

Цементогрунты структурного типа II_1 могут быть использованы при устройстве нижних слоев оснований дорожных одежд, морозозащитных слоев и для укрепленных верхнего слоя земляного полотна [3, 4].

Литература

1. Лыщик П. А., Науменко А. И., Синяк С. А. Конструкции лесных автомобильных дорог на основе арматурного каркаса «георешетка-цементогрунт» // Труды БГТУ. 2016. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 79–82.

2. Лыщик П. А., Бавбель Е. И., Науменко А. И. Состав минерального вяжущего для укрепления дорожных грунтов // Труды БГТУ. 2014. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 33–36.

3. Дорожная конструкция из арматурного каркаса «георешетка-цементогрунт»: патент Респ. Беларусь на полезную модель, МПК E 01 C 7/00 / П. А. Лыщик, Е. И. Бавбель, С. В. Красковский, А. И. Науменко; заявитель Белорус. гос. технол. ун-т. № и 20150100; заявл. 19.03.2015; опубл. 30.10.2016. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2016. № 5. с. 143-144.

4. Композиционный цемент: патент Респ. Беларусь, МПК C 04 B 7/04, C 04 B 28/5204, C 04 B 18/12, C 04 B 718/16, C 04 B 7/52 / П. А. Лыщик, С. В. Плышевский, А. И. Науменко; заявитель Белорус. гос. технол. ун-т. № а 20121705; заявл. 06.12.12; опубл. 30.05.2015 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2015. № 4. С. 82.

УДК 630*383.4

П.А. Лыщик, Е.И. Бавбель, А.И. Науменко

Белорусский государственный технологический университет

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

При проектировании транспортного освоения лесных массивов возникает задача по определению очередности строительства лесных дорог. От правильности ее решения зависит ритмичность работы предприятий, динамика освоения инвестиций и в конечном итоге эффективность лесозаготовительного производства [1-2].

При решении данной задачи предварительно определено на перспективу множество всех допустимых звеньев сети (конфигурация транспортной сети), в которое включаются как существующие участки автомобильных лесных дорог, так вероятные новые трассы.

Основной характеристикой звеньев сети является технический уровень, под которым понимается совокупность технических характеристик, влияющих на дорожно-строительные, дорожно-эксплуатационные и транспортно-эксплуатационные затраты. Технический уровень отражает техническую категорию лесной дороги и конструкцию дорожной одежды. Совокупность технических уровней всех звеньев транспортной сети характеризует ее состояние. Последовательность состояний сети, определенных на все годы планового периода, и является планом очередности строительства транспортной сети.

Основная идея метода прогнозирования расположения лесотранспортных сетей на долгосрочную перспективу состоит в следующем:

1. Определить глобальную перспективу развития лесотранспортной сети в виде размещения ее на период T ($T = 10-20$ лет).
2. Определить очереди строительства, фиксируя состояния сети на 5- и 10-летнюю перспективу с учетом предыдущего решения.
3. Определить состояния сети на каждый год предстоящей 5-летнего периода с учетом предыдущего решения.
4. По истечении пятилетнего периода повторим все этапы рассмотрения с учетом накопленного опыта и происшедших изменений.

Разработанный метод прогнозирования расположения лесотранспортных сетей на долгосрочную перспективу позволяет определять очередность строительства лесных дорог по 2-м критериям.

Критерий **минимум затрат** разработан с помощью динамического программирования [5] и обеспечивает заданный по отдельным периодам план вывозки древесины с использованием построенных дорог при минимуме суммарных приведенных затрат на строительство дорог, их содержание и вывозку по ним древесины [4].

Исходные данные: лесотранспортная сеть с известной (древовидной) конфигурацией, характеризующаяся центроидами с номерами $i = 1, 2, 3, \dots, n$ и дорогами (i, j) .

Предполагаем, что если i – центроид выдела, то в ней сконцентрирован запас древесины, равный q_i , если i, j – дорога, исходящая из центроида выдела, то суммарный объем вывозки по дуге равен q_{ij} .

Если i – некоторая промежуточная точка (развилка), то сумма объемов вывозки по входящим в нее дугам равна объему вывозки по выходящей из нее дороге (дорога с номером i, j).

Кроме того, задан план вывозки древесины для всей сети по периодам: $Q_1, Q_2, \dots, Q_i, \dots, Q_N$. Пусть i, j -я дорога вводится в действие в v -й период. Тогда суммарные приведенные затраты будут [3]

$$C_{ij} = \frac{K_{ij}^k + I_{ij}^k}{1 + E_H} + T_{ij}^k \sum_{t=v} q_{ij}(t) \frac{1}{(1 + E_H)^t}, \quad (1)$$

где K_{ij}^k – стоимость строительства 1 км дороги на участке (i, j) в k -ой области неоднородности, млн. руб./км; I_{ij}^k – стоимость искусственного сооружения на дороге (i, j) в k -ой области неоднородности, млн.руб.; ν – период ввода пути в эксплуатацию; T_{ij}^k – текущие транспортные затраты на 1 км дороги (i, j) в k -ой области неоднородности, млн. руб./м³км; $q_{ij}(t)$ – объем вывозки древесины из i -й вершины в j -ю в t -й период, м³; E_n – норма дисконты.

Приведенные затраты для всей сети

$$C = \sum_{ij} C_{ij}, \quad (2)$$

где суммирование производят по всем дорогам.

Для лесотранспортных сетей справедлив ряд условий. В любом центроиде i объем вывозки за весь период N освоения лесосырьевой базы равен запасу древесины в нем

$$q_{ij} = \sum_{t=1}^N q_{ij}(t). \quad (3)$$

Если точка неконцевая и не точка примыкания, то для нее в каждый период справедливо уравнение баланса древесины, т. е. объем ввоза равен объему вывозки.

Для пункта примыкания лесотранспортной сети в каждый период t сумма объемов вывозки по дорогам (i, j) , входящим в центроид с пунктом примыкания, равна $Q(t)$, т. е. плану вывозки за t -й период.

При определении очередности освоения сырьевых баз в практике сложился подход, при котором дороги, подлежащие строительству в текущий период, стараются выбирать по минимуму суммарных затрат, пренебрегая возможным увеличением затрат в последующие периоды. Однако из-за отсутствия точных алгоритмов и большого объема информации, подлежащей обработке, этот подход не реализуется достаточно корректно.

В результате назначение периода строительства по методу минимум затрат выполняется следующим образом [4-5]:

1. В исходной сети с помощью алгоритма минимум затрат выделяется фрагмент, обеспечивающий вывозку древесины объемом Q_1 и имеющий минимальные затраты по сравнению с другими фрагментами, занимающими такой же объем. Оставшаяся часть сети представляет собой некоторую совокупность деревьев (которая, в частности, может состоять и из одного дерева). Каждое дерево из этой совокупности «примыкает» к выделенному на первом шаге фрагменту только в одной точке.

2. Теперь строим новое, «сокращенное» дерево следующим образом: стираем выделенный фрагмент; из точки примыкания каждого дерева из вышеупомянутой совокупности проводим в точку примыка-

ния сети дороги, с которой сопоставляют удельные затраты, равные затратам на доставку единицы объема из этой точки в пункт примыкания по выделенному фрагменту.

3. В полученном дереве (аналогично пункту 1) находим фрагмент с запасом древесины Q_2 . Повторяем этот процесс (построение сокращенного дерева и выделение фрагмента) до тех пор, пока не будет найдено искомое разбиение пунктов концентрации древесины по периодам освоения.

Таким образом, получим очередность транспортного освоения лесосырьевой базы. Эта очередность может и не быть строго оптимальной, но такой подход к ее определению более предпочтителен.

Критерий **наступление спелости** позволяет определять очередность строительства лесных дорог (рисунок 1) с учетом периода достижения возраста рубки. В соответствии с ТКП 143-2008 «Правила рубок леса в Республике Беларусь» и Правилами отнесения лесов Республики Беларусь к группам и категориям защитности, определены минимальные возраста рубки по основным 6-ти хозсекциям: сосна – 81 год, ель – 81 год, дуб – 101 год, береза – 61 год, ольха черная – 51 год, осина – 41 год.

Период достижения возраста рубки (ПДВР) – период планирования, в котором возраст насаждения становится больше, чем минимальный возраст рубки для насаждений данной породы.

Средний ПДВР для совокупности участков рассчитывается как средневзвешенное через запас:

$$m = \frac{\sum_{k=1}^n (p_k \cdot q_k)}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (4)$$

где p_k – ПДВР i -того участка; q_k – запас k -того участка, m^3 ; n – количество участков (узлов) в пределах дерева.

Определение минимального среднего ПДВР для данного сегмента заключается в определении такого дерева в пределах исходного дерева, что исходным узлом нового дерева является начальный узел данной дороги; совокупность участков, образующих узлы дерева характеризуется минимальным средним ПДВР.

При этом исходное дерево – дерево, начальный узел которого принадлежит существующей транспортной сети, а остальные узлы – центры участков (центроиды).

Назначение очередности строительства выполняется следующим образом:

1. Лесные дороги с меньшим ПДВР строятся в первую очередь.

2. При равных ПДВР в первую очередь строятся лесные дороги с большим соотношением объема вывозки к длине дороги.

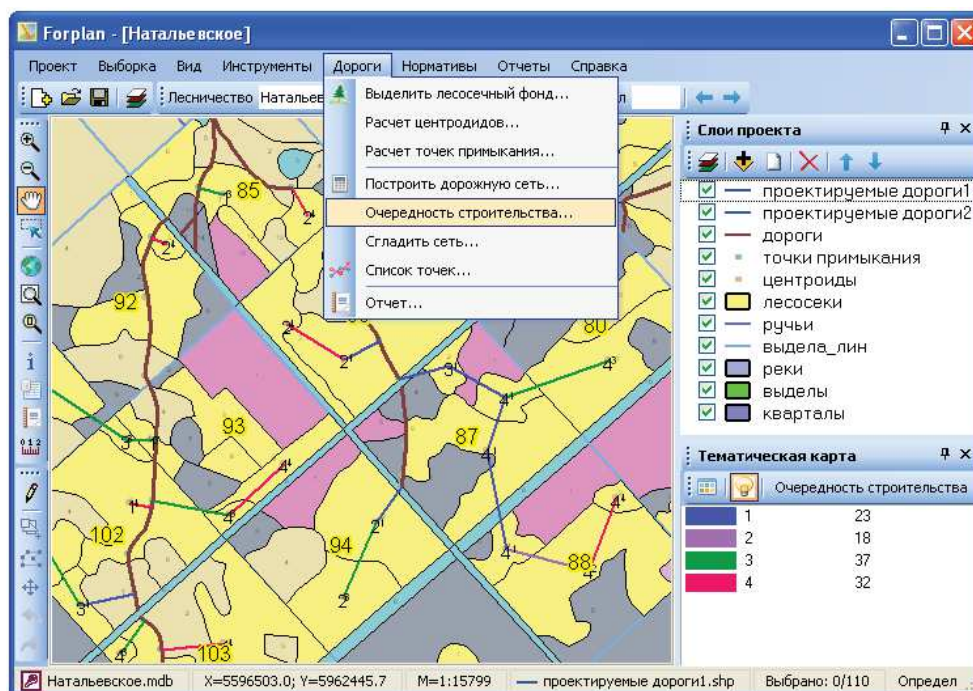


Рисунок 1 – Определение очередности строительства лесотранспортной сети

3. Назначение периодов выполняется последовательно, начиная с первого. Когда лесные дороги на первый период строительства набраны, алгоритм приступает к набору лесных дорог на второй период и т.д.

4. Лесные дороги на очередной период считаются набранными, когда запасы насаждений, которые могут быть освоены в этот период с использованием запроектированной сети, достигнут требуемой величины. При этом учитываются только насаждения, которые в данном периоде достигли или достигнут минимального возраста рубки.

5. Целевой запас для каждого из периодов определяется как суммарный запас всего лесосечного фонда, деленный на количество периодов.

При определении очередности строительства лесных дорог в соответствии с планом развития лесного хозяйства предприятия необходимо установить – за какой период запланировано построить опорную лесотранспортную сеть. В связи с этим могут быть два случая:

– если запланировано построить лесотранспортную сеть на 10 лет, значит, минимальный возраст рубки для основных 6-ти хозсекций при выделении лесоэксплуатационных районов будет составлять: сосна – 81 год, ель – 81 год, дуб – 101 год, береза – 61 год, ольха черная – 51 год, осина – 41 год. В результате лесотранспортная сеть будет строиться только в спелых и перестойных лесах.

– если запланировано построить лесотранспортную сеть на 20 лет, значит, минимальный возраст рубки для основных 6-ти хозсекций при выделении лесозаготовительных районов необходимо понизить на 10 лет и будет составлять: сосна – 71 год, ель – 71 год, дуб – 91 год, береза – 51 год, ольха черная – 41 год, осина – 31 год. В результате лесотранспортную сеть будет строиться по периодам (1 – 5 лет, 2 – 10 лет) как в спелых, так и в приспевающих лесах (3 – 15 лет, 4 – 20 лет), которые в течение 10-ти лет перейдут в разряд спелых лесов. У каждого сегмента запроектированной лесной дороги будет указан период строительства (1, 2, 3 и т.д.), который соответствует периоду наступления спелости данного участка леса.

Разработанный метод прогнозирования расположения лесотранспортных путей на долгосрочную перспективу в эксплуатационных лесах позволяет размещать лесотранспортную сеть с учетом лесоводственно-таксационных характеристик насаждений, особенностей ведения лесного хозяйства, продолжительности цикла лесохозяйственного производства, распределения объемов работ по территории лесного фонда, многократного возвращения в одни и те же участки леса в течение длительного периода.

Литература

1. Лыщик П.А., Бавбель Е.И., Науменко А.И. Основные принципы развития сети лесных автомобильных дорог / П.А. Лыщик, Е.И. Бавбель, А.И. Науменко // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2020. № 1 (228). С. 125–130.
2. Бавбель Е.И., Лыщик П.А., Науменко А.И. Создание опорной сети лесных автомобильных дорог на основе ГИС-технологий / Е.И. Бавбель, П.А. Лыщик, А.И. Науменко // Лесозаготовительное производство: проблемы и решения. Материалы Международной научно-технической конференции. БГТУ. 2017. С. 140–144.
3. Лыщик П.А., Бавбель Е.И. Проблема развития транспортной инфраструктуры лесопользователей / П.А. Лыщик, Е.И. Бавбель // Труды БГТУ. №2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2011. № 2. С. 62–64.
4. Петько А.Р., Бавбель Е.И. Клотоидное трассирование лесной автомобильной дороги / А.Р. Петько, Е.И. Бавбель // Студенческий журнал, ООО «Сибирская академическая книга», Новосибирск. 2019. № 30–2 (74). С. 46–48.
5. Бавбель Е.И., Лыщик П.А. Обоснование размещения лесотранспортных сетей / П.А. Лыщик, Е.И. Бавбель // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2009. № 4. С. 82–88.