

УДК 674.093.6

Д.А. Братилов, А.Д. Голяков

Братилов Дмитрий Александрович родился в 1977 г., окончил в 2000 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры лесопильно-строгальных производств АГТУ. Имеет 2 печатные работы в области технологии деревообработки.



Голяков Александр Дмитриевич родился в 1939 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, профессор кафедры лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета. Имеет более 60 печатных трудов в области механической технологии древесины и изучения показателей механических свойств пиломатериалов.



ВЫБОРОЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СУЧКОВАТОСТИ КОМЛЕВЫХ СОСНОВЫХ БРЕВЕН

На основании экспериментальных данных построена выборочная технологическая модель сучковатости комлевых сосновых бревен, не содержащих наружных сучков.

Ключевые слова: пиломатериалы, сучковатость, технологическая модель, зона качества, пиловочные бревна.

Сучки – основной сортообразующий порок пиломатериала. Сучковатость пиломатериалов зависит от наличия сучков в распиливаемом сырье, способа раскроя и параметров постава. Для составления эффективных поставов и схем раскроя необходима систематизированная детальная информация о сучковатости пиловочных бревен. Под этим понимают совокупность параметров, характеризующих количество, расположение, размеры и форму сросшихся и несросшихся частей сучков.

Изучению сучковатости пиловочных бревен посвящены работы [1–9]. Однако среди исследователей нет единства в выборе способа установления границы между бессучковой и сучковой зонами, недостаточно отражен вопрос о ее точности и форме, отсутствует целостная и удобная для анализа математическая модель изменения диаметра сросшихся и несросшихся частей сучков в пределах модели бревна.

Для эффективного раскроя необходима информация о внутреннем качестве бревен до их распиловки. Такую информацию может дать модель сучковатости, названная нами технологической, так как она используется в технологии лесопиления и деревообработки и должна с определенной точностью отражать пределы колебаний сучковатости отдельных бревен. Ана-

лиз работ [1–9] и результатов собственных исследований, позволил сделать вывод, что невозможно построить модель, которая подходила бы ко всем бревнам одной породы древесины, одинаковой длины и места вырезки из хлыста, потому что сучковатость бревен зависит от условий роста деревьев. Наибольшее влияние оказывают географическая широта, тип леса, состав, полнота и возраст насаждений. Следовательно, технологическая модель, справедлива только для сортиментов, полученных из деревьев, выросших в лесорастительных условиях, схожих с условиями выборки. Поэтому модель называется выборочной.

Задача моделирования – установить с определенной точностью границы зон однородного качества и пределы их колебаний, а также получить характеристику зон.

Эксперименты проводили в условиях малого лесопильного предприятия, расположенного на юге Вологодской области.

Для построения технологической модели было отобрано 10 комлевых бревен. Критериями отбора служили: отсутствие наружных сучков, вершинный диаметр 27 ... 29 см, длина 6,1 м. Небольшой объем выборки объясняется однородностью качества бревен по сравнению, например, с выборкой, взятой на основе сортов круглых лесоматериалов по ГОСТ 9463 – 88. У исследованных бревен замерялись следующие параметры: вершинный диаметр $d_{\text{ф}}$, диаметр на расстоянии одного метра от комлевого торца $D_{1\text{м}}$, комлевой диаметр $D_{\text{к}}$, диаметр ядра в вершинном торце $d_{\text{я}}$, число годичных колец в вершинном торце $N_{\text{в.т}}$. На основе данных параметров вычисляли сбег S , возраст N , среднюю ширину годичного кольца h и закомелистость. Ниже приведены средние значения параметров, характеризующих отобранное сырье:

Вершинный диаметр.....	(27,94 ± 0,22) см
Диаметр ядра	(19,20 ± 0,87) см
Число годичных колец	(71,0 ± 5,6) шт.
Сбег	(0,82 ± 0,10) см/м
Возраст деревьев, из которых получены бревна*	(88,0 ± 6,3) лет
Ширина годичного кольца	(2,07 ± 0,18) мм

Для изучения внутренней сучковатости был выбран метод опытных распиловок. Бревна распиливали брусом поставом с толщиной бруса 150 мм на доски толщиной 22 мм. Для исследования брали доски, полученные из бруса. На каждую доску составляли паспорт: на развернутой схеме доски зарисовывали сучки, определяли их вид (сросшиеся, несросшиеся, частично сросшиеся), местоположение, наибольший и наименьший размеры. На основе паспортов досок при помощи графического построения были получены индивидуальные модели бревен. По совокупности моделей бревен

* Возраст подсчитывали по следующей формуле: $N = N_{\text{в.т}} + N_{\text{мут}} + (3 \dots 4)$, где $N_{\text{мут}}$ – число мутовок в бревне (определяется после распиловки), шт.

была установлена выборочная технологическая модель сучковатости комлевых сосновых бревен.

На рис. 1 точками показаны проекции вершинок заросших сучков (позиция 1) и проекции границ, отделяющих сросшуюся и несросшуюся части сучков (позиция 2), на продольную плоскость, проходящую через ось модели комлевого бревна. Расстояние от оси модели до точки представляет собой длину проекции сучка l_c (или длину проекции сросшейся части сучка $l_{ср}$) на поперечное сечение модели.

Между длиной сучка l_c и длиной бревна $L_{бр}$ существует криволинейная корреляционная зависимость. Регрессионное уравнение связи имеет вид

$$l_c = -0,089 L_{бр}^2 + 1,102 L_{бр} + 7,192.$$

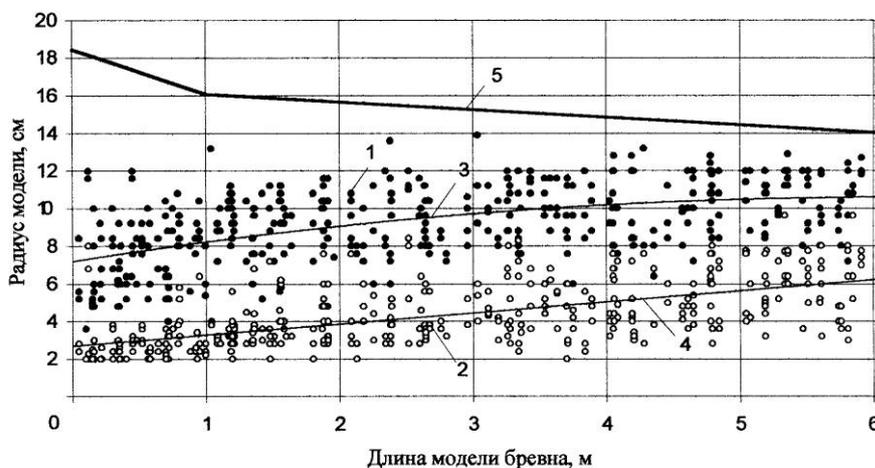


Рис. 1. Распределение сучков внутри модели комлевого соснового бревна: 1 – точки, соответствующие вершинам сучков; 2 – точки, соответствующие границе, разделяющей сросшуюся и несросшуюся части сучков; 3 и 4 – регрессионные модели; 5 – поверхность бревна (горизонтальная ось рисунка совпадает с осью модели)

Теснота корреляции, оцененная корреляционным отношением, $\eta = 0,5170$ при средней ошибке $m_\eta = \pm 0,037$ и критерии значимости $t_\eta = 14,07$. Коэффициент корреляции $r = 0,496$ при средней ошибке $m_r = \pm 0,038$ и критерии значимости $t_r = 13,13$. По разности между корреляционным отношением и коэффициентом корреляции можно сделать вывод, что криволинейность для данной зависимости является значимой при вероятности $p = 0,995$.

Между длиной проекции сросшейся части сучка $l_{ср}$ и длиной бревна $L_{бр}$ также существует зависимость. Для нее корреляционное отношение $\eta = 0,6124$ при $m_\eta = \pm 0,033$ и $t_\eta = 18,80$, коэффициент корреляции $r = 0,6107$ при $m_r = \pm 0,033$ и $t_r = 18,68$. Поскольку разница между η и r незначима даже при $p = 0,800$, то корреляционную зависимость можно рассматривать как прямолинейную, описываемую уравнением регрессии

$$l_{cp} = 0,592 L_{бр} + 2,666.$$

Полученные регрессионные уравнения показывают, что в среднем длина сучков и их сросшихся частей увеличивается в направлении от комля к вершине. Однако данные кривые и описывающие их уравнения не имеют практического приложения для составления поставов или схем раскроя, так как полностью не характеризуют распределение сучков в поперечном направлении по всей длине модели бревна. Для расчета поставов важнее знать границы рассеивания обеих совокупностей точек. На рис. 2 границы проведены таким образом, что внутри каждой области рассеивания сосредоточено 90 % точек (за пределы наружной или внутренней границ каждой из областей выходит 5 % точек). Границы могут быть заданы прямой линией или параболой второго порядка. Уравнения границ представлены ниже:



Рис. 2. Расположение границ технологических зон: 1 – наружная граница переходной зоны; 2 – внутренняя граница переходной зоны; 3 – наружная граница смешанной зоны; 4 – внутренняя граница смешанной зоны; 5 – образующая поверхности бревна; (кривая 1 совпадает с границей сучковой области)

$$R = -0,107 L_{до}^2 + 0,997 L_{бр} + 9,685; \quad (1)$$

$$R = -0,093 L_{до}^2 + 1,083 L_{бр} + 4,925; \quad (2)$$

$$R = -0,087 L_{до}^2 + 1,250 L_{бр} + 3,442; \quad (3)$$

$$R = -0,297 L_{бр} + 1,909. \quad (4)$$

Номер уравнения (1–4) соответствует номеру линии на рис. 2.

Границы 1–4 (рис. 2) делят продольное сечение модели бревна на зоны качества. Между границами 1 и 3 располагается зона несросшихся частей сучков, между 3 и 4 – смешанная зона. Данные зоны выделены по признаку состояния древесины сучков. По количеству сучков также можно выделить три зоны: постоянного количества сучков, переходная и бессучковая.

Границей первой зоны является линия 2. Переходная зона располагается между линиями 1 и 2, бессучковая зона – между линией 1 и образующей поверхности бревна 5.

Переходная зона появляется в результате неодинаковой длины сучков в каждой из мутовок и незначительной асимметрии сучковой области относительно оси бревна. В направлении от внутренней к наружной границе переходной зоны количество заросших сучков снижается до нуля. В пределах переходной зоны сучковая область постепенно переходит в бессучковую зону. Появление смешанной зоны обусловлено отсутствием в бревне (а тем более в выборке бревен) четкой границы между сросшимися и несросшимися частями сучков.

Из числа зон, выделенных по признаку состояния древесины сучков, наибольшие размеры имеет зона несросшихся частей сучков, что говорит о невысокой эффективности естественной очистки от сучьев. Ширина смешанной зоны интенсивно уменьшается от вершины к комлю. Переходная зона имеет постоянную ширину по длине модели бревна. Она занимает большую часть зоны несросшихся частей сучков. Размеры переходной зоны на 84 % зависят от рассеивания длин проекций сучков внутри отдельных бревен, на 16 % – между бревнами выборки. Это говорит о том, что выборка была достаточно однородной в отношении распределения сучков. Бессучковая зона в вершинном торце имеет толщину 2 см (в относительных единицах – 0,14 от вершинного радиуса). Бессучковая зона увеличивается по длине модели за счет сбега бревна и сбега сучковой области.

В трехмерном пространстве зоны качества представляют собой тела вращения, границы зон качества – поверхности вращения. Для построения поверхности вращения в качестве образующей берут линию границы зон (рис. 2), а осью вращения служит ось модели бревна.

В результате получается модель сучковатости с симметричными относительно оси зонами качества. В этой модели несколько сужена бессучковая зона и расширена сучковая область. Модель дает представление о минимальной толщине бессучковой зоны и возможных пределах ее отклонения. Минимальная толщина бессучковой зоны равновероятна со всех сторон любого бревна выборки. Однако, если асимметрия сучковой области относительно оси бревна достигнет некоторого предела, превысив который рассматриваемая модель не будет объективно отражать сучковатость отдельных бревен, то следует строить другую с учетом эксцентриситета и угла наклона сучковой области к оси модели бревна.

В пространстве размеры зон качества можно характеризовать объемом V , их границы – площадью поверхности S (см. таблицу).

На рис. 3 представлена гистограмма соотношения объемов зон качества по длине выборочной технологической модели комлевого соснового бревна. На столбцах гистограммы указаны объемы (m^3) участков соответствующих зон качества.

Зона, область	Объем, м ³	Площадь поверхности, м ²	
		наружной	внутренней
Бессучковая	0,205	5,89	4,37
Сучковая	0,250	4,37	–
Переходная	0,152	4,37	2,71
Несросшихся частей сучков	0,173	4,37	2,37
Смешанная	0,061	2,37	1,08
Сросшихся частей сучков	0,016	1,08	–
Бревно	0,455	5,89	–

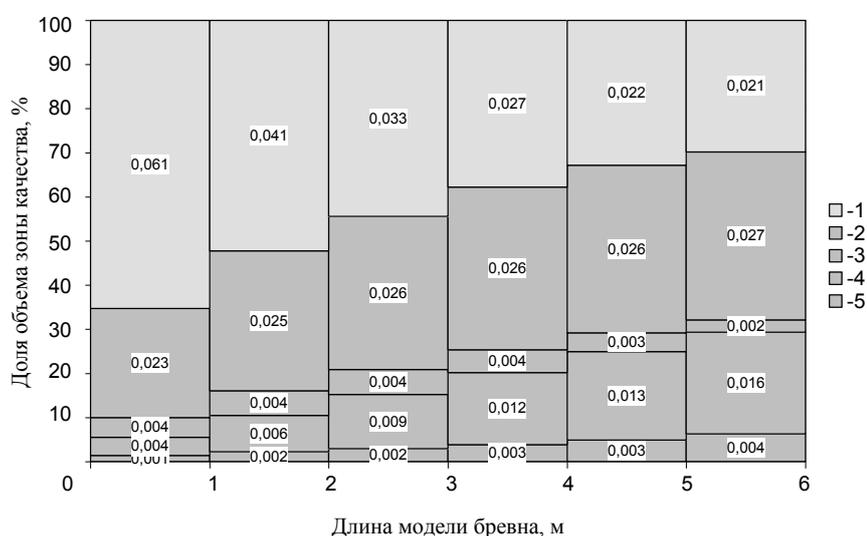


Рис. 3. Соотношение объемов технологических зон качества: 1 – бессучковая; 2 – переходная; 3 – с постоянным количеством несросшихся частей сучков; 4 – смешанная; 5 – сросшихся частей сучков

Самой большой по объему является бессучковая зона. Это объясняется тем, что она располагается на периферии бревна и на первых трех метрах от комля имеет значительную толщину. У конкретных бревен объем бессучковой зоны изменяется в зависимости от варьирования сбега.

В поперечном направлении переходной зоны количество заросших сучков изменяется с определенной интенсивностью. В поперечном направлении смешанной зоны общее количество сучков остается постоянным, но изменяется соотношение между сросшимися и несросшимися частями сучков. Интенсивность изменения можно представить в виде интегрального (кумулятивного) распределения. Накопленные частоты представим в виде коэффициентов

$$k = \frac{N_i}{N}; \quad p = \frac{N_i^c}{N}; \quad p' = \frac{N_i^f}{N}; \quad p = 1 - p',$$

где k – коэффициент изменения количества заросших сучков;

p – коэффициент изменения количества сросшихся частей сучков;

p' – коэффициент изменения количества несросшихся частей сучков;

N_i – количество заросших сучков на i -м интервале переходной зоны, шт.;

N_i^c – количество сросшихся частей сучков на i -м интервале смешанной зоны, шт.

N_i^f – количество несросшихся частей сучков на i -м интервале смешанной зоны, шт.;

N – количество всех сучков в выборочной модели бревна, шт.

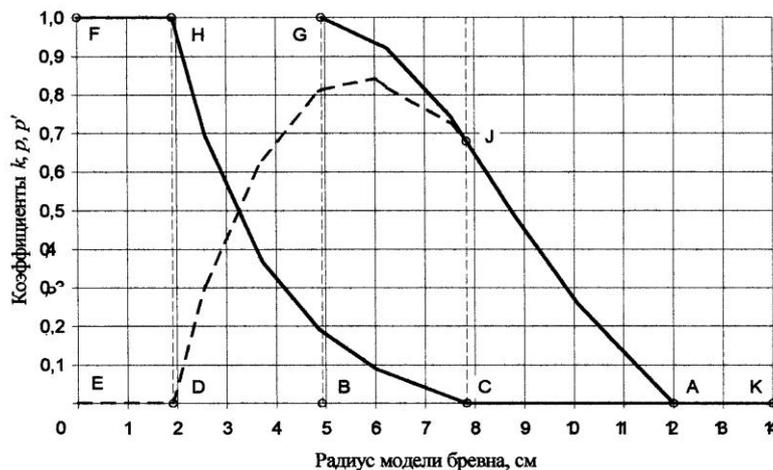


Рис. 4. Диаграмма интегральных функций распределения по длине модели: FHCK – для сросшихся частей сучков; EDJ – для несросшихся частей сучков в пределах смешанной зоны; GJAK – то же в пределах переходной зоны; АК – бессучковая зона; АВ – переходная зона; DC – смешанная зона; ED – зона сросшихся частей сучков

Все три коэффициента изменяются от 0 до 1. На рис. 4 представлена диаграмма экспериментальных интегральных распределений сросшихся и несросшихся частей сучков по длине модели бревна.

В начале зоны DC количество сросшихся сучков уменьшается достаточно интенсивно, от середины до конца зоны интенсивность постепенно падает. Необычный вид ломаной EDJ обусловлен пересечением переходной и смешанной зон. Из графика следует, что на участке от 10 до 12 см радиуса количество сучков незначительное, следовательно, в этих пределах возможно получать, с некоторой долей вероятности, бессучковые пиломатериалы.

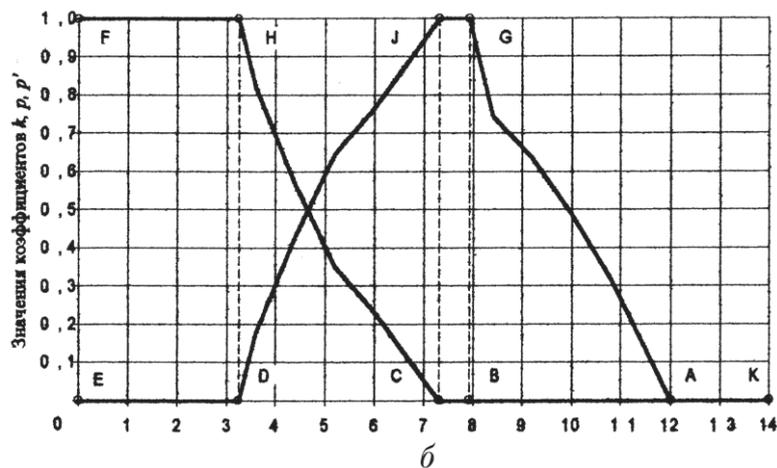
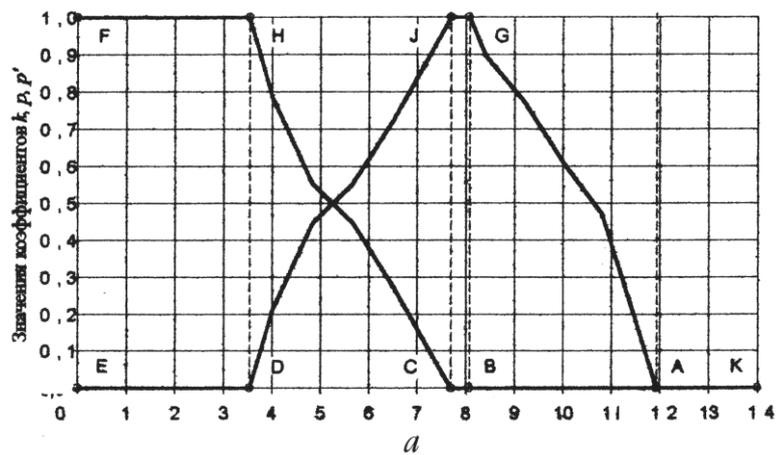
На рис. 5 (буквенные обозначения те же, что и на рис. 4) приведены диаграммы интегральных распределений на каждом погонном метре техно-

логической модели, причем ширину зоны качества брали на середине каждого метра.

Необходимо отметить, что технологическая модель сучковатости также характеризуется математической моделью диаметров сросшихся и несросшихся частей сучков, количеством сучков и расстояниями между мутовками. Однако рамки статьи не позволяют рассмотреть эти вопросы.

На основе изложенного можно сделать следующие выводы.

1. Распределение сучков внутри комлевых бревен носит зональный характер.
2. Выборочная технологическая модель сучковатости с симметричными зонами относительно оси приемлема для описания бревен, имеющих незначительную асимметрию сучковой области.



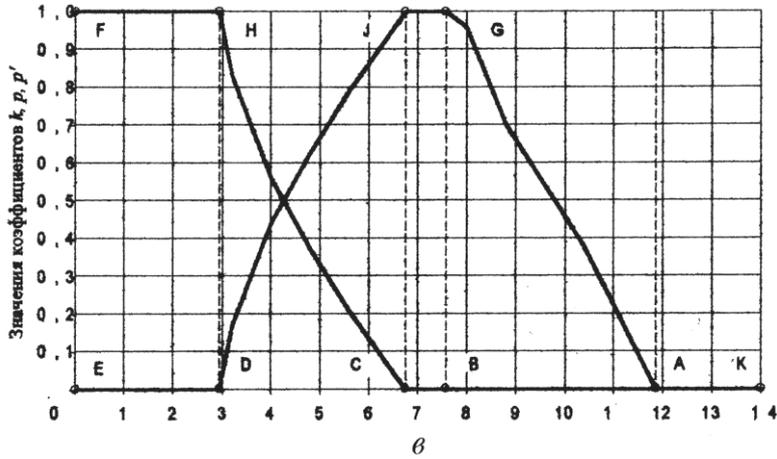
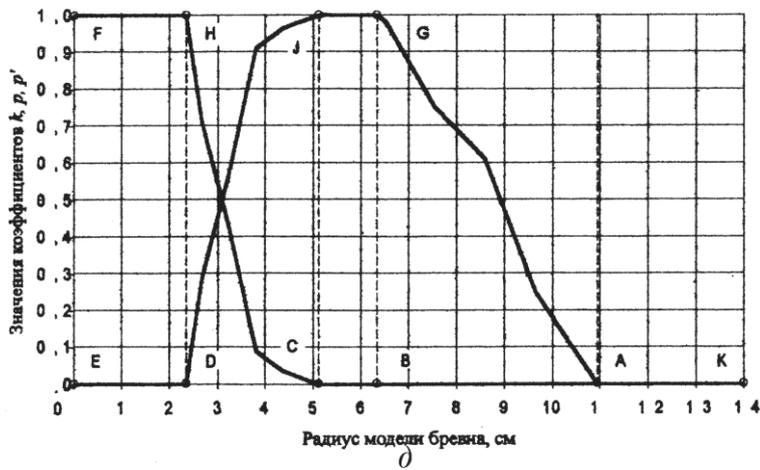
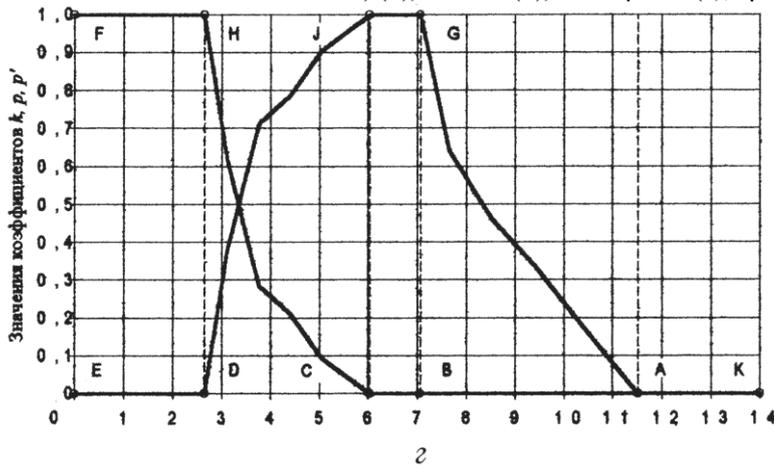
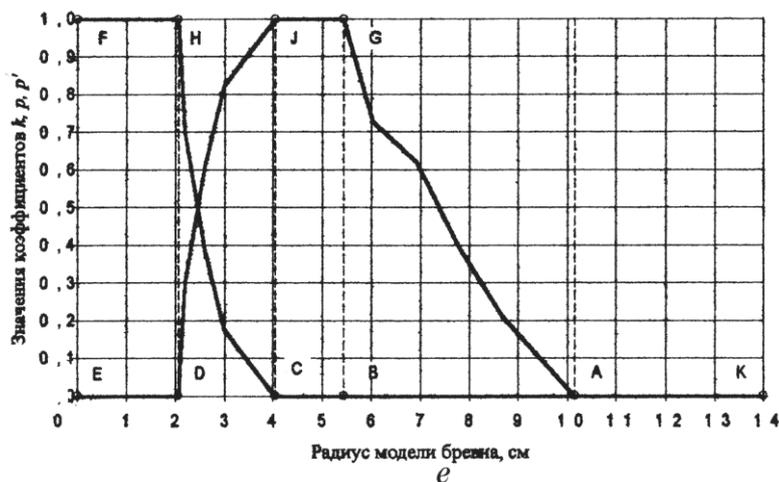


Рис. 5. Диаграмма интегральных функций распределения сросшихся от комля (а), пятом (б), четвертом (в), третьем (г),





(FHCK) и несросшихся (EDJGAK) частей сучков на шестом (считая вторым (d)), первом (e) метрах модели комлевого бревна

3. Длина заросших сучков и их сросшихся частей в среднем увеличивается по длине бревна от комля к вершине; теснота корреляции средняя.

4. В результате того, что бревна имеют нечеткую границу, с одной стороны, между сучковой областью и бессучковой зоной, с другой стороны – между зонами сросшихся и несросшихся сучков, то при построении модели формируются соответственно переходная и смешанная зоны.

5. В трехмерном пространстве зона качества представляет собой полное или неполное тело вращения, а ее граница – поверхность вращения.

6. Данная модель сучковатости является основой для теоретического раскрытия комлевых сосновых бревен в целях определения оптимальных параметров поставов для повышения ценностного выхода и получения пиломатериалов с заданным качеством.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бокщанин Ю.Р. Исследование распространения пороков в пиломатериалах из лиственничного сырья на Красноярской группе лесозаводов: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – М., 1954. – 16 с.
2. Елькин Г.А. Раскрой сосновых бревен на палубо-шлюпочные пиломатериалы. – М.: Гослесбумиздат, 1957. – 44 с.
3. Ицкович Я.А. Исследование размерно-качественной характеристики соснового и лиственничного пиловочного сырья Ангаро-Енисейского района с целью повышения качественного выхода экспортных пиломатериалов: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Красноярск, 1980 – 23 с.
4. Колобова М.В., Цыкин Б.С. Влияние качества древесины сосновых бревен на сортность пиломатериалов // Лесн. пром-сть. – 1954. – № 4. – С. 29–30.
5. Крашенинников И.П. Исследование распиловки сосновых бревен на высококачественные пиломатериалы: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – М., 1961. – 20 с.
6. Лозинский В.М. Проект посортного деления и посортных признаков сосновых пиловочных бревен: (Отчет) / ЦНИИМОД. – Химки, 1941. – 50 с.

7. *Нушкарев С.Г.* Исследование способов раскря соснового сырья на авиационную пилопродукцию: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Л., 1974. – 18 с.

8. *Тюриков Ф.Т.* Распределение всех сучков в деловой части хлыста корейского кедра // Лесн. журн. – 1966. – № 6. – С. 100–101. – (Изв. высш. учеб. заведений).

9. *Peter R., Bamping J.* Theoretical Sawing of Pine Logs // Forest Products Journal. – 1962. – N 11. – P. 549–557

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 3.09.03

D.A. Bratilov, A.D. Golyakov

Sample Process Model of Branchiness of Butt Pine Logs

A sample process model has been built based on the experimental data for branchiness of the butt pine logs with no external knots.
