DOI: 10.12737/17407
УДК 630*848

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ЕДИНИЦЫ ЛЕСОВОЗНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

кандидат технических наук **В. Н. Макеев**
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация

Повышение эффективности транспортно-грузовых процессов промышленных производств лесного комплекса имеет громадное значение в производственной деятельности его предприятий и зависит от многих факторов. При этом наиболее значимым фактором является выбор типа эксплуатируемого лесовозного состава и грузоподъемность единицы его. В научной статье поставлена и успешно решается задача определения оптимальной грузоподъемности единицы лесовозного подвижного состава с учетом дальности транспортировки лесного груза и средней технической скорости движения транспортных средств на перевозке лесных грузов. Вместе с этим оптимальная грузоподъемность единицы лесовозного подвижного состава определяется из условия обеспечения минимальных затрат на транспортирование определенного вида лесного груза и эксплуатационной производительности лесовозного автопоезда (сортиментовоза). Выведена формула определения себестоимости перевозки одной тонны (1 м^3) лесного груза, которая была положена в основу для определения оптимальной грузоподъемности лесовозного автопоезда. Для большей наглядности того, как изменяется оптимальная грузоподъемность лесовозного автопоезда на вывозке древесины (сортиментов) от расстояния перевозки, способа выполнения погрузочно-разгрузочных операций и технической скорости движения на примере действующего лесопромышленного предприятия (Куликовского лесхоза) построена графическая зависимость.

Ключевые слова: оптимальная грузоподъемность, лесовозный подвижной состав, единица подвижного состава, транспортно-грузовой процесс, лесопромышленное предприятие, лесной комплекс, лесной груз, сортименты, время простоя

DETERMINING THE OPTIMAL LOAD CAPACITIES UNITS OF FORESTRY ROLLING STOCK

Ph.D. in Engineering **V. N. Makeev**
Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation

Abstract

Improving the efficiency of freight transport and industrial processes of forest complex is of great importance in the production activities of its business depends on many factors. The most important factor is the choice of the type operated by forestry staff and capacity of its units. In a scientific paper delivered and successfully solved the problem of determining the optimum load capacity of rolling stock unit fore-

stry given distance transportation of timber cargo and average technical speed of vehicles in the transportation of timber cargo. At the same time optimal load unit Forestry rolling stock is determined by the conditions at the lowest cost to transport certain types of timber cargo and operational performance logging train (short log). The formula determining the cost of transportation of one ton (1 m^3) timber cargo, which was the basis for the determination of the optimum load capacity of logging trucks. For greater clarity of how the optimal load on the logging train hauling timber (timber assortments) of the distance transportation, ways to perform loading and unloading operations and technical speed on the example of existing timber companies (Kulikovskii forestry) built a graph.

Keywords: optimum load capacity, Forestry rolling stock unit of rolling stock, transport and cargo process, forestry enterprise, timber industry, timber cargo, timber assortments, downtime

При определении оптимальных значений параметров транспортно-грузового процесса любого лесопромышленного предприятия в первую очередь следует принять, что повреждения и потери лесного груза (сортиментов) в процессе перевозок должны отсутствовать, а время простоя единиц подвижного состава лесовозного транспорта под погрузочно-разгрузочными операциями должно отвечать уровню организации погрузочно-разгрузочных работ конкретного предприятия и не должно превышать существующие нормативы.

Следовательно, задача определения оптимального транспортно-грузового процесса лесопромышленного предприятия сводится к установлению исходных оптимальных величин параметров определяющих его: грузопотока, грузоподъемности единицы подвижного состава, оптимальных значений средней технической скорости движения лесовозных автомобилей и расстояния между пунктами производства (лесосека, лесной склад) и потребления лесного груза (склад потребителя) [1, 2].

Грузоподъемность единицы лесовозного подвижного состава (автомобиля, автопоезда) является одним из основных параметров, влияющих на эффективность транспортно-грузового процесса лесопромышленного производства.

Любое лесопромышленное предприятие из-за выполнения перевозок различных лесных грузов подвижным составом неоптимальной грузоподъёмности несёт существенные потери. Поэтому при определении потребной провозной возможности транспортно-грузового комплекса лесопромышленного предприятия в первую очередь необходимо определить оптимальную грузоподъёмность единицы подвижного состава, выполняющей перевозку определённого лесного груза [3, 4].

Основными критериями при выборе наиболее оптимального типа лесовозного подвижного состава считалось и считается наивысшая производительность его и минимальная себестоимость перевозки единицы лесного груза (1 $м^3$). При решении этой задачи сравниваются производительность и себестоимость перевозок лесных грузов определённого вида различным типом подвижного состава, выполняющим заданный объём лесотранспортной работы в определённых эксплуатационных условиях лесопромышленного предприятия [5, 6, 7, 8, 9].

При проектировании оптимального

транспортно-грузового процесса для конкретного вида перевозок (вывозка древесины хлыстами, вывозка древесины сортиментами) следует подбирать тип подвижного состава (автопоезд, автомобиль-сортиментовоз), грузоподъёмность которого наибольшая в конкретных условиях лесопромышленного предприятия, ограниченная партионностью отправления или получения лесного груза, с предельно допустимыми основными нагрузками на лесовозных дорогах и дорогах общего пользования.

Оптимальная грузоподъёмность единицы лесовозного подвижного состава определяется из условия обеспечения минимальных затрат на транспортирование того или иного вида лесного груза. В этом случае себестоимость работы, например, лесовозного автопоезда за один час без учёта себестоимости погрузочно-разгрузочных работ определяется по выражению:

$$C_a = C_{пер} + C_{пос}, \qquad (1)$$

где C_a – себестоимость производства транспортной работы лесовозным автопоездом за один час;

$C_{пер}$ – переменные расходы, которые, в свою очередь, определяются по формуле:

$$C_{пер} = \frac{1}{\beta_n} \cdot q_a \cdot L_{тр} \cdot N_e \cdot C'_{пер}, \qquad (2)$$

где β_n – коэффициент использования пробега;

q_a – грузоподъёмность автопоезда, т ($м^3$);

$L_{тр}$ – расстояние одной ездки автопоезда, км;

N_e – число ездок автопоезда с лесным грузом за один час его работы;

$C'_{пер}$ – переменные расходы, приходящиеся на 1 км пробега одной тонны или одного $м^3$ грузоподъёмности автопоезда, р/км·т, р/км· $м^3$;

$C_{пос}$ – постоянные расходы, которые определяются по формуле:

$$C_{пос} = \frac{1}{\beta_n} \cdot L_{тр} \cdot N_e \cdot C'_{пос}, \qquad (3)$$

где $C'_{пос}$ – расходы приходящиеся на один км пробега лесовозного автопоезда, р/км.

Себестоимость перевозки одной тонны (одного $м^3$) лесного груза определяется как:

$$C_n = \frac{C_{пер} + C_{пос}}{П_a}, \qquad (4)$$

где $П_a$ – производительность лесовозного автопоезда, т/ч, $м^3$/ч.

Принимая во внимание, что с изменением грузоподъёмности автопоезда изменяется время простоя его под погрузочно-разгрузочными операциями (лесосека, лесной склад или склад потребителя), которое может быть принято [2]:

$$t_{пр} = t' + t'' \cdot q_a, \qquad (5)$$

где t' – постоянная величина, составляющая нормативное время простоя под погрузочно-разгрузочными операциями, зависящее от типа погрузочного и разгрузочного механизма (машины), ч;

t'' – время простоя под погрузочно-разгрузочными операциями, приходящиеся на одну тонну или 1 $м^3$ грузоподъемности автопоезда, ч/т, ч/ $м^3$.

При этом производительность лесовозного автопоезда будет определяться по формуле:

$$П_a = \frac{q_a \cdot \gamma \cdot \beta \cdot V_T}{L_{тр} + \beta \cdot V_T \cdot (t' + t'' \cdot q_a)}, \qquad (6)$$

где γ – коэффициент использования грузоподъемности единицы подвижного состава;

β – коэффициент использования пробега.

Тогда себестоимость перевозки одной

тонны (одного м^3) лесного груза будет:

$$C_n = \frac{\frac{1}{\beta_n} \cdot L_{тр} \cdot N_e \cdot (q_a \cdot C'_{пер} \cdot C'_n) \cdot [L_{тр} + \beta \cdot V_T \cdot (t' + t'' \cdot q_a)]}{q_a \cdot \gamma \cdot \beta \cdot V_T}, \quad (7)$$

Если взять первую производную от себестоимости перевозки лесного груза (C_n) и приравнять её к нулю, получим формулу для определения оптимальной грузоподъёмности автопоезда, обеспечивающую минимальную себестоимость перевозок лесных грузов, которая выглядит так:

$$q_{a.опт} = \sqrt{\frac{(L_{тр} + \beta \cdot V_T \cdot t') \cdot C'_{пос}}{\beta \cdot V_T \cdot t'' \cdot C'_{пер}}}, \quad (8)$$

Полученное выражение показывает, что оптимальная грузоподъёмность лесовозного автопоезда зависит от расстояния перевозки лесных грузов, способа выполнения (типа машины-механизма) погрузочно-разгрузочных работ и технической скорости движения автопоезда по трассе.

Для большей наглядности того, как изменяется оптимальная грузоподъёмность лесовозного автопоезда на вывозке древесины в зависимости от расстояния перевозки лесного груза, способа выполнения погрузочно-разгрузочных операций и технической скорости движения, рассмотрим конкретный пример, в котором подвергалось исследованию в 2014 году работа лесовозного автопоезда сортиментовоза ЛТ-25 в Куликовском лесхозе Липецкого управления лесами. При этом рассматривались два различных варианта по расстоянию перевозок: 1ый вариант – вывозка сортиментов с лесосеки на лесной склад предприятия – 12,5 км; 2ой вариант – вывозка сортиментов с лесосеки на склад потребителя (лесопильный цех в г. Усмани) – 32,5 км [2].

На основе полученных хронометражных данных (наблюдение велось в течение 30 рабочих дней в июле и августе 2014 г), принятых расстояний перевозки сортиментов (дальность ездки) и коэффициента использования грузоподъёмности автопоезда ЛТ-25 в Куликовском лесхозе соответственно 1,0-0,5 были построены графические зависимости изменения оптимальной грузоподъёмности автопоезда от расстояния перевозки лесного груза (длины ездки) и его технической скорости движения, которые представлены на приведённом рисунке [10].

Как видно из представленной графической зависимости (см. рисунок), увеличение длины ездки с грузом приводит к увеличению значения оптимальной грузоподъёмности автопоезда ЛТ-25, а увеличение скорости движения его ведёт к снижению величины оптимальной грузоподъёмности. Так увеличение скорости движения лесовозного автопоезда в три раза (с 10 до 30 км/ч), снижает значение оптимальной грузоподъёмности в 2,1 раза.

В условиях полной механизации погрузочно-разгрузочных работ необходимо, чтобы рассчитанная оптимальная грузоподъёмность лесовозных автопоездов была кратна единице партии перевозимого груза.

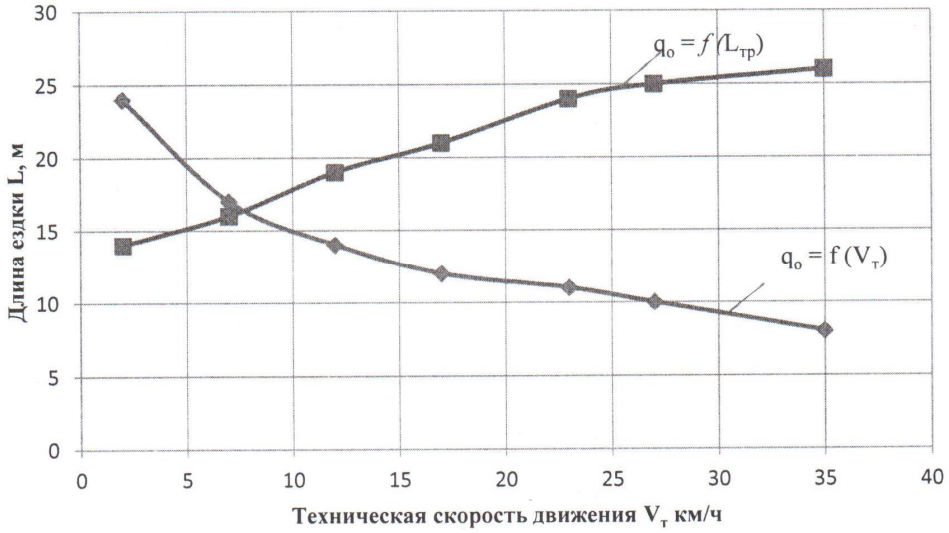

Рисунок. Зависимость рациональной грузоподъёмности автопоезда ЛТ-25 от длины ездки с грузом и технической скорости движения

Библиографический список

1. Макеев, В.Н. Определение технической скорости движения лесовозных автопоездов [Текст] / В.Н. Макеев, Н.Н. Дымова, Д.В. Долматов // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 3 (3). – С. 81-83.

2. Макеев, В.Н. Влияние продолжительности простоя на производительность подвижного состава [Текст] / В.Н. Макеев, С.И. Сушков, М.С. Солопанов, И.Е. Шевцова, А.С. Сушков // Лесотехнический журнал. – 2013. – № 1 (9). – С. 92-97.

3. Бронштейн, Л.А. Организация, планирование и управление в автотранспортных предприятиях [Текст] / Л.А. Бронштейн. – М.: Высшая школа, 1973. – 96 с.

4. Пясецкий, С. Оптимизация перевозочного процесса [Текст] / перевод с польского языка С. Пясецкий. – М.: Транспорт, 1979. – 175 с.

5. Armstrong, G.W. A forest planning simulation model: Integration of transportation and silvicultural decisions [Text] / G.W. Armstrong // University of Alberta (Canada), ProQuest Dissertations Publishing, 1990.

6. Thompson, M.P. Contemporary forest road management with economic and environmental objectives [Text] / M.P. Thompson // Oregon State University, ProQuest Dissertations Publishing, 2009.

7. Karjalainen, T. Greenhouse gas emissions from the use of primary energy in forest operations and long-distance transportation of timber in Finland [Text] / Timo Karjalainen and Antti Asikainen // Journal of Forestry. – 1996. – Vol. 69. – Issue 3. – pp. 215-228.

8. Garbrecht, D. Beschreibung von Fubgangerund Kiz-Reisen duzch Transitions-matrizen. Jn. [Text] / D. Garbrecht // Traffic Quaterly, 1973. – pp. 89-109.

9. Richter, K.-J. Methoden zur Optimierung. Band: Lineare Optimierung [Text] / K.-J. Richter. // 5 Auflage. VEB Fachbuchwerlag, Leipzig, 1975.

10. Рихтер, К.Ю. Статистические методы в транспортных исследованиях [Текст] / перевод с немецкого языка К.Ю. Рихтер, П. Фишер, Г. Шнейдер. – М.: Транспорт, 1982. – 304 с.

References

1. Makeev V.N., Dimov N.N., Dolmatov D.V. *Opredelenie tehnicheskoj skorosti dvizhenija lesovoznyh avtopoezdov* [Definition of the technical speed of logging trucks]. *Lesotekhnicheskii zhurnal,* 2011, no. 3 (3), pp. 81-83. (In Russian).

2. Makeev V.N., Sushkov S.I., Solopanov M.S., Shevtsova I.E., Sushkov A.S. *Vlijanie prodolzhitel'nosti prostoja na proizvoditel'nost' podvizhnogo sostava* [Effect of downtime on productivity mobility of the Whole]. *Lesotekhnicheskii zhurnal,* 2013, no. 1 (9), pp. 92-97. (In Russian).

3. Bronstein L.A. *Organizacija, planirovanie i upravlenie v avtotransportnyh predprijatijah* [Organization, planning and management of transport companies]. Moscow, 1973, 96 p. (In Russian).

4. Piasecki S. *Optimizacija perevozochnogo processa* [Optimization of the transportation process]. translated from Polish S. Piasecki. Moscow, 1979, 175 p. (In Russian).

5. Armstrong G.W. A forest planning simulation model: Integration of transportation and silvicultural decisions. University of Alberta (Canada), ProQuest Dissertations Publishing, 1990.

6. Thompson M.P. Contemporary forest road management with economic and environmental objectives. Oregon State University, ProQuest Dissertations Publishing, 2009.

7. Karjalainen T., Antti Asikainen Greenhouse gas emissions from the use of primary energy in forest operations and long-distance transportation of timber in Finland. Journal of Forestry, 1996, Vol. 69, Issue 3, pp. 215-228.

8. Garbrecht D. Beschreibung von Fubgangerund Kiz-Reisen duzch Transitions-matrizen. Jn. Traffic Quaterly, 1973, pp. 89-109.

9. Richter K.-J. Methoden zur Optimierung. Band: Lineare Optimierung. 5 Auflage. VEB Fachbuchwerlag, Leipzig, 1975.

10. Richter K.Y., Fisher P., Schneider G. *Statisticheskie metody v transportnyh issledovanijah* [Statistical methods in transport studies]. translated with the German K.Y. Richter. Moscow, 1982, 304 p. (In Russian).

Сведения об авторе

Макеев Виктор Николаевич – профессор кафедры промышленного транспорта, строительства и геодезии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: vgltu@vgltu.vrn.ru.

Information about author

Makeev Viktor Nikolaevich – Professor of Industrial Transport, Construction and Geodesy, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Ph.D. in Engineering, Voronezh, Russian Federation; e-mail: vgltu@vgltu.vrn.ru.