

УДК 630*331

О.Н. Галактионов

Петрозаводский государственный университет

Галактионов Олег Николаевич родился в 1966 г., окончил в 1992 г. Петрозаводский государственный университет, доцент кафедры технологии и оборудования лесного комплекса ПетрГУ, заведующий лабораторией КарНИИЛПК ПетрГУ. Имеет 52 печатные работы по исследованию, оптимизации и моделированию технологических процессов лесозаготовок, утилизации лесосечных отходов.

E-mail: galakt@psu.karelia.ru



ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ОБЪЕМОВ ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК

Приведена методика измерения объемов и параметров распределения отходов лесозаготовок на лесосеке, основанная на методе линейных пересечений. Рассмотрены теоретические основы повышения точности измерений. Даны рекомендации по выбору на лесосеке характерных мест для исследований и снижению трудозатрат при их проведении.

Ключевые слова: лесозаготовки, вторичное сырье, измерение.

Отходы лесозаготовок в лесной и лесоперерабатывающей промышленности достигают 30 % от готовой продукции [1]. Это наиболее сложная для утилизации часть. Их низкая концентрация на лесосеке приводит к снижению производительности перерабатывающего оборудования.

Разработанные ранее методики ЦНИИМЭ и КарНИИЛПК [1, 2] опираются на априорные данные, требуют знать технологический процесс и в основном оценивают отходы лесозаготовок, образующиеся при хлыстовой технологии.

Предлагаемая нами методика свободна от необходимости предварительных знаний о технологическом процессе и может быть успешно использована в любых условиях. Она базируется на методе линейных пересечений [3, 5], при первоначальном применении которого было обнаружено завышение объема отходов лесозаготовок. Анализ теоретических основ позволил найти путь для коррекции, заключающийся в рассмотрении локальной области лесосеки в пределах разбиения мерного инструмента.

Методика определения объема и параметров распределения отходов лесозаготовок. Для повышения производительности, а также поиска мероприятий по увеличению концентрации отходов лесозаготовок необходимо определить их размещение в зависимости от технологического процесса. Основное содержание метода заключается в следующем: в исследуемой области проводят произвольную прямую (пробную), пересекающую отходы лесозаготовок; измеряют диаметры элементов отходов в точке пере-

сечения с пробной прямой; на основе аналитических формул определяют характеристики совокупности отходов лесозаготовок.

Метод дает возможность собирать данные об изменении концентрации отходов лесозаготовок в произвольной точке лесосеки, с некоторыми модификациями определять общий запас, запас по фракциям, распределение по диаметрам, изменение концентрации расположения, расстояние до точек средней и максимальной концентрации отходов. Измерения можно проводить для отходов, распределенных равномерно, сгруппированных в большие или малые кучи (охапки), расположенных толстым слоем на значительной площади, а также недостаточно сконцентрированных.

Метод применяют для исследования расположения отходов лесозаготовок после ручной и машинной валки, в условиях сортиментной и хлыстовой технологии, на сплошных и выборочных рубках, в любой области еси. Собирают данные о лесосеке: площадь, размеры, запас, породный состав, технологический процесс, способ очистки после сдачи лесосек, длина и ширина волоков, технологическая карта. При возможности следует оконтурить лесосеку, особенно если она имеет неправильную форму, необходимо определить объем отходов на всей лесосеке.

Выбор мест для измерений особенно важен, когда это касается одной, относительно небольшой области лесосеки и диктуется требуемой точностью определения расположения отходов лесозаготовок. Выбирают характерные для лесосеки места на расстоянии не менее 5 м от поворотов, областей ветровала, краев болот, сближений волоков с границами лесосеки и т. д., если не ставят цель обследовать именно такие области. Наиболее значимые места для измерений – пасеки, волока, погрузочные площадки.

Определение границ областей измерения. Таковыми являются естественные пределы, элементы транспортной сети, границы лесосеки, выделов, край волока, лесовозного уса, охраняемые территории. Формы области для проведения измерений (в порядке предпочтительности) – прямоугольник, равносторонний или равнобедренный треугольник, окружность, эллипс, произвольная форма. Если форма лесосеки не требует применения определенной формы области измерений, то последняя должна быть прямоугольной. После окончательного установления и размещения области измерений на местности определяют ее длину, ширину, пересчитывают число деревьев (пней) в границах области.

Проведение измерений. В выбранной области намечают и закрепляют на местности линии для отбора проб. В зависимости от размеров исследуемой области может быть одна или несколько линий. На основании обработки результатов предварительных измерений определяют минимальную длину линии (L) по формуле

$$L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k x_i^2}{\frac{3\sigma_k}{h_k} - \sum_{i=1}^k \bar{x}_{Li} + 2\bar{x}_L \sum_{i=1}^k x_{Li}}}, \quad (1)$$

где x_i – величина признака в k -й линии;
 k – число пробных линий;
 σ_k – дисперсия, вычисленная для k -й линии;
 h_k – относительная частота появления средней величины признака для k -й пробной линии;
 \bar{x}_{Li} – среднее значение признака, приходящееся на единицу длины пробной линии для k -й линии, $\bar{x}_{Li} = x_{cp.k} / l_k$;
 \bar{x}_L – среднее значение признака, приходящееся на единицу длины суммарной пробной линии для всех линий, $\bar{x}_L = x_{cp.\Sigma} / \Sigma l_k$;
 x_{Li} – значение признака, приходящееся на единицу длины пробной линии для k -й линии, $\bar{x}_{Li} = x_{ki} / l_k$;
 l_k – длина k -й линии, м.

В прямоугольной области линии намечают параллельно одной из сторон на расстоянии, превышающем длину отходов лесозаготовок – обычно 5 ... 6 м; если исследования проводят в особых условиях, то для определения минимального расстояния между пробными линиями руководствуются данными работы [4] о ширине крон деревьев.

В симметричных областях линию отбора проб проводят вдоль оси симметрии, в произвольной области – произвольно, ближе к середине. Если обследуемый участок имеет тонкую перемычку, соединяющую две относительно большие области, их исследуют как отдельные части. Участки сложной формы предварительно оконтуривают, используя геодезические средства, технологическую карту или GPS-навигатор. На выбранном участке протягивают размеченный трос. Возможна прокладка линии по компасу, но в этих случаях трудно исключить близкие к линии, но не пересекающие ее элементы отходов лесозаготовок.

Измерения выполняют в два этапа: предварительный и основной.

Предварительные измерения имеют цель – снизить трудозатраты исследований за счет мелкой фракции (фона). Так как большую долю составляют отходы лесозаготовок малого сечения (до 5 мм), необходимо при прохождении первых нескольких линий (по крайней мере, на одной или на четверти длины при одной линии) измерять все элементы, пересекающие ее. Измерения ведут с точностью 1 мм. При переходе к основному этапу мелкую фракцию не учитывают, считая ее фоном и добавляя средние значения к концентрации, полученной в результате основных измерений. Величину фона определяют по приведенной далее формуле (6).

Основные измерения проводим в вариантах с определением массы, объема или толщины слоя.

Объемный вариант заключается в определении объема отходов лесозаготовок. В точке пересечения с линией отбора проб измеряют диаметр отходов диаметром свыше 5 мм с точностью 1 мм. Диаметр фиксируют в ведомости. При диаметре 100 мм и более измеряют длину элемента отходов лесозаготовок с точностью 0,01 м, при диаметре менее 100 мм длину не фиксируют.

Замеры проводят на метках троса и между ними, все измерения относят к предыдущей метке. При окончательной обработке результатов необходимо добавить значения фона из предварительного этапа измерений. Если пересеченный объект явно принадлежит к естественному отпаду древостоя, то при фиксации результатов следует сделать особую отметку и учитывать его отдельно. После предварительной обработки объем отходов лесозаготовок рассчитывают по формуле (6).

Объемный вариант применим при обследовании лесосек после очистки, при этом необходимо фиксировать протяженность кучи в направлении линии отбора проб и высоту.

Весовой вариант позволяет определить массу отходов лесозаготовок. Если они собраны в группы (кучи, пачки), то их обмеряют геометрически либо взвешивают и относят к соответствующей метке троса. Этот вариант рекомендуем использовать при обследовании мест рубок с отходами лесозаготовок, сформированными в небольшие кучи. Взвешивание производят с помощью динамометра (в нашем эксперименте ДПУ-0.01/2-1, предел измерения 10 кг). Результаты измерений заносят в таблицу. Фиксируют число деревьев в измеряемой области (если обследуется не вся лесосека), среднюю высоту дерева, породный состав. В особые отметки заносят данные о нехарактерных отходах лесозаготовок, древесном детрите, изменении растительности и т. д.

Исследование распределения отходов лесозаготовок на волоках. На пасечных, а тем более магистральных волоках практически невозможно провести исследование в описанном выше виде из-за большого переплетения отходов, поэтому была применена специально разработанная методика. Выделяют часть волока, как правило, прилежащую к обследуемой пасеке. Определяют длину и ширину обследуемого участка, затем через 1 м измеряют толщину слоя отходов с точностью 5 см. Поскольку слой отходов на волоке подвергается воздействию лесных машин, то образуются зоны сжатых отходов лесозаготовок и свободных. Обмер необходимо вести по этим зонам и для определения объема брать средние показатели.

Собранные данные могут быть использованы для проектирования технологических процессов утилизации, определения объема экономически доступных отходов лесозаготовок, оценки пожароопасности.

Обработка собранных данных. На основании предварительных измерений по формуле (1) определяют минимальную длину пробной линии, на которой должно быть установлено распределение отходов лесозаготовок. Предварительный расчет можно не проводить при известном опыте или в случае достаточно большой выборки.

Среднюю длину ветвей определяют по данным [4]. Средний объем элемента отходов лесозаготовок находят по формуле

$$\bar{X} = \frac{\pi S_w}{G} \bar{x} \sum_0^n \frac{1}{l_i}, \quad (2)$$

где S_w – площадь исследуемой области, м²;

G – коэффициент, характеризующий ее форму и размеры;

\bar{x} – среднее значение признака, м;

l_i – длина пересеченных элементов [4], м.

Коэффициент формы и размера исследуемой области вычисляют по формуле

$$G = \frac{1}{S_W} \left(\frac{S_{WA}}{A} + \frac{S_{WB}}{B} \right), \quad (3)$$

где S_{WA}, S_{WB} – площадь исследуемых подобластей, м²;

A, B – расстояние между линией отбора проб и максимально удаленной точкой области, м.

Среднюю концентрацию отходов рассчитывают по формуле

$$\rho = \frac{\sum_0^N X_i}{S_W} = \frac{\pi S_W \sum_0^n x_i}{G \sum_0^n l_i} = \frac{\pi \sum_0^n x_i}{G \sum_0^n l_i}, \quad (4)$$

где N – мощность генеральной совокупности, шт.;

X_i – значение признака в генеральной совокупности.

Локальную концентрацию находят по данным о расположении элементов отходов лесозаготовок по длине линии отбора проб.

Наиболее точная информация о концентрации лежит в пределах разбиения мерного троса, в нашем случае на площади $0,2 \times 0,2$ м. На этой площади не сказывается сбеги и известна длина элемента отходов лесозаготовок. Минимальная длина составляет цену деления линии отбора проб, в нашем случае $l_{\min} = l_{\text{ед}} = 0,2$ м; максимальная

$$l_{\max} = \sqrt{2l_{\text{ед}}^2} = \sqrt{2 \cdot 0,2^2} = 0,28 \text{ м}; \quad (5)$$

соответственно средняя $l_{\text{cp}} = 0,24$ м.

Объем (м³), сосредоточенный на единичной площади,

$$V_{\text{лок}} = \sum_{i=0}^n v_i = \frac{\sum_{i=0}^n \pi d_i^2 l_i}{4}, \quad (6)$$

с учетом $l_i = \text{const} = l_{\text{cp}}$ и площади, ограниченной ценой деления линии отбора проб, локальная концентрация составит (м³/м²):

$$\rho = \frac{V_{\text{лок}}}{S_{\text{ед}}} = \frac{\pi l_{\text{cp}} \sum_{i=0}^n d_i^2}{4l_{\text{ед}}^2}. \quad (7)$$

Учитывая, что l_{cp} и $l_{\text{ед}}$ связаны соотношением (5), преобразуем (7) к виду

$$\rho = \frac{\pi \sum_{i=0}^n d_i^2}{l_{\text{ед}} \sqrt{2^3}}. \quad (8)$$

Таким образом, изложенная методика позволяет оценить объем отходов лесозаготовок с более высокой точностью и одновременно получить данные о характере их распределения в исследуемой области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вторичные материальные ресурсы лесной и деревообрабатывающей промышленности (образование и использование) [Текст]: справочник. – М.: Экономика, 1983. – 224 с.
2. Выявление ресурсов низкокачественной и некондиционной древесины и определение направлений их использования [Текст]: отчет о НИР: 12-1-232-77 / КарНИИЛПК; рук. В.А. Васюков. – Петрозаводск, 1977. – 118 с. – № ГР 77075678. – Инв. № Б 65.9688.
3. *Галактионов, О.Н.* Формирование теоретической базы данных для натурных и модельных исследований по проблеме освоения лесосечных отходов [Текст] / О.Н. Галактионов // Экономические, экологические и технологические проблемы региона: науч. тр. Сер. Лесопромышленный комплекс. – Петрозаводск, 2004. – № 12. – С. 62–68.
4. *Полищук, А.П.* Валка леса [Текст] / А.П. Полищук. – М.: Лесн. пром-сть, 1964. – 231 с.
5. Naturjungung durch mechanshe Bodenverwundung?/Proll Willfrid, Ruhm Werner//Osterr. Forstztg. – 1995. – N 7, 106. – S. 34–35.

Поступила 17.12.07

O.N. Galaktionov
Petrozavodsk State University

Application of Linear Crossing Method in Assessment of Logging Wastes Volumes

The technique of measuring volumes and parameters of distributing logging wastes in the logging site based on the linear crossing method is provided. Theoretical bases of enhancing measurements accuracy are analyzed. Recommendations are provided for selection of characteristic places suitable for carrying out research and reduction of labor efforts.

Keywords: forest-harvesting, secondary raw material, measurement.
