

УДК 630.383

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

**А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова,
В.Н. Логачев, А.И. Вакулин**

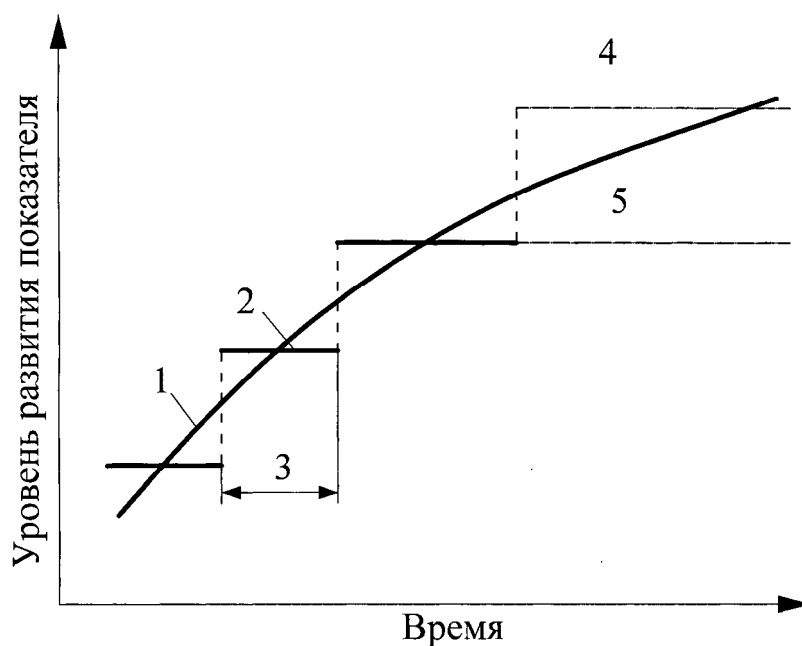
При планировании снабжения материальными ресурсами крупных строительных объектов в 70–е годы прошлого столетия разработаны отраслевые нормы расхода материалов на 1 млн. руб. сметной стоимости строительномонтажных работ, использование которых в современных условиях не имеет смысла, так как сметная стоимость 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 широкозахватных 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 строительной 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 2).

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 2).



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

К основным методам производственного нормирования материальных ресурсов относятся: аналитически-расчётный; опытно-производственный и вероятностно-статистический.

Для обоснования расхода ресурсов на новые, не учтённые действующими нормами материалы и технологии, возможно использование многофакторного регрессионного анализа. Такой подход позволяет точно, с минимальными трудозатратами, определить удельный вес перспективных материалов до момента ввода в действие новых производственных норм расхода ресурсов.

Выбор зависимостей удельного расхода основных материалов от конструктивных особенностей слоёв дорожной одежды выполнен на основе статистической обработки 48-х проектов строительства и ремонта автомобильных дорог Республики Коми. Корреляционно-регрессионный анализ позволил оценить влияния основных характеристик конструктивных слоев на расход материалов. Значимость влияния таких характеристик, как толщина конструктивного слоя h , объёмная масса γ и коэффициент уплотнения K_y . Приведенные ниже зависимости позволяют достаточно легко определить потребность в материалах для строительства конструкций дорожных одежд.

Устройство асфальтобетонного покрытия

1. асфальтобетонная смесь

$$Q_a = -17,31 + 2,4 \cdot h + 7,33 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2,$$

где h – толщина слоя, γ – объёмная масса смеси, 2,26–2,50г/см³;

2. подгрунтовка основания органическим вяжущим:

при использовании битума – 0,08 т/100 м²;

при использовании битумной эмульсии – 0,09 т/100 м²;

3. Устройство песчаного подстилающего слоя:

$$Q_n = 1,12 \cdot h + 0,62, \text{ м}^3/100 \text{ м}^2.$$

Синтетический материал для армирования грунтового основания

$$Q_{см} = 98,86 - 19,41 \cdot b + 3,31 \cdot B, \text{ м}^2/100 \text{ м}^2,$$

где b – толщина рулона, $b=1,40-2,50$ м; B – ширина армирования грунтового основания, м.

4. Устройство основания из щебня

4.1. из щебня фракцией 40–70 мм $Q_{щ} = 1,33 \cdot h + 2,52$, $\text{м}^3/100 \text{ м}^2$,

в том числе расклинивающая фракция 5–20 мм – $2,5 \text{ м}^3/100 \text{ м}^2$;

4.2. из щебня фракцией 70–120 мм: $Q_{щ} = 1,276 \cdot h + 3,019$, $\text{м}^3/100 \text{ м}^2$,

в том числе расклинивающая фракция 5–40 мм – $3 \text{ м}^3/100 \text{ м}^2$.

5. Устройство основания из шлака:

5.1. из щебня шлакового фракцией 40–70 мм:

$$Q_{щ} = 1,480 \cdot h + 18,111 \cdot K_y - 23,865, \text{ м}^3/100 \text{ м}^2,$$

в том числе расклинивающая фракция 5–20 мм – $2,5 \text{ м}^3/100 \text{ м}^2$;

5.2. из щебня шлакового фракцией 70–120 мм

$$Q_{щ} = 1,480 \cdot h + 18,111 \cdot K_y - 23,365, \text{ м}^3/100 \text{ м}^2,$$

в том числе расклинивающая фракция 5–40 мм – $3,0 \text{ м}^3/100 \text{ м}^2$,

где $K_y=1,4-1,5$.

Устройство основания из песчано-гравийной смеси

$$Q_{пгс} = 1,25 \cdot h + 19,33 \cdot K_y - 23,993, \text{ м}^3/100 \text{ м}^2,$$

где $K_y=1,25-1,3$.

6. Устройство основания из щебня или гравия методом смешения на дороге

6.1. при использовании щебня или гравия фракцией 0–40 мм

$$Q_{щ} = -17,25 + 2,09 \cdot h + 6,75 \cdot \gamma, \text{ т}/100 \text{ м}^2,$$

битум жидкий

$$Q_{б} = -0,944 + 0,116 \cdot h + 0,362 \cdot \gamma, \text{ т}/100 \text{ м}^2,$$

где $\gamma = 1,85-3,20 \text{ т}/\text{м}^3$;

6.2. при использовании щебня или гравия фракцией 0–20 мм

$$Q_{щ} = -17,883 + 2,212 \cdot h + 6,462 \cdot \gamma, \text{ т}/100 \text{ м}^2,$$

битум жидкий

$$Q_{\text{б}} = -1,211 + 0,151 \cdot h + 0,447 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2.$$

7. Устройство основания из щебня методом пропитки на дороге

7.1. методом полупропитки до 7 см

щебень Ф5(3) – 70 мм

$$Q_{\text{щ}} = 1,375 \cdot h - 0,245, \text{ м}^3/100 \text{ м}^2,$$

битум жидкий

$$Q_{\text{б}} = 0,11 \cdot h + 0,042, \text{ т/100 м}^2;$$

7.2. методом глубокой пропитки до 10 см

щебень Ф5(3) – 70 мм

$$Q_{\text{щ}} = 1,165 \cdot h + 0,98, \text{ м}^3/100 \text{ м}^2,$$

битум жидкий

$$Q_{\text{б}} = 0,11 \cdot h + 0,022, \text{ т/100 м}^2;$$

8. Устройство основания из грунта, укрепленное цементом

8.1. расход цемента

$$Q_{\text{ц}} = -2,283 + 0,254 \cdot \alpha + 0,156 \cdot h, \text{ т/100 м}^2;$$

где α – доля цемента в грунте ($\alpha = 6-12 \%$).

9. Укрепление обочин каменным материалом

9.1. при укреплении щебнем (гравием) или ПГС

$$Q_{\text{щ}} = -16,169 + 1,289 \cdot h + 12,769 \cdot K_{\text{г}}, \text{ м}^3/100 \text{ м}^2.$$

9.2. при укреплении шлаком

$$Q_{\text{щ}} = -16,271 + 1,457 \cdot h + 11,306 \cdot K_{\text{г}}, \text{ м}^3/100 \text{ м}^2.$$

10. Устройство покрытия из чёрного щебня фракцией 5–40 мм

10.1. чернощебенистая смесь фракцией 5–40 мм

$$Q_{\text{ч.щ.}} = -18,573 + 2,588 \cdot h + 7,239 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2,$$

где $\gamma = 2,46-2,66 \text{ т/м}^3$;

10.2. подгрунтовка основания битумом $0,08 \text{ т/100 м}^2$.

11. Устройство покрытия фракционированного черного щебня

11.1. общий расход черного щебня фракцией 5–40 мм

$$Q_{\text{ч.щ.}} = -13,549 + 2,086 \cdot h + 5,515 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2,$$

в том числе щебень черный фракцией 10–20 мм

$$Q_{\text{ч.щ.}} = -0,653 + 0,655 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2,$$

В том числе щебень черный фракцией 5–10 мм

$$Q_{\text{ч.щ.}} = -0,028 + 0,321 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2,$$

где $\gamma = 2,50\text{--}3,20 \text{ т/м}^3$;

11.2. подгрунтовка основания битумов $0,08 \text{ т/100 м}^2$.

12. Устройство покрытия из крупнозернистой асфальтобетонной смеси

12.1. общий расход щебня

$$Q_{\text{щ}} = -12,23 + 1,697 \cdot h + 5,180 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2,$$

в том числе

12.2. щебень фракцией 25–40 мм

$$Q_{\text{щ}} = -4,795 + 0,665 \cdot h + 2,030 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

12.3. щебень фракцией 15–20 мм

$$Q_{\text{щ}} = -3,479 + 0,482 \cdot h + 1,473 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

12.4. щебень фракцией 5–10 мм

$$Q_{\text{щ}} = -2,648 + 0,367 \cdot h + 1,121 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

12.5. щебень фракцией 3–5 мм

$$Q_{\text{щ}} = -1,315 + 0,182 \cdot h + 0,557 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

12.6. общий расход песка

$$Q_{\text{п}} = -3,63 + 0,504 \cdot h + 1,539 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

12.7. расход минерального порошка

$$Q_{\text{поо}} = -0,661 + 0,092 \cdot h + 0,279 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

12.8. общий расход битума с учётом подгрунтовки

$$Q_{\text{б}} = -0,714 + 0,110 \cdot h + 0,336 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

13. Устройство покрытия из мелкозернистой асфальтобетонной смеси

Общий расход щебня

$$Q_{\text{о}} = -8,799 + 1,219 \cdot h + 3,722 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

в том числе

13.1. щебень фракцией 5–10 мм

$$Q_{щ} = -6,837 + 0,948 \cdot h + 2,894 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

13.2. щебень фракцией 3–5 мм

$$Q_{щ} = -1,956 + 0,271 \cdot h + 0,828 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

13.3. общий расход песка

$$Q_{щ} = -5,851 + 0,811 \cdot h + 2,477 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

13.4. расход минерального порошка

$$Q_{пор} = -1,635 + 0,227 \cdot h + 0,692 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

13.5. общий расход битума с учётом подгрунтовки

$$Q_o = -0,979 + 0,1469 \cdot h + 0,448 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

где $\gamma = 2,26\text{--}2,50 \text{ т/м}^3$;

14. Устройство покрытия из горячего черного щебня изверженных пород

14.1. при использовании щебня фракцией 20(25)–40 мм

$$Q_{ч.щ.} = -17,593 + 2,588 \cdot h + 7,239 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2,$$

битум вязкий

$$Q_o = -0,488 + 0,079 \cdot h + 0,2215 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

14.2. при использовании щебня фракции 10(15)–20(25) мм

$$Q_{ч.щ.} = -17,603 + 2,588 \cdot h + 7,239 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2,$$

битум вязкий

$$Q_o = -0,678 + 0,106 \cdot h + 0,295 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

14.3. при использовании щебня фракцией 3(5)–10(15) мм

$$Q_{ч.щ.} = -17,608 + 2,588 \cdot h + 7,239 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2,$$

битум вязкий

$$Q_o = -0,773 + 0,119 \cdot h + 0,332 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

15. Устройство покрытия из горячего щебня осадочных пород

15.1. при использовании щебня фракцией 20(25)–40 мм

$$Q_{ч.щ.} = -17,603 + 2,588 \cdot h + 7,239 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2,$$

битум вязкий

$$Q_o = -0,2989 + 0,0528 \cdot h + 0,1477 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

15.2. при использовании щебня фракцией 10(15)–20(25) мм

$$Q_{\text{ч.щ.}} = -17,613 + 2,588 \cdot h + 7,239 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2,$$

битум вязкий

$$Q_o = -0,488 + 0,079 \cdot h + 0,222 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

15.3. при использовании щебня фракцией 3(5)–10(15) мм

$$Q_{\text{ч.щ.}} = -17,618 + 2,588 \cdot h + 7,239 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2,$$

битум вязкий

$$Q_o = -0,583 + 0,092 \cdot h + 0,258 \cdot \gamma, \text{ т/100 м}^2;$$

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 $Q_{a/б}$ определяется площадью ремонтируемого покрытия F , при толщине покрытия 50 мм, рассчитывается по формуле

$$Q_{a/б} = 0,08F, \text{ т/м}^2 \quad (1)$$

Устройство выравнивающего слоя производится с целью ликвидации поперечного уклона проезжей части [1]. 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 $Q_{a/б}$ от показаний толчкомера S

$$Q_{a/б} = 0,301S + 0,1145, \text{ т/км} \quad (2)$$

При расчёте зависимости расхода материала от ровности покрытия наблюдается высокий коэффициент корреляции 0,97 (рисунок 2).

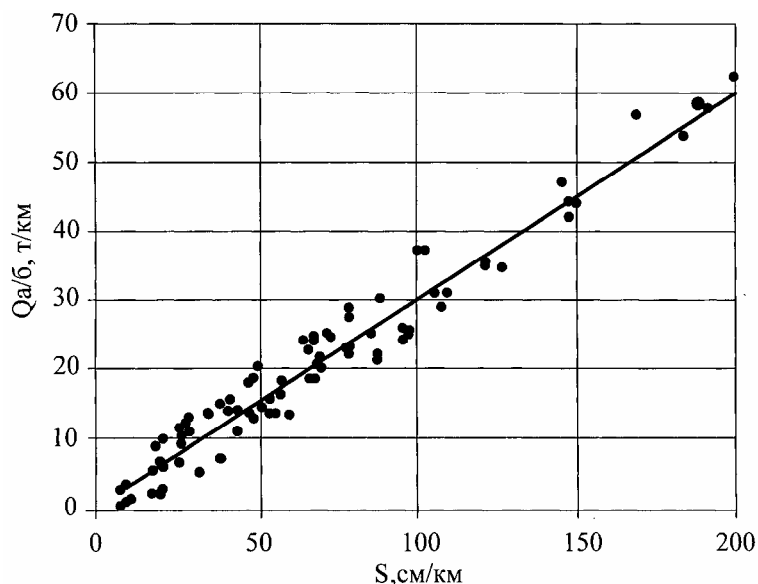


Рисунок 2 – Зависимость удельного расхода асфальтобетонной смеси $Q_{a/б}$ от показаний толчкомера S (для устройства выравнивающего слоя на дорогах IV категории)

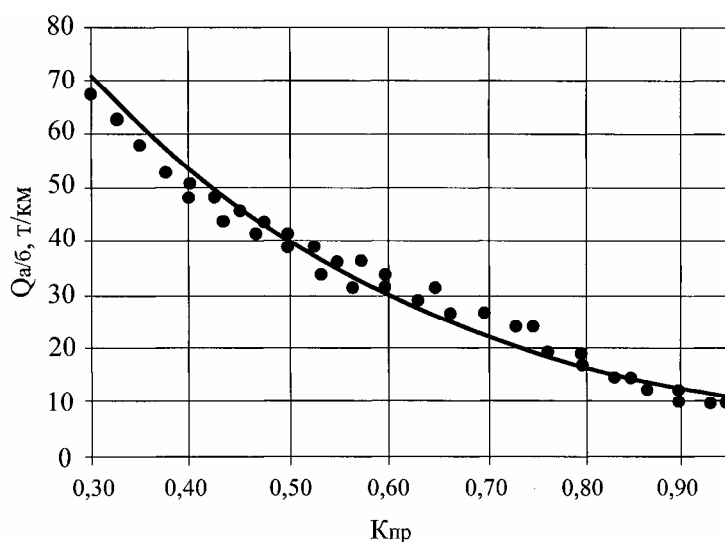


Рисунок 3 – Зависимость удельного расхода асфальтобетонной смеси $Q_{a/б}$ от коэффициента прочности $K_{пр}$ дорожной одежды

Анализ проектных решений ремонта автомобильных дорог Республики Коми позволил установить зависимость (рисунок 3) удельного расхода асфальтобетона при усилении дорожного покрытия от коэффициента прочности дорожной одежды $K_{пр}$

$$Q_{a/б} = 166,23e^{2,86K_{пр}}, \text{ т/км} \quad (3)$$

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 γ – объёмная масса материала или полуфабриката, =1,2–2,4 т/м³.

В процессе транспортирования, перегрузки, хранения в ряде случаев имеют место непроизводительные 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 продукции ($\sum_{i=1}^N H_{T,i} \cdot V_i$), по объёму ($\sum_{j=1}^J Q_{V,j}$) и по массе ($\sum_{k=1}^K Q_{m,k}$) [2-4]

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

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 (рисунок 4).

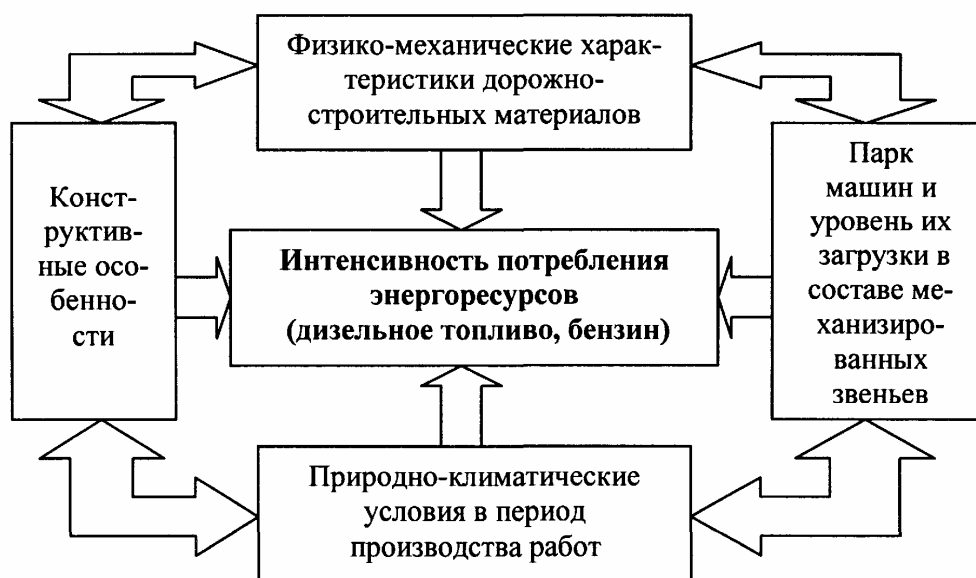


Рисунок 4 – Структурная схема формирования потребности в энергоносителях при производстве дорожно-строительных работ

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 может быть рассчитана по формуле

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

где M – количество марок автомобилей, участвующих в транспортной фазе; N_T – количество автосамосвалов j -й марки в i -ом перевозочном процессе; $t_{j,i}$ – 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, час.

Нормативный расход топлива для автопоездов рассчитывается согласно

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

где L – суточный пробег автомобиля, км; $N_{авт}$ – 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

$$N_{авт} = N_S + N_w (G_{np} + 0,5q), \quad (12)$$

где N_S – транспортная норма с учётом транспортной работы (с коэффициентом загрузки 0,5), л/100 т·км; N_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

$$L = \frac{1,70 \cdot T \cdot l_{cp}}{t_{ц}}. \quad (13)$$

Продолжительность цикла работы транспортной единицы $t_{ц}$ (ч), 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

$$t_{ц} = t_n + (2l_{cp} / V_{cp}) + t_p + t_m, \quad (14)$$

Формула (14) преобразуется к виду

$$Q_n = \frac{0,017 \cdot H_S \cdot T \cdot l_{cp} (1 + 0,01D) + 0,25Z}{t_n + (2l_{cp} / V_{cp}) + t_p + t_m}, \text{ л/смену} \quad (15)$$

Анализ работ [4] показывает, что время простоев автосамосвалов под погрузкой, разгрузкой зависит от грузоподъёмности автосамосвала, вида перевозимого материала (таблицы 1 и 2).

Количество поездок с грузом за рабочую смену одного автомобиля

$$Z = \frac{0,85T}{t_{ц}}. \quad (16)$$

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.

Таблица 1 – Продолжительность простоя автомобилей, мин. на погрузочно-разгрузочных работах, при транспортировке щебня, песка, гравия и т.п.

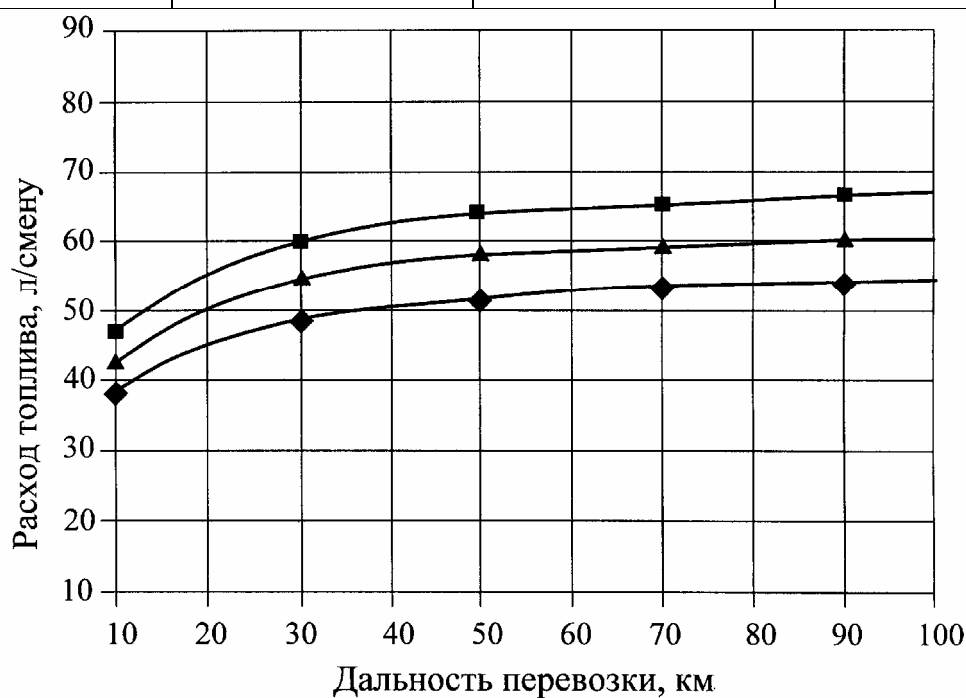
Грузоподъёмность автомобиля, т	Время погрузки			Время раз- грузки
	Экскаватор с ковшом		Из бункера	
	менее 1 м ³	более 1 м ³		
2,5–4,0	8–9	4–5	4	3
4,0–7,0	11–13	5	6	4–5
7,0–10	15–18	6	6	5–6

Анализ формулы (15) показывает, что расход топлива в значительной степени зависит от средней скорости автосамосвала, его грузоподъёмности, слож-

ности плана и продольного профиля дорог, погодных-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 (рисунок 5). По дорогам в пересеченной местности расход топлива изменяется на 27–29 %.

Таблица 5 - Продолжительность простоя автомобилей, мин., на погрузочно-разгрузочных работах, при транспортировке асфальтобетонных смесей

Грузоподъёмность автомобиля, т	Время погрузки		Время разгрузки в асфальтоукладчик
	Из бункера	Из мешалки	
2,5–4,0	3–4	6–8	1,5–2,5
4,0–7,0	4–5	8–10	2–3
7,0–10	5–6	10–14	3,5–4,0



- – Пересеченный рельеф летом; ◆ – Сложный план дороги летом;
▲ – Равнинный рельеф летом.

Рисунок 5 - Изменение расхода топлива автосамосвала КАМАЗ–55111 в зависимости от дальности перевозки материалов (по дорогам с твёрдым покрытием)

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

$$Q_n = a \ln(L) + b, \text{ л/смену} \quad (17)$$

где a и b – коэффициенты уравнения, принимаются по таблице 7 в зависимости от условий перевозки грузов и марки автомобиля.

Таблица 6 - Влияние условий эксплуатации автосамосвалов грузоподъемностью 5,5–13 т на расход топлива

Условия эксплуатации автомобиля	Увеличение расхода топлива, %
В летний период по дорогам общего пользования с твёрдым покрытием в равнинной местности	0
В зимний период по дорогам общего пользования с твёрдым покрытием в равнинной местности	4–5
В летний период по грунтовым дорогам	70–85
В летний период с тяжелыми дорожными условиями	89–100
В период весеннее-осенней распутицы	85–100
В летний период по дорогам со сложным планом с твёрдым покрытием в равнинной местности	10–11
В зимний период по дорогам общего пользования и твёрдым покрытием в холмистой местности	21–23
В летний период по дорогам общего пользования и твёрдым покрытием в холмистой местности	27–29

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.

Таблица 7 – Значения коэффициентов уравнения (3.87)

Условия перевозки грузов	Марка автосамосвалов					
	КамАЗ–55111		МАЗ–5551		ЗИЛ–ММЗ–4508	
	a	b	a	b	a	b
С твёрдым покрытием в равнинной местности	6,97	23,36	5,65	19,94	3,46	26,26
В летний период по дорогам со сложным планом с твёрдым покрытием в равнинной местности	7,69	26,25	6,25	22,34	3,83	29,30
В зимний период по дорогам общего пользования и твёрдым покрытием в холмистой местности	9,01	29,86	7,35	25,33	4,56	33,30

Индивидуальная норма расхода топлива на единицу рабочего времени определяется по формуле

$$H_T = g_e N_e K K_T 10^{-3}, \quad (18)$$

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

$$K = K_{T3} \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{TM} \cdot K_I, \quad (19)$$

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 фак-

тических значений, выполненных в реальных условиях эксплуатации, принимается по [5]); K_M – коэффициент использования мощности двигателя; K_{TM} – коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива в зависимости от степени использования мощности двигателя; $K_{и}$ – коэффициент, учитывающий износ двигателя.

Потребление топлива дорожно-строительными машинами в сутки I_c , может быть рассчитано по формуле

$$I_c = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L H_{Тkl} \cdot t_{kl}, \quad (20)$$

где K – количество марок дорожно-строительных машин, участвующих в строительном процессе; L – количество машин k -й марки, работающих на строительном объекте; t_{kl} – общая продолжительность работы машин k -й марки в количестве l на строительном объекте в течение рабочей смены, ч; $H_{Тkl}$ – индивидуальная норма расхода l машин k -й марки.

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

$$Q_c = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L H_{Тkl} \cdot T_{kl}, \quad (21)$$

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

$$T_k = Q_k / П_k, \quad (22)$$

где Q_k – объём работ для машин k -й марки;

$П_k$ – эксплуатационная производительность l машин k -й марки, определяется организацией и технологией работ, природно-климатическими условиями и физико-механическими характеристиками обрабатываемого материала или полуфабриката.

Рассмотренные методики расчёта потребности в материалах и энергоресурсах позволяют выполнить прогнозирование ресурсопотребления строитель-

ного объекта с учётом принятой организации и технологии работ, природно-климатических условий района строительства и физико-механических свойств материалов и полуфабрикатов.

Список литературы:

1. Скрыпников, А.В. Оптимизация межремонтных сроков лесовозных автомобильных дорог / Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В. // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8 (часть 3). – С. 667-671.

2. Кондрашова, Е.В. Модель определения экономических границ зон действия поставщиков материалов в условиях вероятностного характера дорожного строительства лесовозных автомобильных дорог / Кондрашова Е.В., Скрыпников А.В., Скворцова Т.В. // Фундаментальные исследования, 2011. – № 8 – С. 379-385.

3. Скрыпников А.В. Метод оптимизации планов ремонта участков лесных автомобильных дорог / Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В. // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6; URL: www.science-education.ru/100-5155.

4. Некрасов, В.К. Эксплуатация автомобильных дорог / В.К. Некрасов. – М.: Высш.школа, 1970. – 240 с.

5. Автоматизированный расчёт уровня параметрического загрязнения поверхностного стока на автомобильной дороге / В.К. Курьянов, А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова. - Деп. в ВИНТИ, № 569-В 2003.- Воронеж, 28.03.03 г. – 26 с.