

Развитие лесовозной инфраструктуры путем использования продукции горнодобывающих предприятий

А. С. Васильев, А. М. Крупко, Н. С. Крупко

Петрозаводский государственный университет

Аннотация: Разработаны математические модели, оптимизирующие затраты на транспортировку лещадного щебня и отсева.

Ключевые слова: Лещадный щебень, отсев, математические модели, транспорт, оптимизация транспортных затрат.

Концептуальные основы совершенствования лесной инфраструктуры включают в себя, прежде всего, необходимость повышения эффективности освоения лесных ресурсов страны. Повышение эффективности освоения лесных ресурсов невозможно без совершенствования сети лесовозных дорог и инженерных сооружений лесовозной инфраструктуры.

На сегодняшний день надежное и эффективное функционирование лесной инфраструктуры, безусловно, влияет и на эффективность лесозаготовительных, лесотранспортных и лесоперерабатывающих предприятий и подразделений лесопромышленных холдингов [1-4].

Для развития лесовозной инфраструктуры возникает потребность в строящихся и восстанавливаемых объектах лесовозной инфраструктуры (сети лесовозных дорог, инженерных объектов). Одним из часто используемых материалов для строительства дорожной одежды является щебень, однако производство щебня характеризуется высокой энергоемкостью, низким выходом качественного щебня и, соответственно, колоссальными потерями твердых каменных материалов, которые дезинтегрируют для получения щебня [1-3].

Таким образом, математическое моделирование параметров энергоэффективного оборудования, необходимого для повышения качества кубовидного щебня, а также моделирование процессов доставки щебня от

карьером до потребителей продукции горнопромышленных предприятий должно стать основой при принятии стратегических решений по выбору места производства продукции предприятий горнопромышленного и лесопромышленного комплексов [4].

Конечной продукцией таких горнодобывающих предприятий является кубовидный щебень, который используется как для строительства и ремонта дорожной сети, так и для строительства зданий [2]. Однако, в технологическом процессе дезинтеграции горной породы образуются кроме кубовидного щебня еще и лещадный щебень, а также отсев.

Такие виды продукции горнодобывающих предприятий, как отсев и лещадный щебень не используются в строительстве зданий, дорог общего пользования, вследствие чего накапливаются на карьерах, занимая большие площади.

Таким образом, в сфере производства щебня для удовлетворения потребностей строящихся и восстанавливаемых объектов лесной инфраструктуры (лесовозных дорог, инженерных объектов) накопилось множество нерешенных задач.

Себестоимость отсева и лещадного щебня формируется в основном из затрат на доставку до потребителя. В связи с этим, возникает задача минимизации затрат на доставку сырья от места дезинтеграции щебня до конечного потребителя, способствующая снижению затрат на содержание и ремонт лесовозной инфраструктуры.

Учитывая существующую необходимость использования вышеуказанного сырья в строительстве определенного типа дорог лесовозной инфраструктуры, а также тот факт, что предприятия лесопромышленного и горнопромышленного комплексов зачастую территориально находятся на небольшом расстоянии друг от друга, можно

предположить, что затраты на ремонт таких дорог могут быть снижены путем использования отсева и лещадного щебня [5].

Задачу минимизации затрат на доставку лещадного щебня и отсева возможно переформулировать следующим образом: необходимо найти максимальное расстояние доставки сырья, при котором рентабельно использовать лещадный щебень и отсев вместо более дорогого кубовидного для ремонта или строительства лесовозной транспортной сети.

Постановка задачи выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} l_{\text{дост}} \rightarrow \max \\ \frac{Z_{\text{дост}} + Z_{\text{п.р.}}}{S_{\text{отс}}} \leq \frac{Z_{\text{щеб}}}{S_{\text{щеб}}} \end{cases} \quad (1)$$

где $l_{\text{дост}}$ – расстояние доставки отсева и лещадного щебня;

$Z_{\text{дост}}$ – затраты на доставку отсева;

$Z_{\text{п.р.}}$ – затраты на погрузочно-разгрузочные работы;

$Z_{\text{щеб}}$ – цена щебня на месте строительства или ремонта участка лесовозной транспортной сети;

$S_{\text{отс}}$ – площадь дефектности покрытия дорожного полотна, которое может быть восстановлено одной тонной отсева или лещадного щебня;

$S_{\text{щеб}}$ – площадь дефектности покрытия дорожного полотна, которое может быть восстановлено одной тонной кубовидного щебня.

Данная математическая модель находит максимальное расстояние от карьера, где происходит дезинтеграция горных пород, до проблемного участка лесовозной транспортной сети, по которой осуществляется вывозка биомассы древесины, при котором рентабельно использовать отсев и лещадный щебень вместо кубовидного.

Множество расстояний доставки отсева $l_{\text{дост}}$ находится путем суммирования расстояний между местом дезинтеграции горной породы и участками дефектного дорожного покрытия, образуя замкнутые маршруты.

Для решения поставленной задачи необходимо сначала сформировать оптимальные замкнутые маршруты движения транспортных средств, доставляющих отсев и лещадный щебень от карьеров к проблемным участкам лесовозной транспортной сети, с помощью модифицированного симплекс-метода [6-10]. Данные маршруты будут формировать множество $l_{\text{дост}}$.

После нахождения оптимальных маршрутов необходимо сформировать множество затрат на погрузочно-разгрузочные работы $Z_{\text{п.р.}}$, а также затрат доставку $Z_{\text{дост}}$, которые зависят от множества $l_{\text{дост}}$.

В итоге формируется максимальное расстояние, при котором выгодно использовать отсев и лещадный щебень вместо кубовидного. Данная математическая модель способствует эффективному освоению как лесных, так и минеральных ресурсов.

Использование лещадного щебня и отсева выгодно не только лесозаготовительным лесотранспортным предприятием, но и предприятиям горнопромышленного комплекса, так как накопленный в больших объемах отсев и лещадный щебень занимает огромные площади.

Вышеизложенное свидетельствует об острой актуальности задачи развития магистралей и инженерных сооружений лесной инфраструктуры для повышения эффективности лесотранспортных операций.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-00327 мол_а.

Литература

1. Шегельман И.Р., Щукин П.О., Васильев А.С., Суханов Ю.В., Галактионов О.Н., Крупко А.М. Исследование процесса функционирования дробильных технологических систем / Интенсификация формирования и охраны интеллектуальной собственности Материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной 75-летию ПетрГУ. Петрозаводский государственный университет. 2015. С. 13.

2. Шегельман И.Р., Каменева Е.Е., Аминов В.Н. Некоторые результаты исследований процессов дезинтеграции прочных горных пород с целью снижения энергозатрат и выпуска дополнительной продукции / Приоритетные направления развития науки и образования. 2016. № 1 (8). С. 261-262.

3. Шегельман И.Р., Щукин П.О., Галактионов О.Н., Суханов Ю.В., Васильев А.С., Крупко А.М. К разработке имитационной модели процесса функционирования дробильных технологических систем / Инновации в промышленности и социальной сфере Материалы республиканской научно-практической конференции. Петрозаводский государственный университет. 2015. С. 16-17.

4. Шегельман И.Р., Скрыпник В.И., Кузнецов А.В., Лещевич А.С. Аналитические зависимости для определения рационального режима снижения скорости лесовозного автопоезда при дорожных ограничениях // Инженерный вестник Дона, 2014, No 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2577.

5. Шегельман И. Р. Методика исследования технического состояния лесотранспортной сети / И. Р. Шегельман, П. О. Щукин, А. М. Крупко // Наука и бизнес: пути развития. – 2012. – № 5(11). – С. 59-62

6. Кузнецов В. А. Задача оптимизации транспортно-производственных планов лесопромышленного предприятия / В. А. Кузнецов, А. М. Крупко // Наука и бизнес: пути развития. – 2011. – №5(6). – С. 48-52

7. Cordeau J-F., Laporte G., Mercier A. A unified tabu search heuristic for vehicle routing problems with time windows: Journal of the Operational Research Society (2001) 52, p. 930.

8. Garcia O. FOLPI, a forestry-oriented linear programming interpreter / O. Garcia // IUFRO Symposium on Forest Management Planning and Managerial Eco-nomics: Proceedings, University of Tokyo, 1984. – p. 298.

9. Крупко А. М. Совершенствование технологических процессов транспортного освоения лесных участков лесовозными автопоездами: дис. на соиск. учен. степ. кандидата техн. наук. – Архангельск, 2013. – с. 36.

10. Кузнецов А. В. Принципы подхода к объемному календарному планированию при проведении лесотранспортных работ // Инженерный вестник Дона, 2012, № 2. URL: ivdon.ru/magazine/latest/n2y2012/page/9/

References

1. Shegel'man I.R., Shchukin P.O., Vasil'ev A.S., Sukhanov Yu.V., Galaktionov O.N., Krupko A.M. Materialy respublikanskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchenoy 75-letiyu PetrGU. Petrozavodskiy gosudarstvennyy universitet. 2015. p. 13.

2. Shegel'man I.R., Kameneva E.E., Aminov V.N. Prioritetnye napravleniya razvitiya nauki i obrazovaniya. 2016. № 1 (8). pp. 261-262.

3. Shegel'man I.R., Shchukin P.O., Galaktionov O.N., Sukhanov Yu.V., Vasil'ev A.S., Krupko A.M. Materialy respublikanskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Petrozavodskiy gosudarstvennyy universitet. 2015. pp. 16-17.

4. Shegel'man I.R., Skrypnik V.I., Kuznetsov A.V., Leshchevich A.S. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, No 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2577.



5. Shegel'man I. R., Shchukin P. O., Krupko A. M. Nauka i biznes: puti razvitiya. 2012. № 5(11). pp. 59-62
6. Kuznetsov V. A., Krupko A. M. Nauka i biznes: puti razvitiya. 2011. №5 (6). pp. 48-52
7. Cordeau J-F., Laporte G., Mercier A. A. unified tabu search heuristic for vehicle routing problems with time windows: Journal of the Operational Research Society (2001) 52, p. 930.
8. Garcia O. FOLPI, a forestry-oriented linear programming interpreter. O. Garcia. IUFRO Symposium on Forest Management Planning and Managerial Economics: Proceedings, University of Tokyo, 1984. p. 298.
9. Krupko A. M. Sovershenstvovanie tekhnologicheskikh protsessov transportnogo osvoeniya lesnykh uchastkov lesovoznymi avtopoezdami [Improving the processes of development of the transport of forest areas forestry trains]: dis. na soisk. uchen. step. kandidata tekhn. nauk. Arkhangel'sk, 2013. p. 36.
10. Kuznetsov A. V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, № 2. URL: ivdon.ru/magazine/latest/n2y2012/page/9/