

УДК 674.093:620.267

А.С. Торопов¹, В.М. Меркелов², В.Ф. Краснова¹¹Марийский государственный технический университет²Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Торопов Александр Степанович родился в 1950 г., окончил в 1973 г. Марийский политехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры деревообрабатывающих производств Марийского государственного технического университета, заслуженный деятель науки республики Марий Эл. Имеет более 180 печатных работ в области интенсификации процессов распиловки лесоматериалов.
E-mail: kafedradop@mail.ru



Краснова Валентина Феликсовна родилась в 1978 г., окончила в 2000 г. Марийский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры деревообрабатывающих производств МарГТУ. Имеет около 10 печатных работ в области раскроя круглых лесоматериалов.
E-mail: 8felix@mail.ru



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМНОГО ВЫХОДА ПИЛОПРОДУКЦИИ ПРИ РАСКРОЕ ХЛЫСТОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ

Предложено математическое описание расчета выхода пилопродукции из хлыстов, загрязненных радионуклидами; на основании математической модели определены оптимальные схемы как раскрывки, так и продольного раскроя сортиментов на пилопродукцию.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, математическая модель, хлыст, раскрывка.

В зоне радиоактивного загрязнения, возникшей в результате аварии на Чернобыльской АЭС, находится значительная часть лесного фонда ряда областей России. При эксплуатации таких лесов следует учитывать плотность радиоактивного загрязнения местности и применять такие способы переработки древесины, которые могут обеспечить получение древесной продукции с минимально допустимым радиоактивным загрязнением.

Государственными органами управления лесным хозяйством России в результате наземного поквартального радиационного обследования, проведенного в 1991–1994 гг. по ранее действовавшей методике [1], выявлено, что радиоактивному загрязнению при аварии на ЧАЭС подвергся лесной фонд площадью 982,6 тыс. га, находящийся в ведении Рослесхоза. Площади загрязненных цезием-137 земель лесного фонда на части территории пят-

надцати субъектов Российской Федерации (по состоянию на 1 января 1997 г.) приведены в таблице.

Брянские леса являются наиболее пострадавшими в России. Общая площадь государственного лесного фонда Брянской области, загрязненного радионуклидами, в 1990 г. составила 228,5 тыс. га (28,7 %) из 795,4 тыс. га лесов области, в результате повторного радиационного обследования в 1995 г. – 170,5 тыс. га.

Следует обратить внимание на то, что, как правило, наибольшее количество радионуклидов содержится в лесной подстилке и минеральном слое почвы. Из лесных ресурсов чаще всего наиболее загрязнены грибы, ягоды и напочвенный покров. У древесной растительности в большинстве случаев удельная радиоактивность коры, мелких веточек и листвы (хвои) значительно выше, чем древесины. Соответственно окоренная древесина содержит

Органы управления лесным хозяйством в субъектах РФ	Всего загрязне- но лесного фонда, тыс. га	В том числе по плотности загрязнения, Ки/км ²			
		1...5	5...15	15...40	> 40
Управление лесами:					
Брянское	171,0	103,1	39,7	26,0	2,2
Калужское	177,8	132,6	43,8	1,4	–
Орловское	97,1	95,6	1,5	–	–
Рязанское	70,3	70,2	0,1	–	–
Смоленское	5,0	5,0	–	–	–
Белгородское	15,4	15,4	–	–	–
Воронежское	25,3	25,3	–	–	–
Курское	21,3	21,2	0,1	–	–
Липецкое	15,4	15,4	–	–	–
Тамбовское	1,7	1,7	–	–	–
Пензенское	148,4	148,4	–	–	–
Комитет по лесу:					
Тульской области	77,5	66,0	11,4	0,1	–
Ленинградской «	85,7	85,7	–	–	–
Ульяновской «	69,4	69,4	–	–	–
Госкомитет Республики Мордовия по лесу	1,3	1,3	–	–	–
<i>Всего</i>	982,6	856,3	96,6	27,5	2,2

меньше радионуклидов, чем неокоренная. В вершинной части окоренной древесины цезия-137 больше, чем в комлевой. Древесина в коре содержит приблизительно в 2 раза больше радионуклидов, чем окоренная древесина; наибольшее количество радионуклидов содержится в слоях, прилегающих к коре. Используя механическую обрезку наиболее загрязненных периферийных частей с корой, можно получать деловую древесину с допускаемыми уровнями радиоактивного загрязнения.

В условиях рыночной экономики обеспечение лесоперерабатывающей промышленности Брянской области сырьем и лесоматериалами за счет собственных лесосырьевых ресурсов без их истощения становится актуальной задачей, в решении которой важную роль должно сыграть рациональное использование древесины, заготовленной в районах, загрязненных радионуклидами.

В мировой практике наиболее распространенной является хлыстовая технология, по которой заготавливается более 70 % всей древесины. В нашей

стране заготовка и вывозка леса в хлыстах имеет безусловное преимущество.

Цель данного исследования – разработка математической модели определения выхода пилопродукции из хлыстов, загрязненных радионуклидами.

Трудности, возникающие при раскросе древесины, загрязненной радионуклидами, связаны с переносом радиоактивных элементов на пилопродукцию в процессе обработки режущим органом. Для решения этой проблемы нами разработаны новые способы раскряжевки хлыстов, загрязненных радионуклидами [3], и продольного раскроя полученных из них сортиментов [2]. Суть их заключается в том, что предварительно в местах намеченных продольных пропилов производится удаление верхнего 3-сантиметрового слоя, наиболее загрязненного радионуклидами, в продольном направлении сортимента, а затем – продольная распиловка. Ширина продольного удаляемого слоя должна быть больше ширины пропила для устранения контакта режущего инструмента с наиболее загрязненными слоями древесины.

Предварительно определяются геометрические параметры хлыста в коре, без коры, а также загрязненного слоя. Пользуясь аллометрическим методом, можно получить зависимости, описывающие образующую лесоматериала в коре, без коры и здоровой части:

$$\begin{aligned} d &= d_0 + a_1 l^{b_1}; \\ d_6 &= d_{60} + a_2 l^{b_2}; \\ d_{3,ч} &= d_{3,ч0} + a_3 l^{b_3}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $d, d_6, d_{3,ч}$ – соответственно диаметры хлыста в коре, без коры, а также здоровой части в произвольном сечении, м;

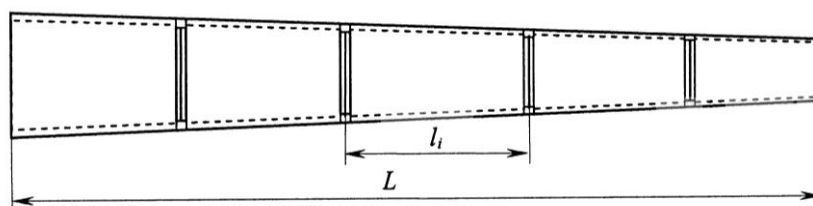
$d_0, d_{60}, d_{3,ч0}$ – соответственно диаметр лесоматериала в коре, без коры а также здоровой части в комле, м;

a_1, a_2, a_3 – константы начального состояния;

l – расстояние от комля до произвольного сечения, м;

b_1, b_2, b_3 – константы равновесия, передающие темп изменения диаметра относительно l .

На рис. 1 представлена схема раскряжевки хлыста с пропилами в местах удаления загрязненного радионуклидами слоя с помощью специализированного оборудования. Используя формулы (1), можно определить геометрические параметры каждого сортимента после раскряжевки, а также выход бруса и другой пилопродукции из них.



Для уменьшения разброса степени дробности диаметров бревен на этапе раскряжевки хлыста необходимо определить длину бревна:

$$l_i = \frac{L_x \sqrt{D_x^2 - d^2}}{D_x^2 - d^2},$$

где L_x – длина хлыста, м;

d_x – расчетный диаметр бревна, см;

D_x, d – диаметр хлыста в комле и вершине, см.

Рассмотрим раскрой сортимента с получением бруса (рис. 2).

На первом этапе удаляют загрязненный радионуклидами верхний слой в местах предполагаемых пропилов. Ширина a этого слоя немного больше ширины пропила. Затем выполняют продольный раскрой сортимента с получением двухкантного бруса и боковых пиломатериалов. Боковые пиломатериалы обрезают по кромке. При этом вместе с обзолной рейкой удаляют и загрязненные радионуклидами периферийные части.

На втором этапе производят раскрой полученного двухкантного бруса. Сначала из центральной части выпиливают четырехкантный брус, а оставшиеся боковые части двухкантного бруса раскраивают вдоль на две части, из которых получают заготовки путем удаления загрязненной радионуклидами древесины по сбегу под углом к пластям.

Объем четырехкантного бруса, получаемого из i -го сортимента, загрязненного радионуклидами:

$$V_{бр} = B_i H_i l_i,$$

Рис. 1. Схема раскряжевки хлыста: l_i – длина i -го сортимента, L – длина хлыста

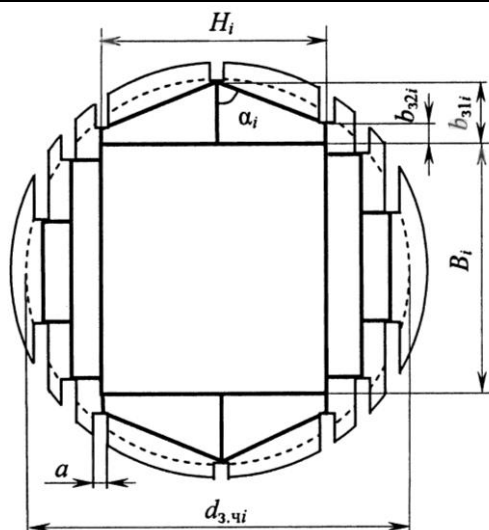


Рис. 2. Схема продольного раскроя сортимента

где B_i , H_i – соответственно ширина и толщина четырехкантного бруса, полученного из i -го сортимента, м;

l_i – длина i -го сортимента, м.

Из боковых частей двухкантного бруса получают заготовки переменного поперечного сечения.

Ширина заготовок из i -го сортимента в произвольном сечении: по наружной пласти

$$b_{31i} = \frac{1}{2} \left[\sqrt{d_{3,чi}^2 - 4(0,5H_i + a + 3p)^2} - \frac{a-p}{\operatorname{tg}\alpha_i} - B_i \right]; \quad (2)$$

по внутренней пласти

$$b_{32i} = \frac{1}{2} \left[\sqrt{d_{3,чi}^2 - 4(0,5H_i + a + 3p)^2} - \frac{a-p}{\operatorname{tg}\alpha_i} + B_i \right]; \quad (3)$$

где $d_{3,чi}$ – диаметр здоровой части i -го сортимента в произвольном сечении, м;

p – ширина пропила при продольном раскрое сортимента, м;

α_i – угол наклона пропилов при удалении загрязненной радионуклидами древесины из боковых частей двухкантного бруса, полученного из i -го сортимента.

Для определения объема полученных заготовок из i -го сортимента необходимо найти их ширину по наружной и внутренней пластям в поперечном сечении на середине длины. Для этого в формулы (2) и (3) необходимо вместо $d_{3,чi}$ ввести диаметр здоровой части i -го сортимента в поперечном сечении на середине длины заготовок.

Объем заготовок из двухкантного бруса, полученного из i -го сортимента:

$$V_{3i} = l_i (b_{31i} + b_{32i}) (H_i - p).$$

Кроме четырехкантного бруса и заготовок из сортиментов, загрязненных радионуклидами, согласно представленной схеме раскроя (рис. 2), получают обрезные пиломатериалы. Их ширина определяется по наружной пласти. Это могут быть обрезные пиломатериалы как постоянного, так и переменного поперечного сечения. В последнем случае обрезка загрязненных частей осуществляется параллельно боковым кромкам. Ширина пиломатериалов в таком случае определяется в среднем поперечном сечении.

Общий объем пилопродукции из хлыстов, загрязненных радионуклидами:

$$V_{п/п} = \sum_{i=1}^n (V_{бр_i} + V_{п/м_i} + V_{3_i}),$$

где $V_{п/п}$ – общий объем пилопродукции из хлыста, загрязненного радионуклидами, м³;

n – количество сортиментов, полученных из хлыста;

$V_{бр_i}$ – объем четырехкантного бруса, полученного из i -го сортимента, м³;

$V_{п/м_i}$ – объем обрезных пиломатериалов из i -го сортимента, м³;

V_{3_i} – объем заготовок из i -го сортимента, м³.

Таким образом, предлагаемое математическое описание позволяет аналитически определять геометрические параметры и выход получаемой пилопродукции, выбирать оптимальные схемы как раскряжевки, так и продольного раскряжения сортиментов на пилопродукцию. Критериями оптимизации в данном случае могут быть наибольший выход пилопродукции, производительность, наименьшие трудозатраты и т.д.

Для оценки способа раскряжения сырья, загрязненного радионуклидами, наряду с традиционным показателем (полезный выход), необходимо ввести качественный показатель, характеризующий загрязнение пилопродукции радионуклидами. На оценку того или иного способа раскряжения влияют два разнонаправленных процесса: с одной стороны, чем больше объем древесины удаляется с периферийной части сортимента, тем меньше объемный выход пилопродукции, с другой – снижается ее удельная активность. Для оценки эффективности раскряжения древесины, загрязненной радионуклидами, нами введен коэффициент эффективности поставки (K_λ , Бк/кг·м³), который характеризует использование сырья с допустимым содержанием радионуклидов:

$$K_\lambda = \frac{\sum_{j=1}^m \lambda_j q_j}{\lambda_0 \left(\sum_{j=1}^m q_j \right)^2} Q,$$

где m – количество сортиментов;

j – номер сортимента;

λ_j – удельная активность радионуклидов в j -м сортименте, Бк/кг;

q_j – объем j -го сортимента, м³;

Q – объем хлыста, м³;

λ_0 – удельная активность радионуклидов в хлысте, Бк/кг.

Очевидно, что чем меньше данный показатель, тем лучше используется объем сортимента с допустимым содержанием радионуклидов.

Таким образом, предлагаемое математическое описание позволяет обосновать технологию переработки древесины, загрязненной радионуклидами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика выполнения гамма-спектрометрических измерений активности радионуклидов в пробах почвы и растительных материалов. М.: Рослесхоз, 1994. 16 с.

2. Способ раскряжения круглых лесоматериалов, пораженных радионуклидами: Пат. 2350460 РФ, МПК В 27 В 1/00 / Торопов А.С., Торопов С.А., Меркелов В.М., Микрюкова Е.В., Шакирова А.И.; заявитель и патентообладатель МарГТУ. № 2007117657/03; заявл. 11.05.07; опубл. 27.03.09, Бюл. № 9.

3. Способ раскряжевки лесоматериалов, пораженных радионуклидами: Заявка 2006126505 РФ, МПК G 01 N 33/46 / Торопов А.С., Меркелов В.М., Тимофеева С.С., Кабышева Ю.А.; заявитель ГОУ ВПО МарГТУ. № 2006126505/03; заявл. 20.07.06; опубл. 27.01.08, Бюл. № 3; приоритет 20.07.06. 1 с.

A.S. Toropov¹, V.M. Merkelov², V.F. Krasnova¹

¹Mari-El State Technical University

²Bryansk State Academy of Engineering and Technology

Mathematical Model for Determination of Three-dimensional Output of Sawn Products in Cutting of Tree-length Timber Polluted by Radionuclides

The mathematical description is offered for product output from tree-length timber polluted by radionuclides; based on the mathematical model the optimal schemes are determined both for cutting and longitudinal sawing of cut-to-length timber into sawn products.

Keywords: radioactive pollution, mathematical model, tree-length, cutting.