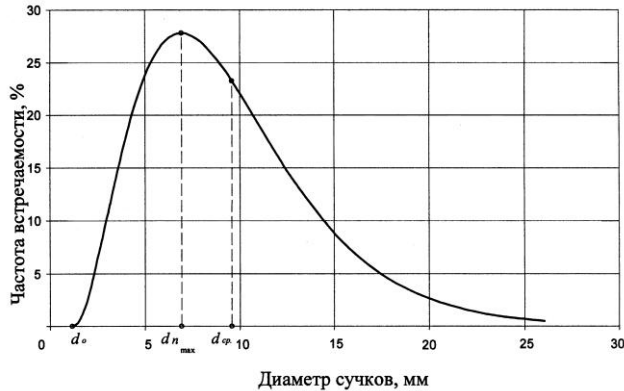


Рис. 1. Кривая распределения диаметров сучков встречаемости $d_{n_{\max}} = 6,9$. По материалам статистической обработки было получено следующее уравнение кривой распределения:

$$n = (0,808d_c - 0,947)^{2,165} e^{2,607 - 0,377d_c},$$

где n – частота встречаемости, %;

d_c – диаметр сучка, мм;

e – основание натурального логарифма.

Согласие экспериментального и теоретического распределений оценивали по критерию Пирсона: $\chi^2_{\text{дан}} = 4,05$ и $\chi^2_{\text{таб}} = 11,10$ при уровне значимости $q = 0,05$ и числе степеней свободы $k = 5$. Поскольку $\chi^2_{\text{дан}} < \chi^2_{\text{таб}}$, то расхождение между экспериментальным и теоретическим распределениями можно считать случайным.

Особенность данного распределения в том, что оно имеет начало в точке, лежащей на оси абсцисс, с координатой $d_0 = 1,2$ мм. Подобное распределение характерно для комлевых бревен, заготовленных в высокопроизводительных густых насаждениях.

Если все сучки разбить на размерные группы с градацией 5 мм, то, согласно полученному распределению, самой многочисленной будет группа с размерами от 5 до 10 мм (46,2 % от общего числа). Сучки от 10 до 15 мм составляют 26,6 %. Далее следуют группы сучков размером до 5 мм (15,0 %) и от 15 до 20 мм (9,3 %). Наименее представленной является группа сучков с размерами свыше 20 мм, на долю которой приходится не более 3 %.

Сучки размером до 15 мм распределены в различном соотношении по всей длине каждого бревна выборки. Так, сучки до 5 мм преобладают на первом метре от комля, на втором метре они имеют весомую долю, а на шестом метре их количество незначительно. Сучки от 5 до 10 мм преобладают на втором, третьем, четвертом и пятом метрах и имеют значительную долю на первом и шестом метрах. Сучки от 10 до 15 мм преобладают на шестом метре, а на остальном протяжении бревна составляют значительную долю, за исключением первого метра. Сучки от 15 до 20 мм отсутствуют на

первых трех метрах, а сучки свыше 20 мм располагаются только на пятом и шестом метрах.

Важным направлением исследования является изучение размеров сросшихся и несросшихся сучков. Средний диаметр сучков изменяется как в продольном, так и в поперечном (по радиусу) направлении бревна. В результате дисперсионного анализа установлено, что длина и радиус бревна значимо влияют на средний диаметр несросшихся и сросшихся частей сучков. Во всех случаях расчетный критерий Фишера был больше табличного, взятого при уровне значимости $q = 0,05$.

В результате регрессионного анализа были получены следующие математические модели изменения среднего диаметра сучков:

для несросшихся частей

$$d_{н.ср} = 2,329 + 1,007R_{бр} + 0,120 L_{бр}R_{бр} - 0,056 R_{эд}^2 ;$$

для сросшихся частей

$$d_{с.ср} = 5,227 + 1,097R_{бр} + 0,186 L_{эд}^2 ,$$

где $d_{н.ср}$ – средний диаметр несросшихся частей сучков, мм;

$R_{бр}$ – участок радиуса поперечного сечения бревна с началом в центре этого сечения, см;

$L_{бр}$ – участок длины бревна с началом в комлевом торце, м;

$d_{с.ср}$ – средний диаметр сросшихся частей сучков, мм.

Проверку моделей на адекватность производили по критерию Фишера: для первой модели $F_{расч} = 2,92$, а $F_{табл} = 4,41$; для второй модели $F_{расч} = 1,80$, а $F_{табл} = 4,45$. Поскольку в обоих случаях $F_{расч} < F_{табл}$, то обе модели считаются адекватными. Разность между дисперсиями воспроизводимости двух моделей является незначимой. Статистические оценки коэффициентов регрессии приведены в таблице.

На рис. 2 математические модели представлены в виде двух семейств кривых. В нулевой точке оси абсцисс располагается центр поперечного сечения бревна.

Область существования обеих моделей ограничена в продольном направлении длиной исследованных бревен, в поперечном направлении для несросшихся частей сучков – сучковой областью и внутренней границей смешанной зоны (в смешанной зоне бревна располагаются как несросшиеся, так сросшиеся сучки), а для сросшихся частей сучков – наружной границей смешанной зоны и радиусом бревна, равным 2 см. В интервале радиуса от 0 до 2 см изменение среднего диаметра сучков автором не изучено. Однако можно утверждать, что вдоль оси бревна средний диаметр сучков будет больше нуля, так как сердцевина бревна относительно его оси, как правило, имеет поперечное смещение.

Анализ регрессионных уравнений показал, что средний диаметр как несросшихся, так и сросшихся частей сучков в продольном направлении увеличивается от комля к вершине, в поперечном – от центра к периферии.

Изменение диаметра сучков в поперечном направлении связано с изменением соотношения количества сучков различных размерных групп на различных участках радиуса. Следует отметить, что это характерно для среднего диаметра сучков, а не для диаметра отдельного сучка.

Значимость коэффициентов регрессии

Коэффициент регрессии	Показатель достоверности		Доверительный интервал
	расчетный	табличный ($q = 0,05$)	
Для несросшихся частей сучков			
2,329	5,15	2,04	$\pm 0,922$
1,007	7,22	2,04	$\pm 0,285$
0,120	24,15	2,04	$\pm 0,010$
0,056	5,47	2,04	$\pm 0,029$
Для сросшихся частей сучков			
5,227	37,16	2,04	$\pm 0,287$
1,097	30,16	2,04	$\pm 0,074$
0,186	38,15	2,04	$\pm 0,010$

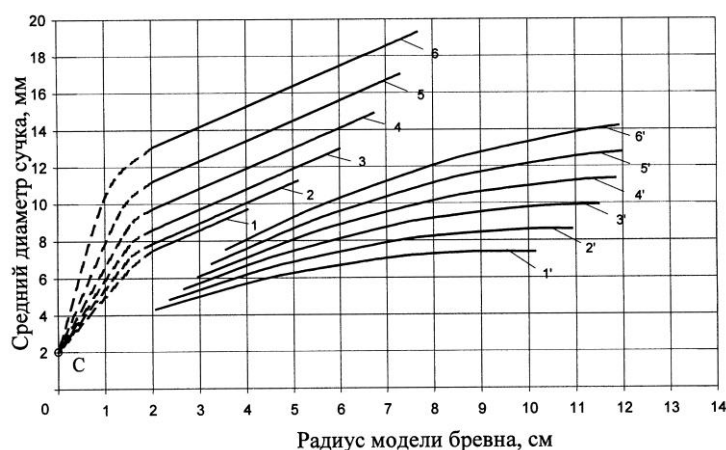


Рис. 2. Математическая модель изменения среднего диаметра сросшихся ($1' - 6'$) и несросшихся ($1 - 6$) частей сучков: $1, 1'$ – на середине первого метра модели комлевого бревна (начиная от комля); $2, 2'$ – на втором метре; $3, 3'$ – на третьем метре; $4, 4'$ – на четвертом метре; $5, 5'$ – на пятом метре; $6, 6'$ – на шестом метре

Важным дополнением к моделям среднего диаметра сучков являются распределения в факторном пространстве несросшихся и сросшихся частей сучков по размерным группам (эти данные в статье не приведены из-за их значительного объема).

На основе изложенного материала можно сделать следующие выводы.

1. Общее распределение диаметров сучков подчиняется закону распределения Пирсона III. Оно имеет ограничение в точке d_0 .

2. В комлевых бревнах, не содержащих наружных сучков, наиболее распространены внутренние сучки диаметром от 5 до 10 мм. Сучки диаметром до 15 мм встречаются по всей длине комлевого бревна.

3. Средний диаметр как несросшихся, так и сросшихся частей сучков в продольном направлении бревна увеличивается от комля к вершине, в поперечном – от центра к периферии.

4. Полученные модели и распределения дают ценную информацию для раскрытия комлевых сосновых бревен на пилопродукцию заданного качества.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 26.11.03

D.A. Bratilov

Mathematical Model of Knots' Diameter for Butt Pine Logs

Mathematical model of average diameters' changing for adherent and non-adherent knots' parts of butt pine logs has been obtained based on the regression analysis.