

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСОСЕК РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ С НЕРАВНОМЕРНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ЗАПАСОВ И ВЕТВИСТОЙ СТРУКТУРОЙ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ВОЛОКОВ

Рукомойников К.П.¹

¹ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола, Россия (424000, Респ. Марий Эл, г.Йошкар-Ола, пл.Ленина, д.3), e-mail: info@volgatech.net

В статье предложены математические зависимости и методика для определения рационального числа погрузочных пунктов, их размещения и расчета среднего расстояния трелевки с территории выделенных делянок, отличающиеся возможностью их использования на лесосеках различной конфигурации в условиях неравномерности распределения запасов древесины по площади и разнообразия технологических схем разработки пазов, характеризующихся криволинейной формой магистральных и пасечных волоков. Материалы статьи могут быть рекомендованы к использованию при обосновании технологических элементов лесосек, созданных путем объединения нескольких таксационных выделов, в условиях поквартального освоения участков лесного фонда. При внедрении полученных результатов в производство создаются условия для более эффективного размещения погрузочных пунктов, прокладки трелевочных волоков, сокращаются затраты на освоение лесосек и повышается производительность трелевочной техники.

Ключевые слова: лесной квартал, лесозаготовка, трелевка, погрузочный пункт, методика расчета, лесосечные работы, запас леса, ветвистая структура трелевочных волоков

JUSTIFICATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF CUTTING AREAS WITH DIFFERENT CONFIGURATIONS, UNEVEN DISTRIBUTION OF TIMBER VOLUME AND BRANCHED STRUCTURE OF SKID TRAILS

Rukomojnikov K.P.¹

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia (424000, Yoshkar-Ola, Lenin Square, 3), e-mail: info@volgatech.net

In the article mathematical dependences and methods for determining the rational number loading points, their location and calculate of the average skidding distance from the territory of the analyzed logging block are offered. They can be used at logging sites of different configurations in conditions of uneven distribution of timber volumes on the logging sites and variety of skidding patterns, characterized by a curved shape of the main and secondary skid trails. Materials of this article can be recommended for the justification of technological elements of cutting areas which consist of several different forest allotments within territory of forest compartment. Conditions for a more efficient allocation of loading points and skid trails can be created, development costs by cutting areas can be reduced and performance of skidding equipment can be increased by the introduction of the results of this publication in production.

Keywords: forest compartment, logging, skidding, loading point, method of calculation, cutting area work, timber volume, branched structure of skid trails.

Поквартальный способ освоения участков лесного фонда предусматривает наличие лесосек различной конфигурации, состоящих из одного или нескольких таксационных выделов, характеризующихся различными запасами назначенного в рубку древостоя или выполнением различных видов запланированных рубок на каждом из них [1, 2]. Непрямоугольная форма выделов, а, следовательно, и осваиваемой лесосеки является наиболее характерной при поквартальном освоении участков лесного фонда. В связи с этим требуется детальный анализ данных факторов при обосновании размеры делянок и среднего расстояния трелевки на объединенных лесосеках в пределах лесного квартала [4, 5, 6].

Вопросы размещения погрузочных пунктов при разработке лесосек нетрадиционной формы, нашли отражение в работе И.В. Турлая, А.С. Федоренчика, В.В. Игнатенко, Н.Н. Рысюка [7]. Но проведенные исследования рассматривают лишь наиболее типичные для республики Беларусь лесосеки четырехугольной и треугольной формы в условиях равенства запасов на различных участках лесосек.

Методика описания криволинейных границ выделов, позволяющая определить технологические параметры лесосек с использованием ГИС, предложена в [3]. Однако данные исследования не учитывают возможности непрямолинейного расположения трелевочных волоков и возможности сочетания различных технологических схем их размещения в пределах анализируемых лесосек, характерного для практики лесосечных работ.

Цель исследования. Повышение точности определения рациональных показателей конфигурации делянок и расстояний трелевки на лесосеках различной конфигурации в условиях неравномерного распределения запасов и ветвистой структуры трелевочных волоков.

Материал и методы исследования. Для предварительного определения границ делянок и размещения на них погрузочных пунктов рассмотрим лесной квартал 1, представленный на рис.1. По территории квартала проходит лесовозная дорога 2, к которой примыкает анализируемая лесосека, состоящая из трех выделов, показанных на схеме. Положение трелевочных волоков, подготовленных в натуре согласно технологической схеме разработке лесосеки и границы пасек, показаны на ней соответственно позициями 3 и 4. Позицией 5 показаны участки, тяготеющие к тому или иному пасечному волоку вблизи лесовозной дороги.

В результате проведенных математических расчетов выведена формула для обоснования рационального числа погрузочных пунктов на лесосеке:

$$N = \sqrt{\frac{C_T \cdot k_0 \cdot k_2 \cdot L \cdot Q}{3600 \cdot C_{II} \cdot v_{cp} \cdot M \cdot t \cdot \varphi}}$$

где C_T – стоимость машино-смены на трелевке, р.; l_{cp} – среднее расстояние трелевки, м; v_{cp} – средняя скорость трелевочной машины при движении в холостом и грузовом направлениях, м/с; M – средний объем трелеваемой пачки древесины, м³; t – число часов работы в смену, ч; φ – коэффициент использования времени смены; C_{II} – затраты на обустройство одного погрузочного пункта, р; k_0 – коэффициент развития трассы; k_1, k_2 – коэффициенты, зависящие от схемы размещения волоков на лесосеке; L – длина лесосеки; Q – запас на лесосеке, м³.

Обоснование методики для решения поставленной задачи начнем с построения эпюры б изменения общего вырубленного запаса в зависимости от изменения размеров делянки.

Площадь делянок совмещаем с системой координат с центром в углу лесосеки, примыкающем к лесовозной дороге. На ось абсцисс проецируем длину участка лесосеки, вдоль

которого возможна подготовка погрузочных площадок и наносим точки, соответствующие положению, расположенных вблизи лесовозной дороги, трелевочных волоков.

В той же системе координат проводим построение эпюры, откладывая нарастающим итогом по оси ординат, величину вырубаемого на пасеках запаса древесины. При этом расчет запасов осуществляется по площади каждой пасеки, а итоговое значение найденного показателя откладывается в точке, соответствующей проекции соответствующего ему пасечного волока, отмеченного ранее на оси абсцисс.

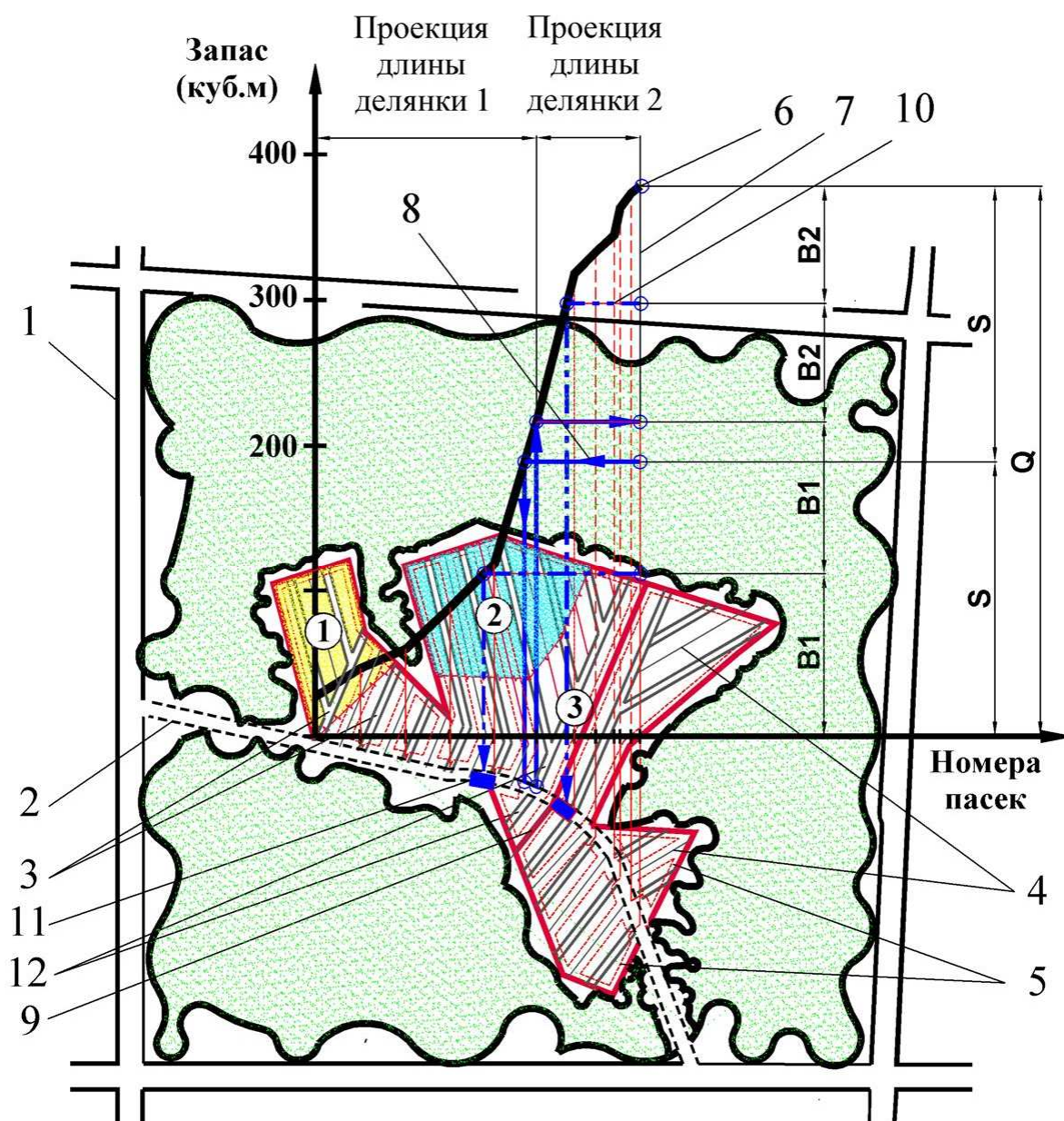


Рис. 1. Расчетная схема предварительного обоснования границ делянок и размещения на них погрузочных пунктов

После построения эпюры вырубаемого запаса древесины для определения рациональных размеров делянок разделяем итоговую высоту 7 эпюры на N равных частей, соответствующих числу погрузочных пунктов. Из полученных точек проводим прямые 8, парал-

лельные оси абсцисс, до пересечения с эпюрой и опускаем перпендикуляры на ось абсцисс. Расстояние между двумя соседними точками будет соответствовать первому приближенному положению границы делянки. Однако разделение лесосеки на делянки должно быть осуществлено в соответствии с границами пасечных волоков. В связи с этим проецируем полученную точку на траекторию лесовозной дороги, смещаем ее в направлении ближайшей границы пасеки, вновь проецируем на ось абсцисс и восстановив перпендикуляр от нее до эпюры, проводим параллельную ей линию в направлении прямой, характеризующей итоговую высоту эпюры. Перпендикуляр, восстановленный от оси абсцисс, будет соответствовать второму приближенному значению рациональной границы делянки. Прочертим границы 9 делянок, выделив границу пасеки, соответствующую полученным координатам длины делянок.

Задача нахождения рационального положения погрузочного пункта в границах делянки сводится к определению точки вблизи лесовозной дороги, соответствующей равенству запасов в левой и правой частях анализируемой делянки. Воспользовавшись построенной эпюрой, разделим каждый из отрезков, соответствующих характеристикам полученных делянок, на равные части длиной В1 (для первой делянки) и В2 для второй делянки. Из полученных точек проведем прямые 10 параллельные оси абсцисс до пересечения с эпюрой, а затем опустим перпендикуляры до пересечения с осью абсцисс и спроецируем полученные значения на траекторию дороги. Данные точки 11 будут соответствовать размещению погрузочных пунктов в пределах предварительной конфигурации делянок на территории лесосеки.

Если же на полученной схеме конфигурации разрабатываемой делянки можно отметить, что ближайший к ней погрузочный пункт расположен на территории смежной делянки, то имеется возможность корректировки их размеров, путем смещения границ делянок на расстояние равное ширине крайней пасеки и повторного анализа положения погрузочных пунктов. Так, например, на рис.1 видно, что трелевка лесоматериалов по пасечным волокам 12 наиболее целесообразна по кратчайшему пути, ведущему к погрузочному пункту, относящемуся к другой делянке. В связи с этим возникает необходимость уменьшения предварительно определенных размеров делянки 1 и увеличение размеров, соответствующих делянке 2 за счет территории, относящейся к пасечным волокам 12.

После изменения границ делянок 1, с целью итогового обоснования их конфигурации повторим ранее описанные действия и, восстановим перпендикуляр 2 от оси абсцисс в точке, соответствующей расстоянию смещения границ делянки, до эпюры (рис.2). Затем проведем прямую от полученной точки параллельно оси абсцисс, разделив суммарную высоту эпюры на две части. Запасы древесины в каждой из частей соответствуют запасам на делянках рациональной конфигурации.

Разделим каждую из полученных частей на равные участки 3 длиной B_1 (для первой делянки) и B_2 (для второй делянки). Найдем точки пересечения их с эпюрой и вновь опустим перпендикуляры на ось абсцисс, определив итоговое положение 4 погрузочных пунктов.

Для определения среднего расстояния трелевки отметим, что каждый из выделов, входящих в ее состав, характеризуется различными запасами древесины. По абрису лесосеки с указанным положением погрузочного пункта исследователем могут быть определены все геометрические характеристики формы осваиваемого лесного участка.

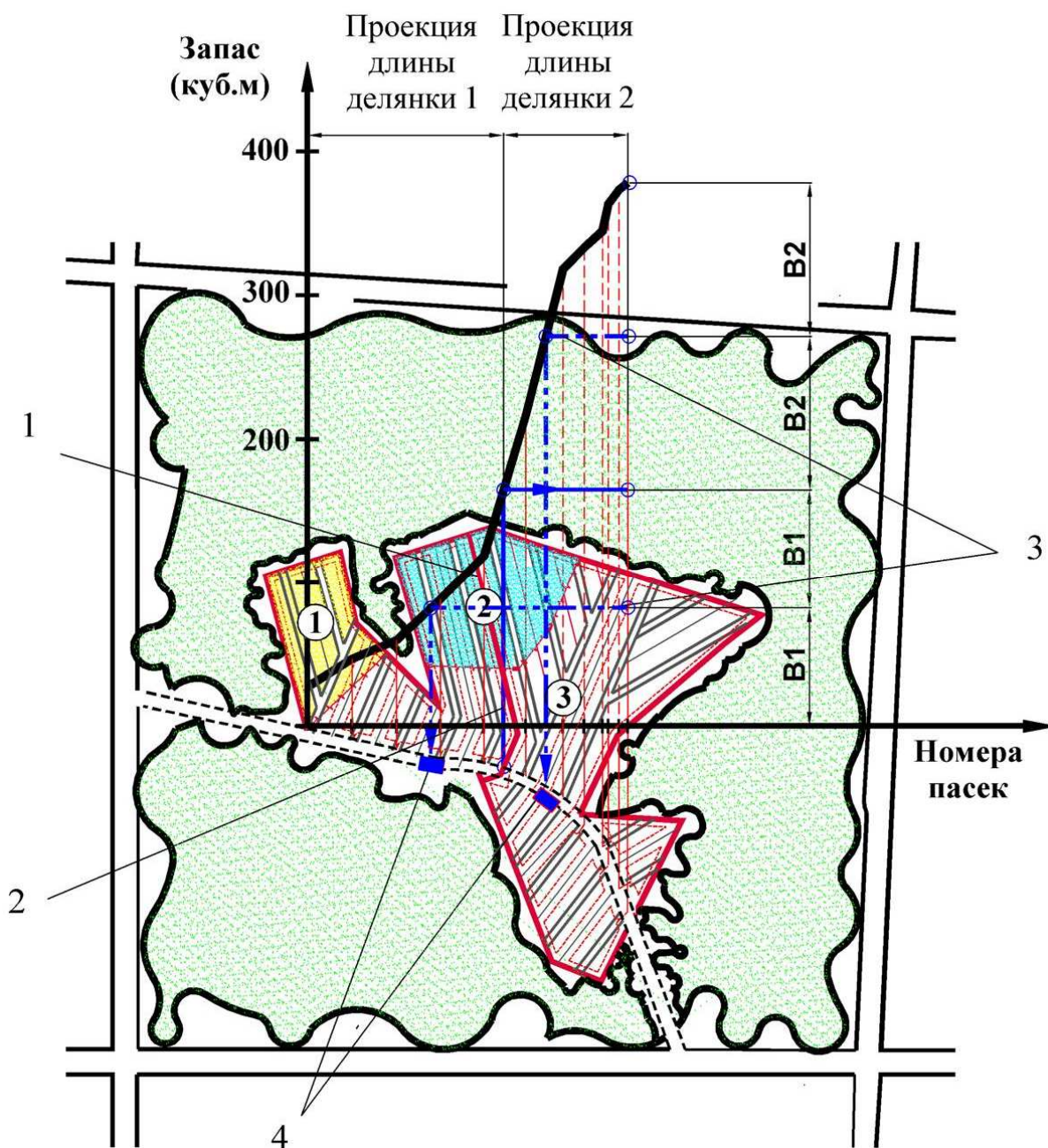


Рис. 2. Расчетная схема к определению итоговых границ делянок и размещению на них погрузочных пунктов

Для обоснования среднего расстояния трелевки на лесосеках любой конфигурации можно упростить форму лесосеки и представить ее в виде совокупности нескольких геометрических фигур: прямоугольника, трапеции, треугольника.

При трансформации формы лесных участков, характеризующихся помимо формы показателями, отражающими технологическую схему освоения лесосеки с указанной на ней сетью пасечных и магистральных волоков, автором разработаны практические рекомендации, позволяющих осуществить рациональное разделение территории лесосеки на ряд геометрических фигур.

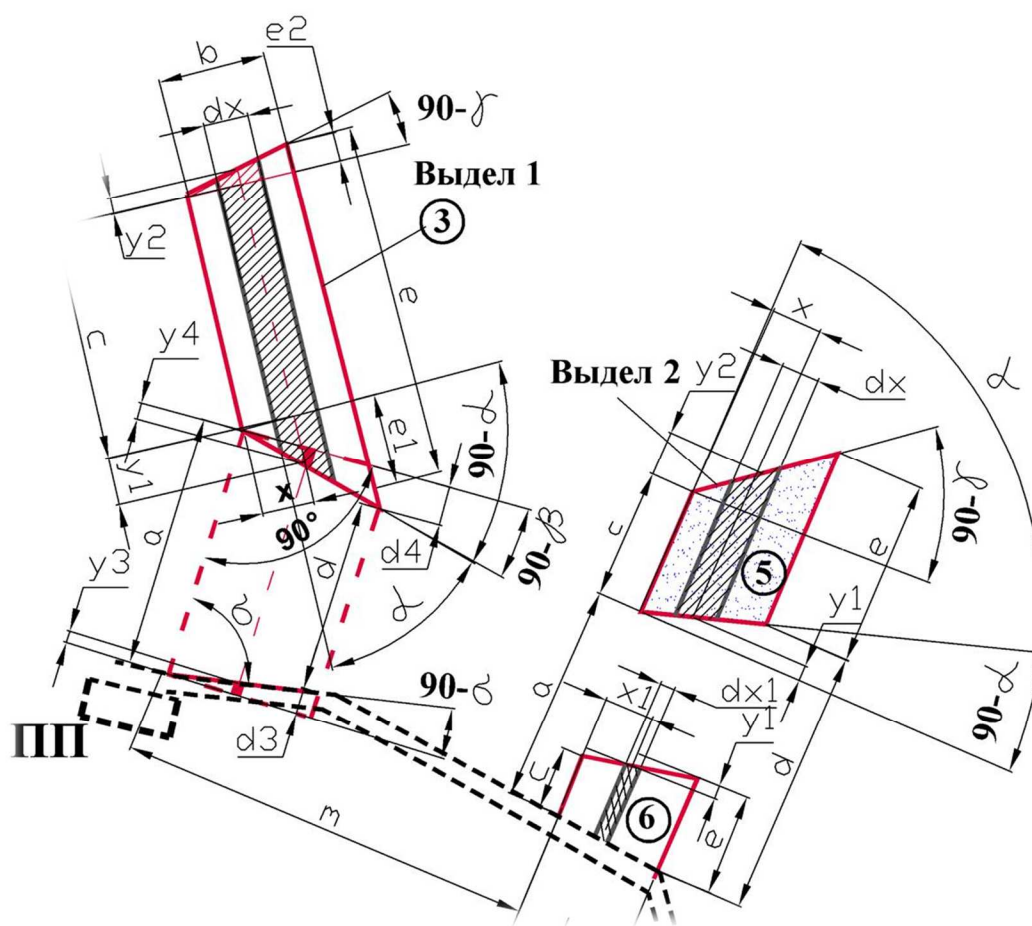


Рис.3. Расчетная схема к определению среднего расстояния трелевки на участках различной конфигурации

На рис.3 представлено несколько геометрических фигур, представляющих собой возможные формы лесных участков в составе разрабатываемых лесосек. Участки другой геометрической формы являются частными случаями решения данной задачи и также могут быть рассчитаны с использованием выведенных зависимостей.

Из рисунка видим, что для анализируемых участков:

$$y_1 = \frac{e_1}{b} \cdot x; y_2 = \frac{e_2}{b} \cdot x; y_3 = \frac{d_3 \cdot x}{b}; y_4 = \frac{d_4 \cdot x}{b}.$$

Для определения среднего расстояния трелевки выделим в трапеции элементарную площадку dx . Площадь вертикальной элементарной площадки составит:

$$dS = \left(c + \frac{e_1}{b} \cdot x + \frac{e_2}{b} \cdot x \right) dx = \left(c + (e_1 + e_2) \cdot \frac{x}{b} \right) dx = \left(c + (e - c) \cdot \frac{x}{b} \right) dx.$$

Общая грузовая работа, затрачиваемая на трелевку лесоматериалов с фигуры к лесопогрузочному пункту, составит:

$$\begin{aligned} R_y &= \frac{q_i}{10^4} \cdot \int_0^b \ell_3 dS = \frac{q_i}{10^4} \cdot \int_0^b \left[\left(\frac{\left(c + (e - c) \cdot \frac{x}{b} \right)}{2} + m + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + x \cdot f + a - \frac{x}{b} \cdot (a - d) \right) \cdot \left(c + (e - c) \cdot \frac{x}{b} \right) \right] dx = \\ &= \frac{q_i \cdot b}{6 \cdot 10^4} \cdot \left[c \cdot (c + f \cdot b + d + 2 \cdot a + 3 \cdot m + e) + \right. \\ &\quad \left. + e \cdot (a + 2 \cdot f \cdot b + 2 \cdot d + 3 \cdot m + e) \right], \end{aligned}$$

где ℓ_3 - расстояние трелевки с элементарной площадки, м;

$$f = \frac{\cos(90 - \beta)}{\cos(90 - \alpha) \cdot \cos(90 - \sigma)}.$$

Предложенная формула является универсальной. Так при $a=d$, $c=e$ трапеция приобретает форму прямоугольника, а при $c=0$ или $e=0$ – треугольника. При показателях: $a = 0$, $d = 0$, $\beta = 0$ и $\sigma = 0$ появляется возможность анализа фигур, примыкающих к магистральному волоку (лесовозной дороге). Для анализируемой фигуры $m = 0$.

При показателях α , β , σ отличных от нуля появляется возможность анализа делянок с резким изменением направления трелевочных волоков.

Если конфигурация делянки имеет сложную форму или состоит из нескольких выделов различной формы и размеров, на территории которых проводятся различные виды рубок, то среднее расстояние трелевки определяется по формуле

$$\ell_{cp} = \frac{\sum_{y=1}^n R_y}{Q_n},$$

где $y = 1 \dots n$ – количество фигур различной конфигурации, тяготеющих к одному погрузочному пункту; Q_n - общий вырубаемый запас на делянке, м³.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты исследования прошли производственную проверку в Волжском лесхозе Визимьярского лесничества Республики Марий Эл. Полученные результаты доказали адекватность теоретических методик и позволили продемонстрировать вероятность двухкратного увеличения среднего расстояния трелевки при ее выполнении в условиях неверного выбора места размещения погрузочных площадок в границах таксационных выделов различной конфигурации.

Выводы. В результате, на основании предложенных математических расчетов, получены экспериментально подтвержденные закономерности и методики для определения раци-

онального числа погрузочных пунктов, их размещения и расчета среднего расстояния трелевки с территории выделенных участков, отличающиеся возможностью их использования на лесосеках различной конфигурации в условиях неравномерности распределения запасов древесины по площади и разнообразия технологических схем разработки пазов, характеризующихся криволинейной формой магистральных и пазовых волоков.

Список литературы

1. Патент РФ №2000129331/23.11.2000. Ширнин Ю.А., Царев Е.М., Крицкая Н.А., Рукомойников К.П. Способ освоения участков лесного фонда// Патент России №2175830. 2001. Бюл.32;
2. Патент РФ №2002109253/09.04.2002. Ширнин Ю.А., Царев Е.М., Рукомойников К.П. Способ освоения участков лесного фонда// Патент России №2234832. 2004. Бюл №24;
3. Роженцова, Н.И. Совершенствование методики проектирования лесосечных работ с использованием элементов ГИС: Дис. ... к-нд. техн. наук– Й-Ола, 2008. – 139 с.;
4. Рукомойников К. П. Графоалгоритмический подход к обоснованию рациональной технологии поквартального освоения участков лесного фонда// М.Изд. МГУЛ, Лесной вестник - 2014.- № S2.- С. 96-103;
5. Рукомойников К. П. Разработка программного обеспечения к созданию рациональной технологической карты поквартального освоения участков лесного фонда // М.Изд. МГУЛ " Лесной вестник"- 2013.- 3(95). - С159-166;
6. Рукомойников К.П. Обоснование методики расчета основных технологических параметров освоения квартала // Лесной вестник.- 2007. –№4(53), – С.96-102;
7. Турлай И.В., Федоренчик А.С., Игнатенко В.В., Рысюк Н.Н. Оптимальное расположение погрузочных пунктов при разработке лесосек нетрадиционной формы // Лесной журнал – 1989. - №3. – С40-43.

Рецензенты:

Ширнин Ю.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ТОЛП, ФГБОУ ВПО Поволжский государственный технологический университет, г.Йошкар-Ола;

Царев Е.М., д.т.н., доцент, профессор ФГБОУ ВПО Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола.