

УДК 625.76.08

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЧИСЛА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЯХ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ

### TECHNIQUE CALCULATION NUMBER OF VEHICLES IN THE TRANSPORT OPERATIONS OF ASPHALT MIXES

Потеряев Илья Константинович,  
к.т.н., e-mail: poteryaev\_ik@mail.ru  
Poteryaev Ilya K., C.Sc. (Engineering)

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), 644080, г. Омск, пр. Мира 5

Siberian State Automobile and Highway Academy, 5 street Mira, Omsk, 644080, Russian Federation

**Аннотация:** В статье указаны уравнения множественной регрессии полученные на основании статистических исследований в Республике Алтай. Представлена методика расчета числа транспортных средств в транспортных операциях асфальтобетонной смеси на основании уравнений множественной регрессии. В методике учитывается теплофизическая надежность доставки асфальтобетонной смеси.

**Abstract:** The article listed multiple regression equations derived on the basis of statistical research in the Republic of Altai. The technique of calculating the number of vehicles in the transport operations asphalt mix on the basis of multiple regression equations. The methodology takes into account the physical reliability of the heat-delivering asphalt mix.

**Ключевые слова:** Асфальтобетонная смесь, транспортное средство, уравнения множественной регрессии, уровень надежности, асфальтоукладчик, темп строительства.

**Keywords:** Asphalt mixture, vehicle, asphalt paver, regression equation, level of reliability, paver, the pace of construction.

В Российской Федерации наибольшее применение находят асфальтобетонные покрытия автомобильных дорог [1], на долю которых приходится свыше 60 % [2] от их общей протяженности. В 2008-2010 гг. на дорожную отрасль было выделено 849 млрд. рублей. В течение 2011-2020 гг. объемы дорожного строительства планируется увеличить в два раза [3].

В Распоряжении правительства Российской Федерации № 1734-р от 22 ноября 2008 г. указывается «недостаточно высокие темпы строительства и реконструкции автомобильных дорог» [4].

Повышение темпов строительства асфальтобетонных покрытий в значительной мере определяется разработкой новых методов расчета числа транспортных средств в транспортных операциях асфальтобетонной смеси [5, 6].

При строительстве асфальтобетонных покрытий темпы укладки и уплотнения сменных объемов асфальтобетонной смеси часто ограничиваются числом транспортных средств (ТС).

Обеспечение объектов строительства асфальтобетонной смесью с требуемыми свойствами гарантируется температурой и продолжительностью ее доставки, равномерной загрузкой приемного бункера асфальтоукладчика в течение смены, дополнительным оборудованием транспортных средств полами, утеплителями, средствами для обогрева «платформы» выхлопными газами.

В методике расчета числа ТС в транспортных операциях асфальтобетонной смеси важно учитывать прогнозируемые темпы укладки и теплофизическую надежность доставки смеси [7, 8].

Число ТС в транспортных операциях асфальтобетонной смеси определяется по уравнениям множественной регрессии, полученным в результате экспериментально-статистических исследований в условиях строительства асфальтобетонных покрытий к мостовому переходу через р. Катунь у с. Усть-Сема и автомобильной дороги М-52 «Чуйский тракт» от Новосибирска через Бийск до границы с Монголией км 585+000 – км 595+000, закрытым акционерным обществом Научно-производственная компания «Дорожно-Строительные Технологии» (табл. 1).

Для условий транспортирования и укладки асфальтоукладчиком асфальтобетонной смеси с толщиной верхнего слоя 0,04 м потребное число ТС определяется с использованием выражения полученного из соответствующего уравнения множественной регрессии (1) [9]

$$N_{ts} = \left( \frac{T_{sm}}{1,31 \cdot \Pi_{asf}^{sm 0,9} \cdot e^{0,005 \cdot \tau_{asy}}} \right)^{9,1}, \quad (1)$$

где  $N_{ts}$  – потребное число ТС;  $T_{sm}$  – темп укладки покрытия;  $\Pi_{asf}^{sm}$  – сменная эксплуатаци-

Таблица 1. Уравнения множественной регрессии темпов укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси  
Table 1. Multiple regression equation rate of placing and compacting asphalt mix

Укладываемый слой АБС, м	Уравнения множественной регрессии	Достоверность прогнозирования, %
Гористый рельеф, резко континентальный климат		
Нижний слой основания $h_{sl} = 0,10 - 0,14$	$T_{sm} = 0,88 \cdot \Pi_{asf}^{sm 0,97} \cdot N_{ts}^{0,04} \cdot e^{0,003 \cdot \tau_{asy}}$	85
Верхний слой основания $h_{sl} = 0,05 - 0,07$	$T_{sm} = 1,24 \cdot \Pi_{asf}^{sm 1,03} \cdot N_{ts}^{0,036} \cdot e^{0,004 \cdot \tau_{asy}}$	80
Верхний слой $h_{sl} = 0,03 - 0,05$	$T_{sm} = 1,31 \cdot \Pi_{asf}^{sm 0,9} \cdot N_{ts}^{0,11} \cdot e^{0,005 \cdot \tau_{asy}}$	78
Холмисто-увалистый рельеф, континентальный климат		
Нижний слой основания $h_{sl} = 0,10 - 0,14$	$T_{sm} = 0,84 \cdot \Pi_{asf}^{sm 1,02} \cdot N_{ts}^{0,03} \cdot e^{0,002 \cdot \tau_{asy}}$	85
Верхний слой $h_{sl} = 0,05 - 0,07$	$T_{sm} = 2,11 \cdot \Pi_{asf}^{sm 1,04} \cdot N_{ts}^{0,064} \cdot e^{0,02 \cdot \tau_{asy}}$	84

Примечания.  $h_{sl}$  – толщина укладываемого слоя АБС;  $T_{sm}$  – темп укладки покрытия;  $\Pi_{asf}^{sm}$  – сменная эксплуатационная производительность асфальтоукладчика;  $N_{ts}$  – потребного числа ТС;  $\tau_{asy}$  – сменная продолжительность работы АСУ

онная производительность асфальтоукладчика;  $\tau_{asy}$  – сменная продолжительность работы АСУ.

Для расчета числа транспортных средств в транспортных операциях асфальтобетонной смеси была разработана методика.

На первом алгоритмическом уровне методике на основании уравнений множественной регрессии (табл. 1) выполняется расчет числа ТС для условий транспортирования и укладки различных слоев покрытия с заданным уровнем надежности 0,85 [10, 11].

Таким образом, в методике расчета числа ТС учитывается конструкция дорожной одежды раздельно по укладываемым слоям (нижний и верхний слой основания, верхний слой). Окончательный результат  $N_{ts}$  принимается с учетом большого числа ТС которому соответствует объемы транспортируемой смеси.

На втором алгоритмическом уровне выполняются расчеты теплофизической надежности доставки асфальтобетонной смеси в транспортных операциях [12] с учетом ограничений по числу используемых транспортных средств.

Разработанная методика расчета числа ТС в транспортных операциях асфальтобетонной смеси с учетом прогнозируемых темпов укладки и теплофизической надежности доставки смеси реализована в программе расчета с использованием

прикладного программного обеспечения Visual Basic Excel.

На рис. 1 показано окно ввода исходных данных для расчета числа ТС с учетом теплофизической надежности доставки асфальтобетонной смеси в транспортных операциях.

На рис. 2 показано окно вывода результатов с возможностью корректировки выполненных расчетов основных технологических процессов.

На разработанные методике и программу расчета получены свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ [13] и свидетельство о регистрации электронного ресурса [14].

Параметры транспортных операций асфальтобетонной смеси, которые определены для условий транспортирования и используются в расчете числа ТС, оказывают влияние на теплофизическую надежность доставки смеси.

Разработанная методика и программа позволяет осуществлять корректировку потребного числа ТС, корректировку температуры асфальтобетонной смеси на выходе из смесителя с учетом обеспечения рекомендованного ГОСТом 9128-2013 [15] ее температурного состояния при укладке, а также вводить или исключать такие технологические мероприятия по снижению температурно-фракционной сегрегации, как использование обогрева платформы отработавшими газами двигателя внутреннего сгорания, применение полов из различных теплоизоляционных материалов.

**Потребность в транспортных средствах**

Темп строительства асфальтобетонного покрытия, м/смену	<input type="text" value="1000"/>	Масса смеси в кузове транспортного средства, т	<input type="text" value="16"/>	Время разгрузки транспортного средства, мин	<input type="text" value="6"/>
Ширина укладываемой полосы, м	<input type="text" value="4"/>	Расстояние от АБЗ до асфальтоукладчика, км	<input type="text" value="34"/>	Средняя скорость транспортного средства при транспортировании смеси, км/ч	<input type="text" value="32"/>
Толщина укладываемого слоя, м	<input type="text" value="0.06"/>	Время ожидания перед погрузкой на АБЗ, мин	<input type="text" value="0"/>	Средняя скорость транспортного средства во время холостого хода, км/ч	<input type="text" value="45"/>
Марка транспортного средства	<input type="text" value="КамАЗ-6520"/>	Время погрузки транспортного средства, мин	<input type="text" value="4"/>	Вероятность	<input type="text" value="90"/>
Продолжительность смены, ч	<input type="text" value="8"/>	Время ожидания транспортного средства перед разгрузкой, мин	<input type="text" value="0"/>		

**Тепловое состояние асфальтобетонной смеси**

Температура асфальтобетонной смеси при погрузке в транспортное средство	<input type="text" value="155"/>	Показатель битума: глубина проникновения иглы, 0,1 мм, при 25 °С	<input type="text" value="90/130"/>
Температура окружающего воздуха	<input type="text" value="10"/>	Тип асфальтобетонной смеси	<input type="text" value="отчая, марка 1"/>
Скорость ветра, м/с	<input type="text" value="5"/>	Материал утеплителя смеси	<input type="text" value="брезент"/>
Обогрев кузова выхлопными газами	<input type="checkbox"/>	Тип дорожного покрытия от АБЗ до асфальтоукладчика	<input type="text" value="асфальтобетон"/>

Рис. 1. Окно ввода исходных данных для расчета числа ТС и теплового состояния асфальтобетонной смеси

Fig. 1. Window data input for the calculation of the thermal state of the vehicle and asphalt mix

Из уравнения регрессии потребное число транспортных средств: 13

Температура асфальтобетонной смеси при выгрузке в асфальтоукладчик: 137 °С

**Для обеспечения рекомендованного ГОСТом 9128-2009 температурного состояния смеси необходимо принять одно из решений:**

- увеличить температуру смеси на выходе из смесителя до 158 °С;
- использовать обогрев кузова отработавшими газами.
- увеличить скорость транспортирования смеси до 38 км/час;

Фактическое число транспортных средств

Рис. 2. Окно вывода результатов с возможностью корректировки расчетов основных технологических процессов

Fig. 2. Window display the results with the possibility of adjusting the calculations of basic technological processes

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации: Федеральный закон РФ от 08.11.2007 № 257-ФЗ // Закон. – 2007.
2. Зубков, А. Ф. Технология устройства покрытий нежесткого типа из асфальтобетонных горячих смесей : учеб. пособие / А. Ф. Зубков, К. А. Андрианов, Т. И. Любимова. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 80 с.
3. Транспортный комплекс РФ должен значительно повысить свою эффективность [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://er.ru/news/2011/11/8/transportnyj-kompleks-rf-dolzhen-znachitelno-povysit-svoyu-effektivnost/>, свободный: – загл. с экрана (дата обращения к ресурсу 20.01.2016).
4. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г. Утверждена распоряжением № 1734-р от 22 ноября 2008 года.
5. Современные технологии укладки асфальта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.roadtec.ru/images/roadtec\\_stories/2010\\_avtomob\\_sb.pdf](http://www.roadtec.ru/images/roadtec_stories/2010_avtomob_sb.pdf), свободный: – загл. с экрана (дата обращения к ресурсу 21.08.2011).
6. Абдулжалилов, О. Ю. Ремонт асфальтобетонных покрытий городских дорог в условиях плотных транспортных потоков [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.23.11 / Абдулжалилов Осман Юсупович. – Волгоград, 2010. – 222 с.
7. Технологические машины и комплексы в дорожном строительстве (производственная и техническая эксплуатация) : учебное пособие для вузов / В. Б. Пермяков, В. И. Иванов, С. В. Мельник и др. / под ред. В. Б. Пермякова. – М. : «ИД «БАСТЕТ»», 2014 – 752 с.
8. Шестаков, В. Н. Оценка теплофизической надежности технологии строительства асфальтобетонных покрытий / Труды СибАДИ. Вып. 2. ч. 1 – Омск: Изд-во СибАДИ, 1998. – С. 176-184.
9. Оптимизация системы «асфальтоукладчик – транспортные средства – асфальтосмесительная установка» при строительстве асфальтобетонных покрытий : диссертация ... кандидата наук : 05.05.04 / Потеряев Илья Константинович. – Омск, 2013. – 195 с.
10. Туякова, А. К. Прогнозирование организационно-технологических рисков в процессе строительства дорожных асфальтобетонных покрытий [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.23.11 / Туякова Айман Кайржановна. – Омск, 2008. – 146 с.
11. Кузнецов, С. М. Организационно-технологическая надежность строительных процессов / Известия вузов. Строительство. - 2008. - № 6. – С. 57-65.
12. Технологическое обеспечение качества строительства асфальтобетонных покрытий: Методические рекомендации / Сост.: В. Н. Шестаков, В. Б. Пермяков, В. М. Ворожейкин, Г. Б. Старков. – 2-е изд., с доп. и изм. – Омск: ОАО «Омский дом печати», 2004. – 256 с.
13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Прогнозирование технологических параметров транспортирования и укладки асфальтобетонных смесей в условиях эксплуатации // Иванов В. И., Потеряев И. К. Дата регистрации: 05.04.2012.
14. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 17873. Алгоритм расчета технологических параметров транспортирования и укладки асфальтобетонных смесей в условиях эксплуатации / Иванов В. И., Потеряев И. К. Дата регистрации: 03.02.2012.
15. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2013.

## REFERENCES

1. Ob avtomobil'nykh dorogakh i o dorozhnoy deyatel'nosti v Rossiyskoy Federatsii: Federal'nyy zakon RF ot 08.11.2007 № 257-FZ // Zakon. – 2007.
2. Zubkov A. F. Tekhnologiya ustroystva pokrytiy nezhestkogo tipa iz asfal'tobetonnykh goryachikh smesey : ucheb. posobie / A.F. Zubkov, K.A. Andrianov, T.I. Lyubimova. – Tambov: Izd-vo Tamb. gos. tekhn. un-ta, 2009. – 80 p. (rus)
3. Transportnyy kompleks RF dolzhen znachitel'no povysit' svoyu effektivnost' [Elektronnyy resurs] // URL: <http://er.ru/news/2011/11/8/transportnyj-kompleks-rf-dolzhen-znachitelno-povysit-svoyu-effektivnost/> (data obrashcheniya: 20.01.2016). (rus)
4. Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 g. Utverzhdena rasporyazheniem № 1734-r ot 22 noyabrya 2008 goda. (rus)
5. Sovremennye tekhnologii układki asfal'ta [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa : [http://www.roadtec.ru/images/roadtec\\_stories/2010\\_avtomob\\_sb.pdf](http://www.roadtec.ru/images/roadtec_stories/2010_avtomob_sb.pdf), svobodnyy: – zagl. s ekrana (data obrashcheniya k resursu 21.08.2011). (rus)
6. Abdulzhalilov, O. Yu. Remont asfal'tobetonnykh pokrytiy gorodskikh dorog v usloviyakh plotnykh transportnykh potokov [Tekst] : dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.23.11 / Abdulzhalilov Osman Yusupovich. – Volgograd, 2010. – 222 p. (rus)

7. Tekhnologicheskie mashiny i komplekсы v dorozhnom stroitel'stve (proizvodstvennaya i tekhnicheskaya ekspluatatsiya) : uchebnoe posobie dlya vuzov / V. B. Permyakov, V. I. Ivanov, S. V. Mel'nik i dr. / pod. red. V. B. Permyakova. – M. : «ID «BASTET», 2014 – 752 p. (rus)
8. Shestakov, V. N. Otsenka teplofizicheskoy nadezhnosti tekhnologii stroitel'stva asfal'tobetonnykh pokrytiy / Trudy SibADI. Vyp. 2. ch. 1 – Omsk: Izd-vo SibADI, 1998. – P. 176-184. (rus)
9. Optimizatsiya sistemy «asfal'toukladchik – transportnye sredstva – asfal'-tosmesitel'naya ustanovka» pri stroitel'stve asfal'tobetonnykh pokrytiy : dissertatsiya ... kandidata nauk : 05.05.04 / Poteryaev Il'ya Konstantinovich. – Omsk, 2013. – 195 p. (rus)
10. Tuyakova, A. K. Prognozirovaniye organizatsionno-tekhnologicheskikh riskov v protsesse stroitel'stva dorozhnykh asfal'tobetonnykh pokrytiy [Tekst] : dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.23.11 / Tuyakova Ayman Kayrzhanoyna. – Omsk, 2008. – 146 p. (rus)
11. Kuznetsov, S. M. Organizatsionno-tekhnologicheskaya nadezhnost' stroitel'nykh protsessov / Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo. - 2008. - № 6. – P. 57-65. (rus)
12. Tekhnologicheskoe obespecheniye kachestva stroitel'stva asfal'tobetonnykh pokrytiy: Metodicheskie rekomendatsii / Sost.: V. N. Shestakov, V. B. Permyakov, V. M. Vorozhey-kin, G. B. Starkov. – 2-e izd., s dop. i izm. – Omsk: OAO «Omskiy dom pechati», 2004. – 256 p. (rus)
13. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM. Prognozirovaniye tekhnologicheskikh parametrov transportirovaniya i ukladki asfal'tobetonnykh smesey v usloviyakh ekspluatatsii // Ivanov V. I., Poteryaev I. K. Data registratsii: 05.04.2012. (rus)
14. Svidetel'stvo o registratsii elektronnoy resursa № 17873. Algoritm rascheta tekhnologicheskikh parametrov transportirovaniya i ukladki asfal'tobetonnykh smesey v usloviyakh ekspluatatsii / Ivanov V. I., Poteryaev I. K. Data registratsii: 03.02.2012. (rus)
15. GOST 9128-2013. Smesi asfal'tobetonnye, polimerasfal'tobetonnye, asfal'tobeton, polimerasfal'tobeton dlya avtomobil'nykh dorog i aerodromov. Tekhnicheskie usloviya. M.: Izd-vo standartov, 2013. (rus)

Поступило в редакцию 4.02.2016  
Received 4 February 2016