

Принципы подхода к объемному календарному планированию при проведении лесотранспортных работ

А. В. Кузнецов, В. И. Скрыпник, А. М. Крупко

ПетрГУ, г. Петрозаводск

Вопросам совершенствования автомобильных и железнодорожных грузоперевозок уделяется серьезное внимание в различных регионах страны [2], [3], [6], [7] и др. Несмотря на это, проблемы повышения эффективности перемещения лесных грузов к настоящему времени не решены [1], [8]. Острота проблемы обусловлена тем, что в числе важнейших тенденций современного развития транспорта леса в России является непрерывное увеличение доли автомобильной вывозки леса и увеличение расстояния транспортировки леса автопоездами. Среднее расстояние вывозки с 1987 г. увеличилось более чем в 1,5 раза, растут объемы транспортировки леса автопоездами в сортиментах с лесосек или промежуточных складов непосредственно потребителям и на лесопромышленные склады. В 1980-х годах в СССР при ежегодном объеме заготовок и вывозки леса до 380 млн. м³ проектировалось и строилось ежегодно 6-7 тыс. км лесовозных дорог круглогодичного действия. С начала 1990-х годов до настоящего времени строительству дорог не уделялось должного внимания. В результате концентрации заготовок у имеющихся дорог круглогодичного действия объемы лесфонда, доступного к освоению, уменьшились.

При этом разнообразие типов и марок автопоездов и условия их эксплуатации делает актуальными многовариантные задачи обоснования и выбора рациональных эксплуатационных параметров лесовозов для конкретных автодорог лесозаготовительных предприятий, в том числе прогнозирование эффективности применения типов автопоездов, определение рациональной рейсовой нагрузки, норм выработки, а также технико-экономических показателей их работы [1], [4].

Исходя из вышеизложенного, вопросы эффективной эксплуатации лесовозного транспорта, качественного проектирования, строительства и содержания лесовозных дорог, выбора оптимального типа автопоездов и схем вывозки для конкретного лесозаготовительного предприятия с учетом природно-производственных условий приобретают все большее значение.

Для решения задач, связанных с эксплуатацией лесовозного автотранспорта, выведены зависимости и разработаны математические модели, позволяющие учесть большее количество факторов, влияющих на показатели движения лесовозных автопоездов, чем традиционные методы расчета, в частности, изменение тягового усилия и основного сопротивления движению (сопротивления качению) с изменением скорости движения, наличия инерционных сил, непрерывного изменения сопротивления движению от уклона на вертикальных кривых, сопротивление движению от кривой в плане, сопротивление движению от воздушной среды, а также все факторы, учитываемые при традиционных методах расчета. Разработана также программа для расчета показателей движения автопоездов на ЭВМ [4], [8].

Для оценки точности расчета показателей движения, полноты учета факторов, влияющих на режимы и скорость движения лесовозных автопоездов, фактических (зарегистрированных) и расчетных, сходимости графиков скоростей и режимов движения лесовозных автопоездов, были проведены расчетно-экспериментальные исследования. Запись показателей движения производилась с использованием спутниковых радионавигационных систем, в частности системы GPS мониторинга автотранспорта и видеоаппаратуры. Протяжённость отдельных участков, уклоны, радиусы вертикальных и горизонтальных кривых, углы поворота трассы дорог, определялись по чертежам исполненного продольного профиля дорог [5], [6], [9].

Доказано, что исследуемый метод тяговых расчётов и определения показателей движения достаточно точен, обеспечивает хорошую корреляцию фактических и расчётных показателей движения и адекватность расчётов и

поэтому должен использоваться при проведении тяговых расчётов вместо недостаточно точного и неадекватного метода равновесных скоростей [9].

Разработанная программа вполне применима для определения показателей движения лесовозных автопоездов в конкретных условиях эксплуатации. Полученные показатели являются исходной информацией для решения различных многовариантных задач, связанных с оценкой эффективности работы управления лесотранспортом и календарного планирования.

Таким образом, разработанные и адаптированные на практике программы расчета показателей движения лесовозных автопоездов и система GPS (ГЛОНАСС) мониторинга, являются составными частями разрабатываемой автоматизированной системы управления и календарного планирования транспортом леса, содержания и развития транспортных сетей лесопромышленных предприятий вертикально интегрированных структур.

Выходные данные программы расчета показателей движения лесовозных автопоездов и системы мониторинга являются исходной информацией для модели по оптимизации парка машин лесозаготовительного предприятия, интегрированного в лесоперерабатывающий холдинг. В частности, рассмотрим задачу оптимизации парка машин лесозаготовительного предприятия, интегрированного в лесоперерабатывающий холдинг. Республика Карелия представляет собой лесопромышленный регион, в котором функционирует множество лесоперерабатывающих предприятий (далее будем называть их потребителями), получающих лесосырьё от различных лесозаготовительных предприятий (далее по тексту поставщики), каждое из которых характеризуется использованием лесосек (далее точек рубки). Продуктом потребления и производства ($k \in K$) является не один вид лесосырья, а множество, то есть задача является многопродуктовой.

В рассматриваемой модели транспортная сеть лесозаготовительных и лесоперерабатывающих предприятий соответствует графу $G = \langle V, E \rangle$, дугами E являются дороги различных категорий, а вершинами V – поставщики и потребители древесной продукции. Каждая дуга $u (u \in E)$ транспортной сети

характеризуется длиной δ_u , категорией $r(r \in R)$, стоимостью перевозки c_u и пропускной способностью d_u . На балансе у холдинга имеется парк машин различных марок $q(q \in Q)$, который осуществляет транспортировку лесосырья $k(k \in K)$ от лесозаготовительных предприятий к лесоперерабатывающим по маршруту $l(l \in L)$. Кроме того, имеется возможность покупать новые машины в рамках собственных средств предприятия H . Каждая машина характеризуется маркой $q(q \in Q)$, ценой s_q , грузоподъемностью p_q^r и количеством смен в рамках планируемого периода w_l^{qk} , отработанных транспортным средством $q(q \in Q)$ по маршруту $l(l \in L)$ для перевозки сырья $k(k \in K)$. Требуется найти объем рубки лесозаготовительным предприятием y_i^k для удовлетворения спроса лесоперерабатывающего предприятия β_j^k , объемы перевозки x_u^k лесосырья $k(k \in K)$ по дуге $u(u \in E)$, количество приобретаемых холдингом машин марки $q(q \in Q)$ при минимальных транспортно-производственных затратах.

Ограничениями данной задачи являются:

1. Количество смен, отработанных транспортным средством q по всем маршрутам l для перевозки всех видов лесосырья k не должно превышать общего количества смен машин марки q в течение периода планирования:

$$\sum_{k \in K} \sum_{l \in L} w_l^{qk} \leq F^q (\Psi_q + \omega_q), q \in Q; \text{ где } F^q - \text{ количество смен автомобиля в течение}$$

периода планирования; Ψ_q - количество машин, имеющих на балансе; ω_q - количество приобретаемых транспортных средств.

2. Объем перевозки по дуге $u, u \in E$ лесосырья $k, k \in K$ вычисляется как сумма по всем маршрутам $l, l \in L$, по всем маркам $q \in Q$ произведений числа рейсов по дуге u в маршруте l на грузоподъемность машины q и на количество смен, отработанных транспортным средством q по маршруту l для перевозки сырья k :

$$x_u^k = \sum_{q \in Q} \sum_{l \in L} A_{ul} p_q^r w_l^{qk}, u \in E, k \in K;$$

3. Количество приобретаемых транспортных средств не должно превышать собственные средства холдинга на планируемый период: $\sum_{q \in Q} s_q \omega_q \leq H$;

4. Неотрицательность переменных: $w_l^{qk} \geq 0, x_u^k \geq 0, \Psi \geq 0$;

5. Выход лесосырья: $\sum_{u \in E_i^+} x_u^k - \sum_{u \in E_i^-} x_u^k = \alpha_i^k y_i^k$ где α_i^k - доля продукции k в узле i .

Целевая функция, отражающая транспортно-производственные затраты:

$$\sum_{u \in E} \sum_{k \in K} c_u x_u^k + \sum_{l \in L} \sum_{g \in G} \gamma_g \sum_{q \in Q} \sum_{k \in K} B_{gq} w_l^{qk} + \sum_{q \in Q} s_q \omega_q \rightarrow \min$$

Рассмотренная задача решается с помощью модифицированного мультипликативного симплексного метода. Особенностью данного метода является построение блочной матрицы и дальнейшая работа с блоками, которые представляют определённый вид затрат.

Внедрение на предприятиях автоматизированной системы управления и календарного планирования транспортом леса, содержания и развития транспортных сетей позволит обеспечить оперативное управление вывозкой леса в режиме реального времени, определить оптимальный состав автопоездов и схем вывозки (одноступенчатая, двухступенчатая); определить производительность автопоездов и технико-экономические показатели их работы, объемы строительства, реконструкции и содержания лесовозных дорог, затраты на эти цели и т. д. Кроме того, при планировании обоснования лесовозного автопарка и закупки перспективных типов автопоездов, имеется возможность путем моделирования движения эксплуатирующихся и перспективных моделей автопоездов оценить эффективность применения последних и принять обоснованное решение их приобретения. Предварительные расчеты показывают, что экономический эффект от внедрения разработанной системы составит 2.0-2,2 млн. руб на 100 тыс. м³ вывезенного леса.

Литература

1. Вывозка леса автопоездами. Техника. Технология. Организация. / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, А. В. Кузнецов, А. В. Пладов; СПб: ПРОФИКС, 2008. – 304 с.
2. Добрынин Н. Ф. Роль реперной системы при строительстве и текущем содержании железных дорог / Н. Ф. Добрынин, А. А. Левицкий // Инженерный

вестник Дона. – 2012. – № 2.

3. Кузина Е. Л. Особенности влияния транспортных факторов на эколого-экономическую безопасность страны / Е. Л. Кузина // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 1.

4. Моделирование движения лесовозных автопоездов на ПЭВМ / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, А. В. Пладов, А. Н. Кочанов, В. А. Кузнецов. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2003. – 234 с.

5. Скрыпник В. И. Исследование эффективности применения различных типов автопоездов и схем вывозки леса с использованием методов моделирования движения на ПЭВМ / В. И. Скрыпник, А. В. Кузнецов // Известия С-ПбГЛТА. – 2008. – Вып. 185. – С. 93-100.

6. Шегельман И. Р. Анализ эффективности лесотранспортных машин с использованием спутниковых радионавигационных систем (СРНС) / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, А. В. Кузнецов. ISSN 1727-3749 // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2009. – № 3. – С. 112-115.

7. Шегельман И. Р. Ресурсный подход к развитию региональной сети лесовозных дорог / И. Р. Шегельман, П. О. Щукин, Р. А. Петухов // Перспективы науки. – 2011. – № 11(26). – С. 188-191.

8. Шегельман И. Р. Эффективная организация автомобильного транспорта леса: / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, А. В. Кузнецов. – Петрозаводск, Изд-во ПетрГУ, 2007. – 280 с.

9. Экспериментально-расчётные исследования движения лесовозных автопоездов / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, А. В. Кузнецов, А. В. Пладов. // Известия ВУЗов: Лесной журнал». – 2008. – № 4. – С. 39-44.