

## ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА РЕСУРСОПОТРЕБЛЕНИЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Логачев В. Н.

*ФГБОУ ВПО Воронежская государственная лесотехническая академия (394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8) [rivelenasoul@mail.ru](mailto:rivelenasoul@mail.ru)*

Для обоснования расхода материальных расходов на новые, не учтенные действующими нормами материалы и технологии используется многофакторный регрессионный анализ. Такой подход позволяет достаточно точно, с минимальными трудозатратами, определить удельный расход перспективных материалов, до момента ввода в действие новых норм расхода. Потребность в строительных материалах и полуфабрикатах дифференцирована по каждому виду работ на основе: расчёта расхода материалов на измеритель строительной продукции по формулам; объёмов дорожных конструкций по геометрическим размерам в рабочих карточках проекта. Установлено, что потребность транспортного процесса в энергоносителях зависит от средней скорости автомобиля, его грузоподъёмности, дальности перевозки груза, сложности плана и продольного профиля дорог, природно-климатических условий в период выполнения перевозочных работ. Выявлена общая потребность в топливе при выполнении дорожно-строительных работ, которая определяется составом дорожно-строительного отряда, производительностью и уровнем загрузки машин и механизмов, продолжительностью строительства.

Ключевые слова: лесная автомобильная дорога, строительные материалы, полуфабрикаты, энергоносители, дорожно-строительные работы.

## THE INFLUENCE FACTORS ON RESOURCE USE IN THE CONSTRUCTION OF FOREST ROADS

Logachev V. N.

*Voronezh State Academy of Forestry Engineering and Technologies (394087, Voronezh, street Timiryazeva, 8) [rivelenasoul@mail.ru](mailto:rivelenasoul@mail.ru)*

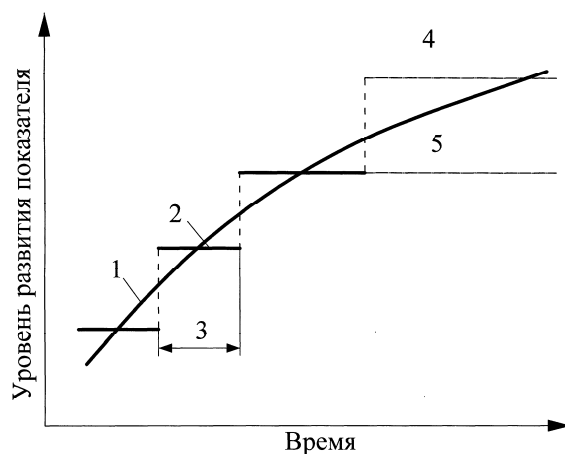
To justify the expense of operating expenses associated with new ones, the regulations were not included materials and technologies used multivariate regression analysis. This approach allows a rather accurate, with minimal effort, to identify the specific consumption of advanced materials, until the introduction of new consumption rates. The demand for building materials and semi-finished products differentiated for each activity on the basis of: calculating material consumption meter of construction products according to the formulas, the volume of road construction on the geometrical dimensions of the cards in the working of the project. It is established that the demand for energy in the transport process depends on the average speed of the car, its carrying capacity, range, cargo transportation, the complexity of the plan and longitudinal profile of roads, climatic conditions during the execution of transport operations. A general demand for fuel in carrying out road construction work, which is determined by the composition of road-building group, performance, and utilization rates of machines and mechanisms, the duration of construction.

Keywords: forest road, building materials, semi-finished products, energy, road construction work.

**Введение.** При планировании снабжения материальными ресурсами крупных строительных объектов в 70-е годы прошлого столетия разработаны отраслевые нормы расхода материалов на 1 млн руб. сметной стоимости строительно-монтажных работ, использование которых в современных условиях не имеет смысла, так как сметная стоимость строительства определяется ресурсным методом в текущих ценах. Кроме этого строительные нормы разработаны на основе устаревших технологий, которые не учитывают современные тенденции в применении ресурсосберегающих способов производства работ.

При совершенствовании дорожно-строительных процессов намечается тенденция сокращения различных видов отходов и потерь в строительстве. Например, использование широко-

захватных асфальтоукладчиков со следящей системой позволяет снизить расход асфальтобетонной смеси за счёт повышения ровности кромки и поверхности слоя покрытия, а также сокращение стыков смежных полос. Интенсивное внедрение новых перспективных ресурсосберегающих технологий и строительно-дорожной техники (Caterpillar, Sakai, Niigata, Komatsu, Wirtgen и т.д.) требует совершенствования системы технического нормирования в строительстве. Производственные нормы расхода должны быть технически прогрессивными. Система технического нормирования должна материально стимулировать творческую работу по совершенствованию производственных процессов и перевыполнению норм (рисунок 1). Фирмы должны также своевременно учитывать процесс совершенствования технологических процессов. Представим себе все изменения уровня развития того или иного производственного показателя, отражаемого нормами в виде плавной кривой (рисунок 1).



1 – фактический рост показателя; 2 – реальное отражение его нормой; 3 – период эффективного действия нормы; 4 – неоправданное завышение нормы; 5 – неоправданное занижение нормы, вызванное запаздыванием его пересмотра.

Рисунок 1. Отражение техническими нормами уровня развития производственного процесса

Процесс соблюдения технических норм, отражающих этот показатель, можно представить в виде ступенчатой линии, каждый горизонтальный участок характеризует нормативный уровень этого показателя в течение определенного периода времени между пересмотрами этих норм. Сроки пересмотра норм и продолжительность их действия должны определяться реальными изменениями отражаемых ими производственных показателей, и нормы не должны чрезмерно опережать уровень развития показателей или отставать от него. Учитывая, что действующие нормы не в полной мере отражают современный динамичный рынок дорожно-строительных технологий, назрела необходимость совершенствования методики производственного нормирования материальных ресурсов, особенно в период времени между пересмотрами норм (рисунок 1). Общая потребность в полуфабрикатах при ремонте и усилении дорожной одежды нежесткого типа определяется расходом материала на необходимость

ямочного ремонта, укладку выравнивающего слоя и устройство основания.

Ямочный ремонт выполняется, как правило, с использованием различных пропорций асфальтобетонной смеси и черного щебня. Удельный расход полуфабриката  $Q_{a/\delta}$  определяется площадью ремонтируемого покрытия  $F$ , при толщине покрытия 50 мм, рассчитывается по формуле

$$Q_{a/\delta} = 0,08F. \quad (1)$$

Устройство выравнивающего слоя производится с целью ликвидации поперечного уклона проезжей части [1-3]. Статистическая обработка результатов диагностики и проектной документации на ремонт проезжей части 86-ти участков автомобильных дорог Республики Коми позволили установить зависимость удельного расхода крупнозернистой асфальтобетонной смеси  $Q_{a/\delta}$  от показаний толчкомера  $S$

$$Q_{a/\delta} = 0,301S + 0,1145. \quad (2)$$

При расчёте зависимости расхода материала от ровности покрытия наблюдается высокий коэффициент корреляции 0,97.

Анализ проектных решений ремонта автомобильных дорог Республики Коми позволил установить зависимость удельного расхода асфальтобетона при усилении дорожного покрытия от коэффициента прочности дорожной одежды  $K_{np}$

$$Q_{a/\delta} = 166,23e^{2,86K_{np}}. \quad (3)$$

Потребность в строительных материалах и полуфабрикатах дифференцировано по каждому виду работ на основе: расчёта расхода материалов на измеритель строительной продукции по формулам; объёмов дорожных конструкций по геометрическим размерам в рабочих карточках проекта.

Расчёт потребности в ресурсах по нормам расхода материалов

$$Q = \sum_{i=1}^N H_{T,i} \cdot V_i, \quad (4)$$

где  $H_{T,i}$  – норма расхода материала или полуфабриката на единицу  $i$ -й продукции;  $V_i$  – количество единиц строительной продукции  $i$ -й номенклатуры согласно проектной документации;  $N$  – количество видов строительных материалов и полуфабрикатов согласно номенклатуре.

Учитывая объём материалов, следует обращать внимание на их качество. Подсчитывая объёмы дорожных конструкций в рабочих чертежах, нужно учитывать расход материалов, вызываемый уплотнением песка, щебня, асфальто- и цементобетонов, других материалов и полуфабрикатов, а также коэффициенты потерь.

Расчёт потребности в строительных материалах по объёму  $Q_v$ ,  $m^3$  производится по формуле

$$Q_v = L \cdot B \cdot h \cdot k_y \cdot k_n \cdot k_{ey}, \quad (5)$$

где  $L$  – длина участка дороги, м;  $h, B$  – соответственно толщина и ширина конструктивного элемента дороги, м;  $k_y$  – коэффициент уплотнения, изменяется в пределах 1,05–1,45;  $k_n$  – коэффициент производственных затрат;  $k_{ey}$  – коэффициент естественной убыли материала.

Потребность строительных материалов по массе  $Q_T$  определяется

$$Q_T = L \cdot B \cdot h \cdot \gamma \cdot k_n \cdot k_{ey}, \quad (6)$$

где  $\gamma$  – объёмная масса материала или полуфабриката,  $=1,2-2,4$   $t/m^3$ .

В процессе транспортирования, перегрузки, хранения в ряде случаев имеют место производственные потери материалов. Потери сыпучих материалов (щебня, песка, гравия) происходят главным образом при транспортировании автомобилями с неисправными кузовами. Пылевидные материалы теряются (цемент, минеральный порошок) при перевозке обычными (не специальными) автомобилями. Экономия в расходовании материалов может быть достигнута также непосредственно в процессе производства работ. На практике дорожного строительства общая потребность объекта в материалах и полуфабрикатах представляет собой сумму расходов материалов, рассчитанных по удельным нормативам на единицу про-

дукции ( $\sum_{i=1}^N H_{T,i} \cdot V_i$ ), по объёму ( $\sum_{j=1}^J Q_{V,j}$ ) и по массе ( $\sum_{k=1}^K Q_{m,k}$ ) [4, 7, 9, 10]

$$Q = \sum_{i=1}^N H_{T,i} \cdot V + \sum_{j=1}^J Q_{V,j} + \sum_{k=1}^K Q_{m,k}, \quad (7)$$

где  $Q_{V,j}$  – расход материала или полуфабриката на единицу  $j$ -ой продукции, рассчитанный по объёму;  $Q_{m,k}$  – расход материала или полуфабриката на единицу  $k$ -ой продукции, рассчитанный по массе.

Наряду с материалами или полуфабрикатами, энергоносители (топливо) интенсивно используются в технологических процессах. В отличие от материалов и полуфабрикатов, оперативное управление поставками топлива определяет стоимость выполнения дорожно-строительных работ на объекте в целом. Общая потребность в энергоресурсах, необходимая для производства дорожно-строительных работ, зависит от состава парка машин, их конструктивных особенностей, природно-климатических условий, технологии и организации строительства.

Общий расход энергоресурсов на выполнение дорожно-строительных работ складывается из

расхода топлива на перевозку материалов и полуфабрикатов автотранспортом  $Q_{ат}$ , производство полуфабрикатов на асфальтобетонных или бетонных заводах  $Q_з$ , дорожно-строительными материалами непосредственно на месте производства работ  $Q_м$

$$Q_э = Q_{ат} + Q_з + Q_м. \quad (8)$$

Интенсивность потребления топлива автотранспортом в сутки

$$Q_{ат}^c = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{N_T} Q_{hj} \cdot t_{ji}, \text{ л/сут} \quad (9)$$

где  $M$  – количество марок автомобилей, участвующих в транспортной фазе;  $N_T$  – количество автосамосвалов  $j$ -й марки в  $i$ -ом перевозочном процессе;  $t_{ji}$  – продолжительность работы автомобиля  $j$ -марки на строительном объекте в течение суток, час;  $Q_{hj}$  – нормативный расход  $i$ -го автомобиля  $j$ -марки.

Общая потребность в топливе перевозочного процесса  $Q_{ат}$  определяется составом транспортного звена и общей продолжительностью перевозочного процесса

$$Q_{ат} = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{N_T} Q_{hj} \cdot T_{ji}, \quad (10)$$

где  $T_{ji}$  – общая продолжительность работы автомобиля  $j$ -й марки на строительном объекте, ч. Нормативный расход топлива для автопоездов рассчитывается согласно [5,6]

$$Q_H = 0,01H_{авт}L(1 + 0,01D) + H_z \cdot Z, \quad (11)$$

где  $L$  – суточный пробег автомобиля, км;  $H_{авт}$  – норма расхода топлива автомобиля-самосвала или самосвального автопоезда, л/100 км;  $H_z$  – норма расхода топлива на каждую поездку с грузом автомобиля-самосвала, автопоезда, для автосамосвалов равна 0,25 л;  $Z$  – количество поездок с грузом за смену;  $D$  – поправочный коэффициент к норме в процентах, зависящий от состояния дорог и климатических условий в период перевозочного процесса

$$H_{авт} = H_S + H_w (G_{np} + 0,5q),$$

где  $H_S$  – транспортная норма с учётом транспортной работы (с коэффициентом загрузки 0,5), л/100 т·км;  $H_w$  – норма расхода топлива на транспортную работу автомобиля-самосвала (если при расчёте не учтен коэффициент 0,5) и на дополнительную массу самосвального прицепа или прицепа, л/100 т·км;  $G_{np}$  – собственная масса самосвального прицепа, полуприцепа, т;  $q$  – грузоподъемность прицепа, полуприцепа (0,5 $q$  – с коэффициентом загрузки 0,5), т.

Суточный пробег зависит от продолжительности работы автосамосвала в течение суток  $T$ , расстояния перевозки груза  $l_{cp}$ , продолжительности одного цикла

$$L = \frac{1,70 \cdot T \cdot l_{cp}}{t_{ц}}. \quad (12)$$

Продолжительность цикла работы транспортной единицы  $t_{ц}$  определяется продолжительностью погрузки автосамосвала  $t_n$  средней скоростью движения транспорта с грузом и без груза  $V_{cp}$ , продолжительностью разгрузки  $t_p$  и временем на маневрирование машины  $t_m$

$$t_{ц} = t_n + (2l_{cp} / V_{cp}) + t_p + t_m, \quad (13)$$

Формула (7) преобразуется к виду

$$Q_n = \frac{0,017 \cdot H_s \cdot T \cdot l_{cp} (1 + 0,01D) + 0,25Z}{t_n + (2l_{cp} / V_{cp}) + t_p + t_m}, \text{ л/смену} \quad (14)$$

Анализ работ [3-5] показывает, что время простоев автосамосвалов под погрузкой, разгрузкой зависит от грузоподъёмности автосамосвала, вида перевозимого материала. Количество поездок с грузом за рабочую смену одного автомобиля

$$Z = \frac{0,85T}{t_{ц}}. \quad (15)$$

Расстояние перевозки грузов определяется по транспортной схеме перевозки материалов и полуфабрикатов на строительный объект. Средняя скорость автосамосвала в значительной степени зависит от состояния дорожной сети и уровня её загрузки автотранспортом.

Анализ формулы (14) показывает, что расход топлива в значительной степени зависит от средней скорости автосамосвала, его грузоподъёмности, сложности плана и продольного профиля дорог, погодно-климатических условий в период выполнения перевозочного процесса. Расчёты расхода топлива наиболее распространённого автосамосвала КамАЗ-55111 показали, что на дорогах с твёрдым покрытием при средней дальности перевозки материалов расход топлива изменяется от 38,6 до 79,2 л/смену. По дорогам в пересеченной местности расход топлива изменяется на 27–29 %.

Удельный расход топлива автомобиля  $Q_H$ , л/смену, можно найти по уравнению

$$Q_H = a \ln(L) + b, \quad (16)$$

где  $a$  и  $b$  – коэффициенты уравнения, определяются в зависимости от условий перевозки грузов и марки автомобиля.

Расчёт норм расхода топлива дорожно-строительными машинами может быть выполнен расчётно-аналитическим методом с учётом конструктивных особенностей машин, технологии и

организации выполнения строительных машин.

Основной составляющей расхода топлива является расход в единицу времени при номинальной мощности двигателя с учётом нормативного коэффициента  $K$ , учитывающего особенности загрузки машин в период производства работ.

Индивидуальная норма расхода топлива на единицу рабочего времени определяется по формуле

$$H_T = g_e N_e K K_T 10^{-3}, \quad (17)$$

где  $H_T$  – удельный расход топлива при номинальной мощности двигателя, г/кВт·ч (принимают согласно данным эксплуатационных документов на двигатель);  $N_e$  – номинальная мощность двигателя машины, согласно данным эксплуатационных документов машины;  $10^{-3}$  – переводной коэффициент;  $K_T$  – коэффициент нормы расхода топлива в л/маш/ч (1,21 для дизелей, 1,35 для бензиновых). Значение интегрального коэффициента получаем

$$K = K_{T3} \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{TM} \cdot K_I, \quad (18)$$

где  $K_{T3}$  – коэффициент, учитывающий расход топлива на запуск и нагревание двигателя, а также ежемесячное техническое обслуживание=1,03;  $K_B$  – коэффициент использования двигателя по времени (при отсутствии фактических значений, выполненных в реальных условиях эксплуатации, принимается по [3]);  $K_M$  – коэффициент использования мощности двигателя;  $K_{TM}$  – коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива в зависимости от степени использования мощности двигателя;  $K_I$  – коэффициент, учитывающий износ двигателя.

Общая потребность в топливе для работы дорожно-строительных машин определяется составом дорожно-строительного потока и общей продолжительностью строительства

$$Q_c = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L H_{Tkl} \cdot T_{kl}, \quad (20)$$

где  $T_{kl}$  – общая продолжительность работы  $l$  машин  $k$ -й марки на строительном объекте, ч, может быть рассчитана по формуле

$$T_k = Q_k / \Pi_k, \quad (21)$$

где  $Q_k$  – объём работ для машин  $k$ -й марки;  $\Pi_k$  – эксплуатационная производительность  $l$  машин  $k$ -й марки, определяется организацией и технологией работ, природно-климатическими условиями и физико-механическими характеристиками обрабатываемого материала или полуфабриката.

**Вывод.** Рассмотренные методики расчёта потребности в материалах и энергоресурсах позволяют выполнить прогнозирование ресурсопотребления строительного объекта с учётом принятой организации и технологии работ, природно-климатических условий района строительства и физико-механических свойств материалов и полуфабрикатов.

### Список литературы

1. Информационные технологии для решения задач управления в условиях рационального лесопользования [Текст]: монография / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, Т. В. Скворцова, А. И. Вакулин, В. Н. Логачев. – Воронеж, 2011. – 127 с. – Деп. в ВИНТИ 26.09.2011, №420-2011.
2. Кондрашова Е. В. Определение эффективности транспортной работы лесовозной автомобильной дороги [Текст] / Е. В. Кондрашова // Бюллетень транспортной информации (БТИ). Информационно-практический журнал. – № 9 (171), сентябрь, 2009. – С. 25-27.
3. Кондрашова Е. В. Повышение эффективности транспортной работы автомобильных дорог в лесном комплексе [Текст] / Е. В. Кондрашова, А. М. Волков. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. университета, 2010. – 232 с.
4. Курьянов В. К. Повышение эффективности обследования автомобильных дорог в районах лесозаготовок [Текст] / В. К. Курьянов, Е. В. Кондрашова, Ю. В. Лобанов. – М.: Изд-во РАЕ, 2010. – 130 с.
5. Методы, модели и алгоритмы повышения транспортно-эксплуатационных качеств лесных автомобильных дорог в процессе проектирования, строительства и эксплуатации [Текст]: монография / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, Т. В. Скворцова, А. И. Вакулин, В. Н. Логачев. – М.: Изд-во ФЛИНТА: Наука, 2012. – 310 с.
6. Рябова О. В. Совершенствование методов оценки транспортно-экологических качеств автомобильных дорог [Текст] / О. В. Рябова, Е. В. Кондрашова, А. В. Скрыпников. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. универ., 2005. – 277 с.
7. Скрыпников А. В. К вопросу повышения безопасности движения на лесовозных автомобильных дорогах и дорогах общего пользования [Текст] / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, В. Ю. Губарев, А. Б. Киреев. – Москва: Изд-во ФЛИНТА: Наука, 2012. – 168 с.
8. Скрыпников А. В. Метод оптимизации планов ремонта участков лесных автомобильных дорог [Текст] / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, Т. В. Скворцова // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6; URL: [www.science-education.ru/100-5155](http://www.science-education.ru/100-5155).
9. Скрыпников А. В. Оптимизация межремонтных сроков лесовозных автомобильных дорог [Текст] / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, Т. В. Скворцова // Фундаментальные ис-



следования. – Москва, 2011. – № 8 (ч. 3). – С. 667-671.

10. Скрыпников А. В. Оценка транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог в системе автоматизированного проектирования (САПР АЛД) [Текст] / А. В. Скрыпников. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. лесотехн. акад., 2008. – 387 с.

**Рецензенты:**

Скрыпников А.В., д.т.н., профессор, профессор кафедры информационных технологий моделирования и управления ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж.

Кондрашова Е.В., д.т.н., профессор кафедры технического сервиса и технологии машиностроения ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж.