

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ СЕТИ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ВОЛОКОВ НА ЛЕСОСЕКЕ**Макаренко А. В., доц., к.т.н.**

Мытищинский филиал Московского государственного технического университета
им. Н.Э. Баумана
(г. Мытищи, Россия), e-mail: makarenko@mgul.ac.ru

**OPTIMIZATION OF THE PLACEMENT OF NETWORK'S SKIDDING TRAILS
ON THE CUTTING AREA****Makarenko A. V., Assoc. Prof., PhD**

Mytishchi filial, Moscow state technical University named after N. Uh. Bauman
(Mytishchi, Russia)

The article considers the questions of optimization of laying skidding trails on the territory of cutting area by criteria of minimization of average skidding distances and volume of cargo working. The methods of calculating average skidding distances based on the location and configuration of each apiary. For the implementation of the methodology a computer program was developed and describes its working principles. The results of the program to calculate values of average skidding distances for the four variants of cutting areas are presented in the article in the form of graphs.

Проектирование сети трелёвочных волоков на лесосеке является одной из важных составляющих технологии лесосечных работ и во многом определяет эффективность их проведения. Критериями для оценки эффективности выбранной схемы разработки лесосеки могут являться: среднее расстояние трелёвки, объём грузовой работы машин, загруженность волоков или количество проходов техники по одному следу, а также экологическое воздействие на природную среду в целом и др.

Сеть трелёвочных волоков, разработанная для конкретной лесосеки, характеризуется набором определённых геометрических параметров, которые включают: место расположения и количество погрузочных пунктов, число примыкающих к ним магистральных волоков с углами примыкания, значениями углов между магистральными и пасечными волоками, разветвлённость магистральных волоков.

Исходными данными для построения сети волоков являются наборы постоянных и переменных параметров. К постоянным параметрам относятся таксационные характеристики лесосеки, её размеры и форма, расположение неразрабатываемых участков, несущая способность грунтов по территории лесосеки и др. К переменным параметрам можно отнести выбранную систему машин, которая характеризуется конструктивными особенностями и техническими параметрами техники, и принятыми технологическими решениями по разработке лесосеки. Последнее включает: порядок выполнения технологических операций машинами, принципы прокладки маршрута движения машин и ширина разрабатываемой пасеки или ленты.

Далее рассматривается влияние сети трелёвочных волоков, с указанными выше определяющими её параметрами, на среднее расстояние трелёвки и объём грузовой работы.

На рисунке 1 представлена возможная схема разработки лесосеки, произвольной формы и размеров. Общий объём грузовой работы с учётом разбивки лесосеки (делянки) на пасеки и однородные участки, тяготеющие к одной стороне магистрального волока, представляет собой сумму грузовых работ с каждой пасеки (ленты). При равномерном расположении древостоя по территории лесосеки объём грузовой работы находится из формулы

$$R = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{N_j} q S_{i,j}(h) (l_{c,i,j} + l_{d,i,j}),$$

где M – количество участков лесосеки, с которых трелёвка ведётся по одной стороне магистрального трелёвочного волока; N_j – количество пазек на i -ом участке; q – средний запас древесины на единицу площади; $S_{i,j}(h)$ – площадь j -ой пазеки i -го участка в зависимости от заданной ширины пазеки h ; $lc_{i,j}$ – расстояние от центра тяжести площади j -ой пазеки i -го участка, спроектированного на пасечный волок, до места примыкания пасечного волока к магистральному; $ld_{i,j}$ – расстояние от места примыкания пасечного волока к магистральному до погрузочного пункта по маршруту магистрального волока.

Среднее расстояние трелёвки определяется как частное от деления общей грузовой работы на общий запас древесины на лесосеке по формуле

$$l_{CP} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{N_j} q S_{i,j}(h) (lc_{i,j} + ld_{i,j})}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{N_j} q S_{i,j}(h)}$$

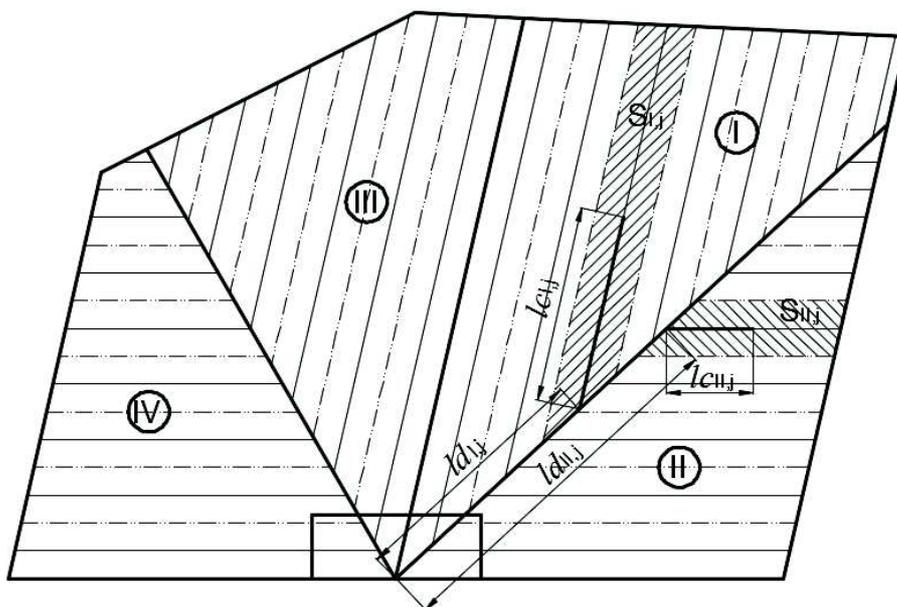


Рисунок 1 – Расчётная схема разработки лесосеки

Расчёт объёма грузовой работы и среднего расстояния трелёвки по представленным выражениям выполнен с помощью разработанной имитационной модели и её компьютерной реализации. Имитационная модель включает следующий набор процедур (программных блоков): процедура расчёта геометрических параметров лесосеки и задания разграничительных линий для магистральных волоков, процедура задания направлений магистральных волоков и разбивки лесосеки на участки, процедура разбивки участков на пазеки и расчёт их параметров, процедура определения заданных критериев эффективности проектируемой сети трелёвочных волоков.

Работа программных процедур и блоков основана на использовании структурированных массивов данных, в которых накапливается расчётная информация. Выделяются следующие основные типы массивов данных: массив характеристик узловых точек лесосеки, массив характеристик линий лесосеки (границ лесосеки, разделительных линий участков, пасечных и магистральных волоков и др.), массив характеристик объектов лесосеки (участков и пазек).

Характеристики узловых точек, представляющие собой пересечения линий лесосеки, собраны в массив $uzels(i)$. Для каждой точки в массиве содержится запись, содержащая координаты этой точки и ссылки на смежные для неё точки лесосеки и линии. Для характери-

стик линий лесосеки используется массив $\text{borderr}(i)$, структура которого аналогична предыдущему массиву. Записи в массиве по каждой линии содержат её параметры, тип линии (граница, волок и т.д.) и ссылки на смежные точки и линии.

Массивы для описания объектов лесосеки несколько отличаются от предыдущих. Для хранения характеристик участков лесосеки применяется массив $\text{uchastr}(i)$, а для характеристик пазек – массив $\text{pasekar}(i)$. Массивы содержат ссылки на записи в общих массивах $\text{uzels}(i)$ и $\text{borderr}(i)$, характеристики линий и точек, относящиеся только к данным объектам, и характеристики самих объектов лесосеки.

Определение значений объёма грузовой работы и среднего расстояния трелёвки по разработанной программе производилось в зависимости от угла наклона магистральных трелёвочных волоков для нескольких вариантов лесосек с разной конфигурацией, но одинаковыми таксационными и технологическими параметрами (рисунок 2). Углы наклона магистральных волоков варьировались от 0° , когда магистральный волок параллелен базовой стороне лесосеки (стороне, где находится погрузочный пункт), до положения, когда волок параллельно разделительной линии или совпадают в один магистральный волок. Величина шага варьирования угла наклона волоков задавалась, как $1/12$ от угла крайних положение магистральных волоков (диапазона варьирования).

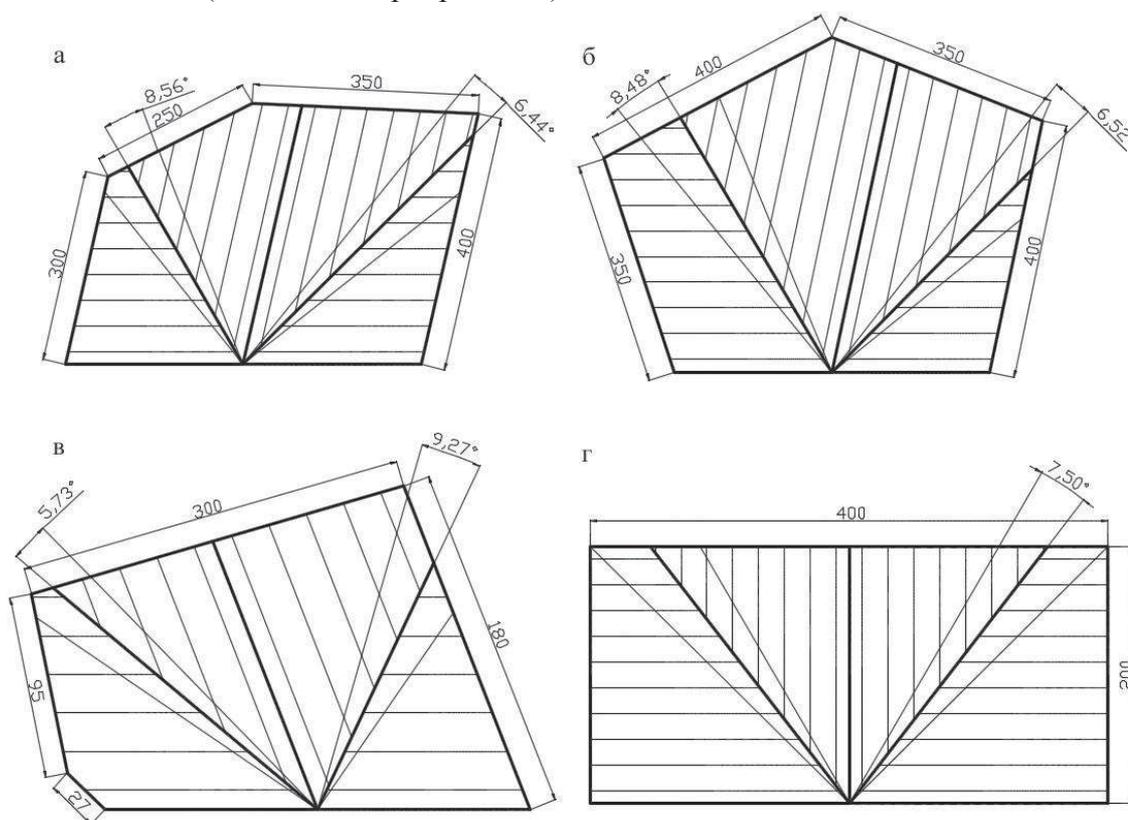


Рисунок 2 – Схемы расположения трелёвочных волоков на лесосеках в зависимости от угла наклона магистральных волоков

На рисунке 3 представлены графики результатов моделирования по определению показателя среднего расстояния трелёвки в зависимости от угла наклона магистральных волоков для четырёх вариантов лесосек. Из графиков видно, что минимальное значение среднего расстояния трелёвки (а значит, и объёма грузовой работы) соответствует значениям угла наклона магистральных волоков около середины диапазона варьирования. Диапазон возможных значений среднего расстояния трелёвки наиболее значительный у вытянутых лесосек относительно базовой стороны (стороны лесосеки, где расположен погрузочный пункт), которыми являются лесосеки а и г на рисунке 2.

Если оценить вытянутость лесосеки отношением её наибольшей ширины к длине базовой стороны, а диапазон разброса значений среднего расстояния трелёвки выразить в процентах от среднего расстояния трелёвки по вариантам прокладки магистральных волоков, то для каждой лесосеки получаются следующие результаты. Для лесосеки *a* на рисунке 2 отношение вытянутости составляет 0,638 при диапазоне варьирования среднего расстояния трелёвки 20,5%; для лесосеки *b* данные параметры составляют 0,77 и 23,03%; для лесосеки *в* – 0,652 и 24,07%; для лесосеки *г* – 0,5 и 21,32%.

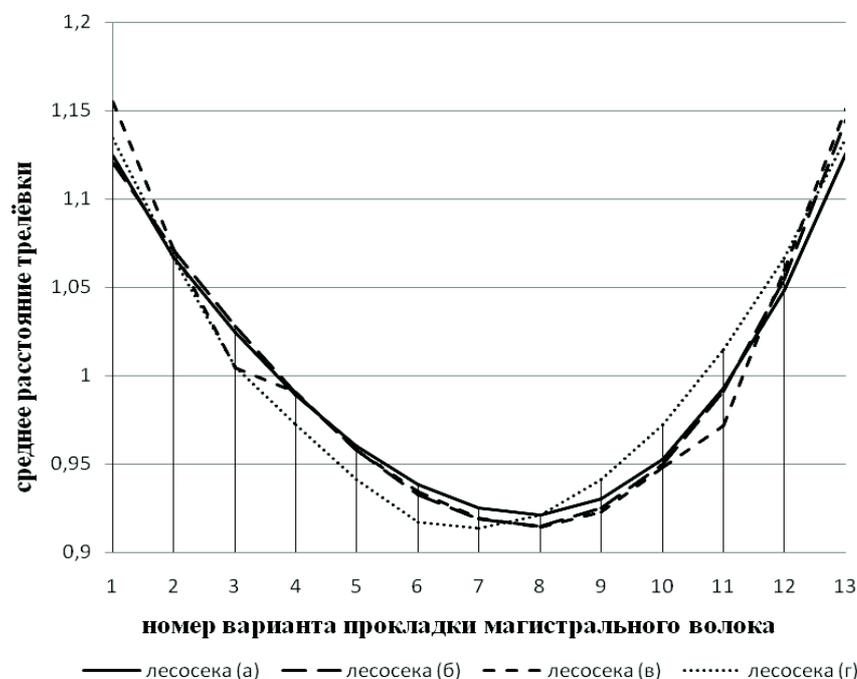


Рисунок 3 – График изменения среднего расстояния трелёвки в зависимости от угла наклона магистральных волоков на лесосеках

Кроме рассматриваемых в разработанной программе факторов на среднее расстояние трелёвки существенное влияние оказывают особенности расположения деревьев по территории лесосеки, режим работы трелёвочных тракторов по сбору и перемещению круглых лесоматериалов, а также топографические и почвенно-грунтовые условия. В связи с этим, комплексная математическая модель, учитывающая перечисленные факторы, и её программная реализация являются необходимыми для эффективной организации операции трелёвки на лесосеке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаренко, А.В. Программное проектирование трелёвочных волоков на лесосеке./ А.В. Макаренко // Лесной вестник, вып.1 (93), М.: МГУЛ, 2013 г., 99-105 с.
2. Макаренко А.В. Эффективность выполнения технологических операций при проведении выборочных рубок леса./ А.В. Макаренко, М.А. Быковский, А.В. Лаптев // Актуальные проблемы развития лесного комплекса, Материалы тринадцатой международной научно-технической конференции ВГТУ, Вологда: 2016 г., 32 – 37 с.
3. Дербин, В.М. Технология разработки лесосек с учётом сертификационных требований сохранения неэксплуатационных площадей./ В.М. Дербин, М.В. Дербин // Лесной вестник, вып.1 (93), М.: МГУЛ, 2013 г., 50-54 с.
4. Рукомойников, К.П. Разработка алгоритма выбора вариантов прокладки транспортных путей при проведении комплекса лесосечных работ с совмещённым лесовосстановлением. / К.П. Рукомойников // Лесной вестник, вып.6 (75), М.: МГУЛ, 2010 г., 101-106 с.