

УДК (UDC) 625.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НОВЫХ МОДЕЛЕЙ
ДОРОЖНЫХ КАТКОВ

NEW ROAD ROLLERS PARAMETERS MODELING

Шишкин Е.А., Иванченко С.Н.
Shishkin E.A., Ivanchenko S.N.Тихоокеанский государственный университет (Хабаровск, Россия)
Pacific National University (Khabarovsk, Russian Federation)

Аннотация. В настоящее время рынок производства дорожных катков активно развивается. Каждый завод-изготовитель имеет свой опыт производства и использует выработанный подход к проектированию новых моделей техники. Различия в технологиях проектирования приводит к появлению на рынке значительного количества новых моделей дорожных катков. Практические исследования процесса взаимодействия вальца катка с горячей асфальтобетонной смесью показывают, что многие модели с различными конструктивными параметрами оказывают схожее воздействие на уплотняемый материал. Следовательно, необходима разработка универсального подхода к выбору конструктивных параметров катков при их производстве. В работе сделана попытка разработать общую методику установления конструктивных параметров катков. Для этого был осуществлен статистический анализ конструктивных параметров более 260 моделей дорожных катков ведущих фирм-производителей. Результаты анализа представлены в работе в виде номограммы выбора параметров дорожного катка. С учетом полученной номограммы можно провести сравнительный анализ различных по конструктивным параметрам катков по предложенному в работе показателю эффективности. Предложенный алгоритм позволяет рекомендовать конструктивные параметры при проектировании заводами-изготовителями новых моделей дорожных катков. Как следствие, возможно сокращение количества схожих по воздействию моделей катков.

Ключевые слова: асфальтобетон, уплотнение, статистическая модель, номограмма, конструктивные параметры.

Дата принятия к публикации: 20.11.2019
Дата публикации: 25.11.2019

Сведения об авторах:

Шишкин Евгений Алексеевич – старший преподаватель, кафедра транспортно-технологических машин в строительстве и горном деле, ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет»,
e-mail: 004655@pnu.edu.ru.

Abstract. Currently, the market for the road rollers production is actively developing. Each manufacturer has its own production experience and uses a developed approach to the new models design. The difference in design technologies leads to the emergence of a significant number of road rollers new models on the market. Practical studies of the roller drum interaction with hot asphalt mix show that many models with different structural parameters have a similar effect on the compacted material. Therefore, it is necessary to develop a universal approach to the choice of design parameters of rollers in their production. The paper attempts to develop a general methodology for determining the design parameters of rollers. For this purpose, a design parameters statistical analysis of more than 260 models of road rollers of leading manufacturers was carried out. The analysis results are presented in the form of a choice nomogram of road roller parameters. Taking into account the received nomogram it is possible to carry out the comparative analysis of rollers various on constructive parameters on the indicator of efficiency offered in work. The proposed algorithm allows us to recommend design parameters when designing new models of road rollers by manufacturers. As a consequence, it is possible to reduce the number of similar models of rollers.

Keywords: asphalt concrete, compaction, statistical model, nomogram, design parameters.

Date of acceptance for publication: 20.11.2019
Date of publication: 25.11.2019

Authors' information:

Evgeniy A. Shishkin – senior lecturer, Department of transport and technological machines in construction and mining, Pacific National University,
e-mail: 004655@pnu.edu.ru.

Иванченко Сергей Николаевич – доктор технических наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет»,
 e-mail: sni@mail.khstu.ru.

Sergej N. Ivanchenko – Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector of Pacific national university,
 e-mail: sni@mail.khstu.ru.

1. Введение

Автомобильные дороги Российской Федерации преимущественно имеют асфальтобетонное покрытие. Важной технологической операцией, влияющей на качество покрытия, является уплотнение. Данная операция осуществляется дорожным катком, оснащенным гладким вальцом или пневматическими шинами. В настоящее время в распоряжении строительных организаций имеется широкий модельный ряд дорожных катков. При этом различные по конструктивным и технологическим параметрам модели машин могут оказывать одинаковое воздействие на уплотняемый материал. Это обстоятельство необходимо учитывать при разработке новых моделей дорожных катков. Систематизация параметров широкого ряда существующих моделей уплотнителей способствует более обоснованному подходу к назначению конструктивных параметров катков при проектировании.

Целью данной работы является разработка методики по установлению рациональных конструктивных параметров проектируемых моделей дорожных катков.

2. Описание разработанной методики

В настоящее время модельный ряд дорожных катков активно расширяется. Выявление тенденций изменения различных параметров катков позволит сформулировать рекомендации для проектирования новых моделей. С этой целью был проведен статистический анализ параметров более 260 моделей дорожных катков таких фирм, как DYNAPAC, BOMAG, HAMM, AMMANN, CATERPILLAR, VOLVO, SAKAI, JCB VIBROMAX, PASKAT.

Статистические исследования представлены в виде исходного корреляционного поля и регрессионной кривой, уравнение которой также приводится на графике.

Результаты анализа представлены на рис. 1 - 3.

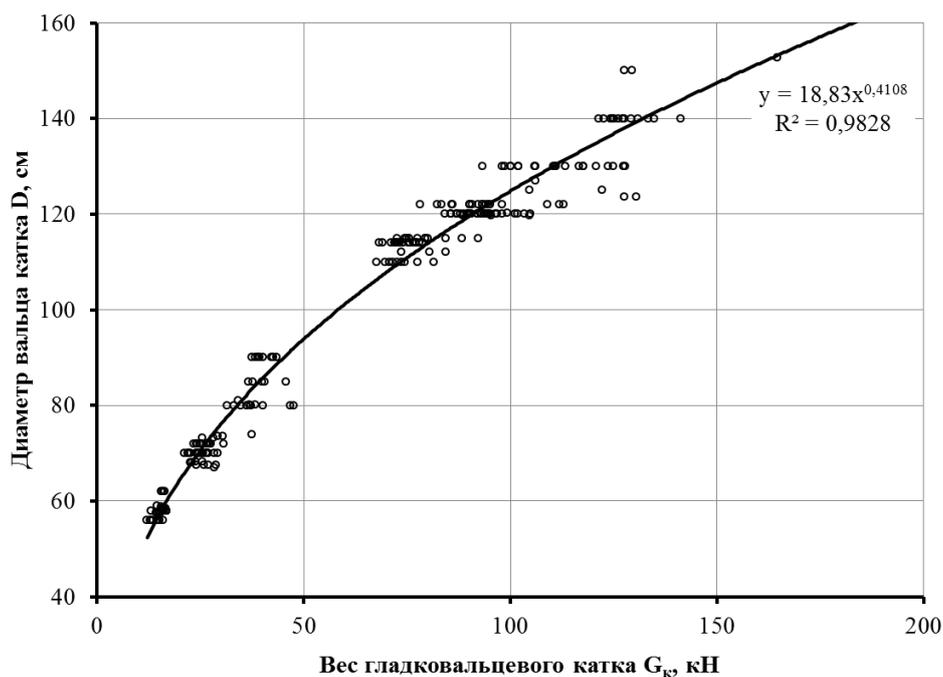


Рис. 1. Взаимосвязь диаметра вальца и веса катка

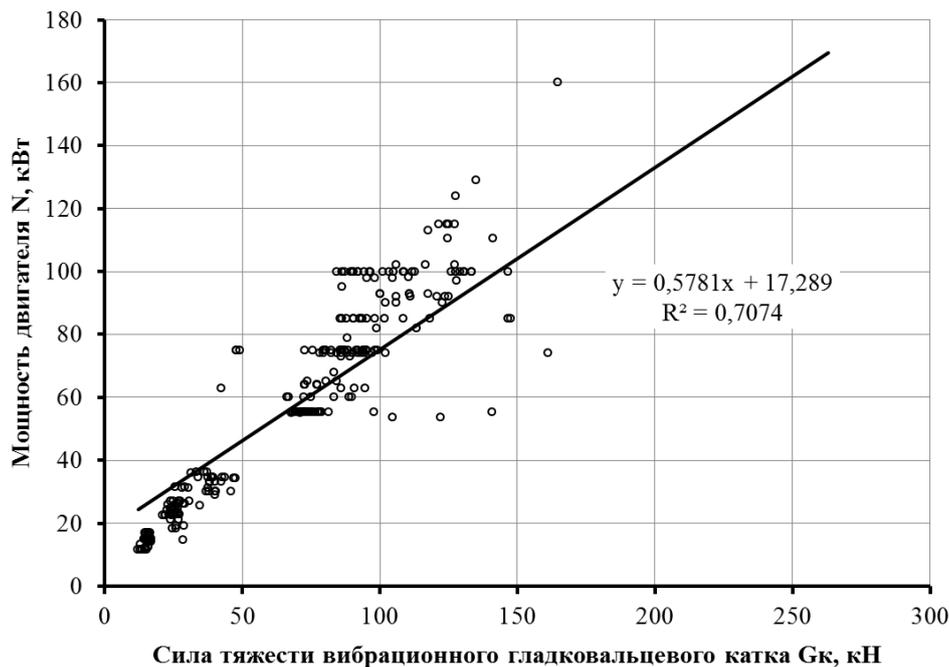


Рис. 2. Взаимосвязь мощности двигателя и веса катка

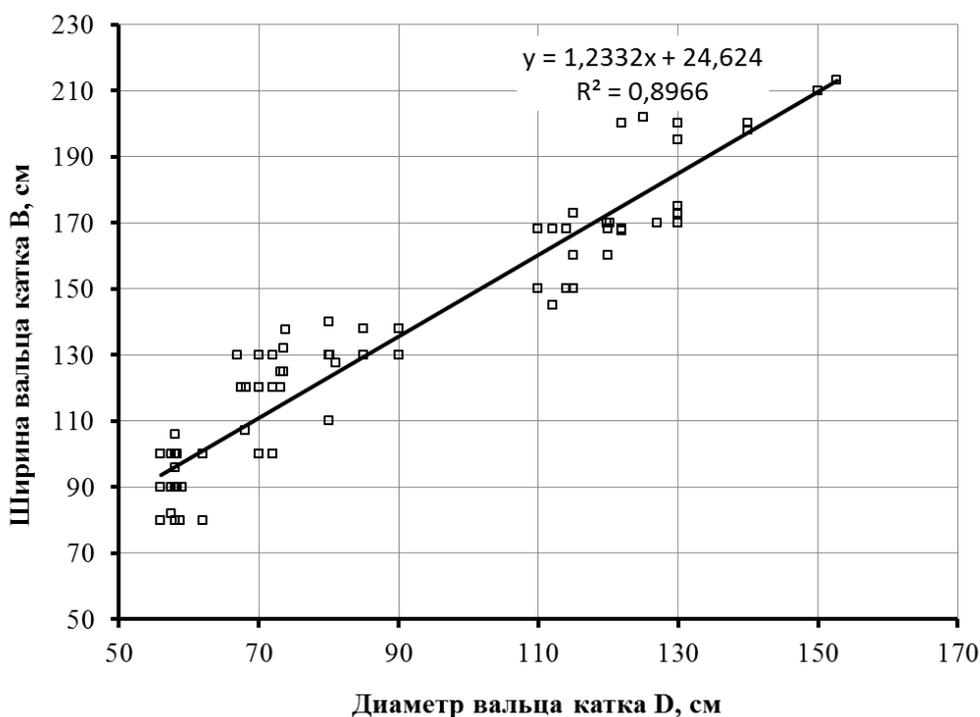


Рис. 3. Взаимосвязь ширины и диаметра вальца

Разработанный программный комплекс [1] предназначен для назначения режимов работы механизированного звена при строительстве асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог. Для формирования рекомендаций при проектировании новых моде-

лей катков указанный комплекс необходимо дополнить системой сравнительного анализа.

Блок-схема алгоритма сравнительного анализа конструктивных параметров катков (рис. 4) включает следующие основные элементы:

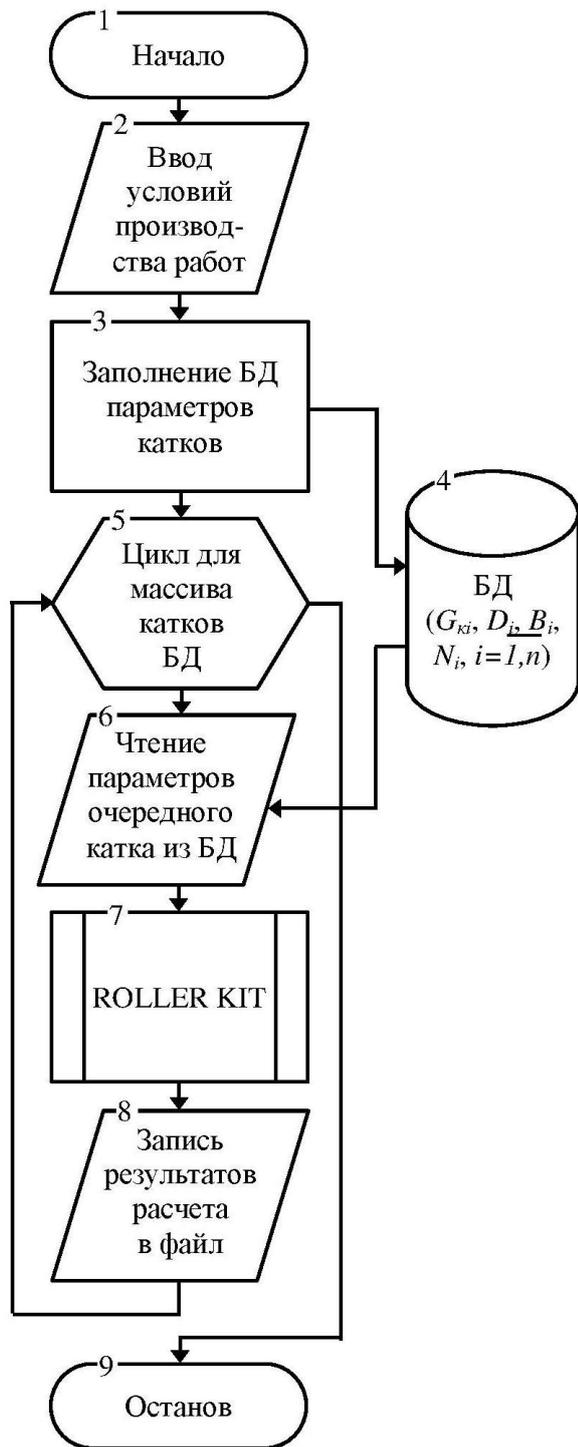


Рис. 4. Блок-схема сравнительного анализа конструктивных параметров катков

- блок 2, обеспечивающий чтение параметров асфальтобетонной смеси, окружающей среды, а также стоимости применяемых материалов;

- блок 7 включает подпрограмму «ROLLER KIT», основанную на математическом моделировании процесса взаимодействия

рабочего органа катка с горячей асфальтобетонной смесью;

- блок 8 осуществляет запись в файл результатов расчета: количества проходов текущего катка, достигнутый коэффициент уплотнения смеси, технологическая себестоимость работ.

На основе установленных взаимосвязей конструктивных параметров дорожных катков с помощью разработанного программного комплекса можно осуществлять математическое моделирование и сравнительный анализ эффективности процесса укатки асфальтобетонной смеси различными по конструктивным параметрам катками.

Наполнение базы данных параметров катков (блок 3 на рис. 4) производится с помощью номограммы (рис. 5), которая построена на основе зависимостей, приведенных на рис. 1 - 3. Номограмма численно имеет вид двухмерного массива

$$\begin{bmatrix} G_{k1} & D_1 & B_1 & N_1 \\ G_{k2} & D_2 & B_2 & N_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ G_{ki} & D_i & B_i & N_i \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ G_{kn} & D_n & B_n & N_n \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где G_{ki} – вес i -й модели катка; D_i – диаметр вальца i -й модели катка; B_i – ширина вальца i -й модели катка; N_i – мощность двигателя i -й модели катка.

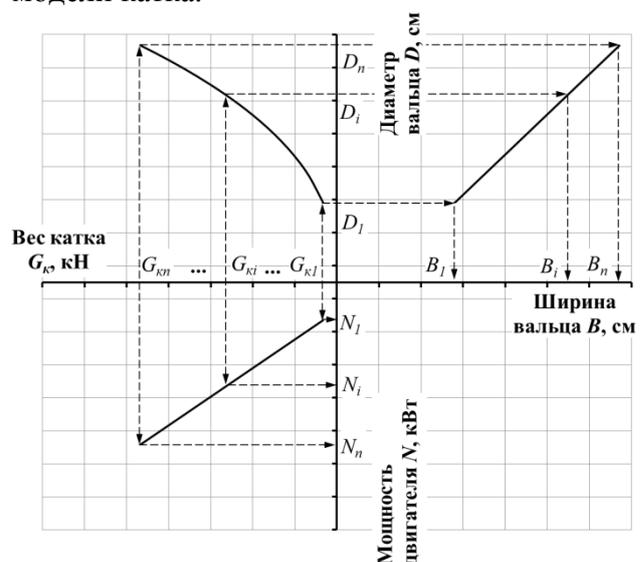


Рис. 5. Номограмма выбора параметров дорожного катка

В соответствии с известными диапазонами силового параметра q/R [2] устанавливается принадлежность катка, характеризуемого параметром $[q/R]$, ($i = \overline{1, n}$), к одному из трех типов.

Включение в программный комплекс [1] алгоритма, представленного на рис. 4, позволит производить сравнение катков с различными конструктивными параметрами, полученными по номограмме (рис. 5). При этом тип сравниваемых катков и условия производства работ должны быть идентичны.

Для практической реализации описанного алгоритма необходимо установить условия производства работ.

В работах [3, 4] указывается, что на территории Дальнего Востока в качестве верхнего слоя дорожной одежды преимущественно используют асфальтобетонную смесь типов Б, В по ГОСТ 9128-2013.

Значения температуры окружающего воздуха по месяцам рабочего сезона приведены в табл. 1.

Таблица 1
Средние значения температуры воздуха по месяцам рабочего сезона

| Месяц | Минимальная температура, °C | Максимальная температура, °C |
|----------|-----------------------------|------------------------------|
| Май | 8 | 16 |
| Июнь | 15 | 24 |
| Июль | 18 | 26 |
| Август | 17 | 27 |
| Сентябрь | 11 | 17 |

Средние значения скорости ветра находятся в диапазоне 1...4 м/с.

По данным Федеральной службы государственной статистики основную часть существующей сети составляют дороги III, IV и V категорий, протяженность которых составляет 28%, 36% и 35,8% соответственно. Протяженность дорог II категории 0,3%. Дорог I категории на сегодняшний день на Дальнем Востоке нет.

Согласно [5] для дорог III и IV категорий толщину асфальтобетонного слоя в уплотненном состоянии следует принимать:

- для крупнозернистого асфальтобетона 6 см;

- для песчаного и мелкозернистого асфальтобетона 3 см.

Согласно исследованиям [6] среднее значение коэффициента предварительного уплотнения смеси после асфальтоукладчика составляет:

- для смеси типа Б – 0,92;

- для смеси типа В – 0,87.

Согласно практическим данным [6] среднее значение коэффициента уплотнения смеси после завершения работы легким катком составляет 0,94...0,95.

В соответствии с табл. 1 для климатических условий Дальнего Востока длина захватки при работе асфальтоукладчика на открытых участках должна находиться в диапазоне 50...70 м.

Установленные значения технологических параметров процесса строительства асфальтобетонного покрытия были использованы в качестве исходных данных при сравнительном анализе конструктивных параметров катков с применением описанного выше программного комплекса.

Сравнительный анализ однотипных катков приведен на рис. 6, 7. В качестве критерия сравнения приняты технологические затраты на единицу прироста коэффициента уплотнения $C_{техн} / \Delta K_y$. Практическими исследованиями [6] установлено, что основной вклад в прирост плотности смеси вносят первые четыре прохода. Поэтому сравнение производилось по показателям, достигнутым к моменту окончания четвертого прохода каждого катка.

Анализ графиков позволяет выявить каток с такими конструктивными параметрами, которые в заданных условиях эксплуатации будут эффективными с точки зрения затрат на приращение плотности покрытия.

На рис. 6, 7 в качестве примера приведены гистограммы показателя эффективности $C_{техн} / \Delta K_y$ для различных по конструктивным параметрам катков легкого и среднего типов.

Например, из графика на рис. 6 следует, что предпочтение следует отдать легкому катку массой 3,1 т, характеризуемому минимальными затратами на приращение плотности покрытия. Аналогично из графика на рис. 7 следует, что наиболее эффективным

катком среднего типа является уплотнитель массой 7,5 т.

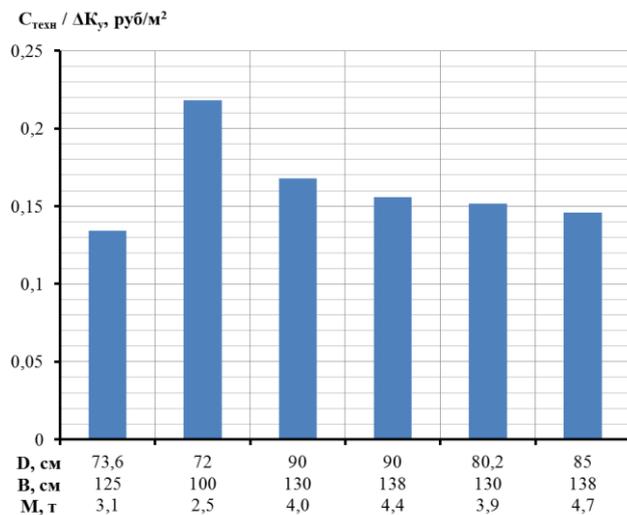


Рис. 6. Сравнительный анализ катков легкого типа

Предложенный алгоритм сравнения позволяет осуществлять выбор рациональных конструктивных параметров катков для заданных условий производства работ на основе математического моделирования процесса взаимодействия вальца со смесью. Данный алгоритм может быть использован при проектировании новых моделей дорожных катков.

Список литературы

1. Расчет рационального комплекта дорожных катков: свид-во о государственной регистрации программы для ЭВМ / Шишкин Е.А.; правообладатель Тихоокеан. гос. ун-т. – № 2019610847; заявл. 28.12.2018; опубл. 18.01.2019.
2. Костельов М.П., Посадский Л.М. Технологические особенности и параметры уплотнения горячего асфальтобетона гладковальцовыми катками // Уплотнение земляного полотна и конструктивных слоев дорожных одежд. М.: 1980. С. 61–79.
3. Волкова Е.В., Сидорова Д.С. Реконструкция автомобильных дорог в сложных природных условиях Сибири и Дальнего Востока // Вестник ИРГТУ. 2013. №7 (78).

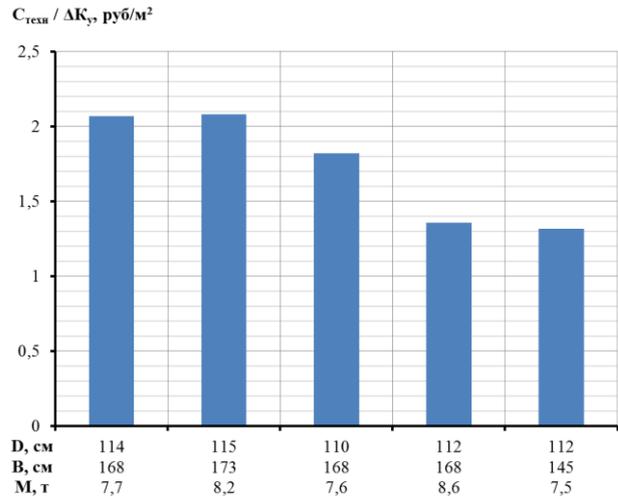


Рис. 7. Сравнительный анализ катков среднего типа

3. Заключение

Описанная методика с использованием программного комплекса [1] позволяет осуществлять поиск рациональных конструктивных параметров дорожных катков на основе математического моделирования процесса взаимодействия вальца с асфальтобетонной смесью и может быть использована при проектировании новых моделей уплотняющих машин.

Предложенный алгоритм позволяет рекомендовать конструктивные параметры при проектировании заводами-изготовителями новых моделей дорожных катков.

References

1. Shishkin E.A. *Raschet ratsionalnogo komplekta dorozhnykh katkov. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii programm dlya EVM* [Road rollers rational set calculation. The Certificate on official registration of the computer program]. No. 2019610847, 2019. (In Russian)
2. Kostelov M.P., Posadskij L.M. Technological features and parameters of hot asphalt concrete compaction with smooth rollers. *Uplotnenie zemlyanogo polotna i konstruktivnykh sloev dorozhnykh odezhd*, 1980, pp. 61-79. (In Russian)
3. Volkova E.V., Sidorova D.S. Reconstruction of highways in difficult natural conditions of Siberia and the Far East. *Vestnik IRGTU*.

С. 81-84.

4. Лазарева Т.Л., Цупикова Л.С. Расширение температурного интервала работоспособности вяжущего для асфальтобетонных дорожных покрытий Дальнего Востока // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения: международный сборник научн. тр. 2017. 335-344.

5. СТО НОСТРОЙ 2.25.37-2011 Автомобильные дороги. Устройство асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог. Часть 2. Устройство асфальтобетонных покрытий из горячего асфальтобетона. М.: ООО Издательство «БСТ», 2012. 42 с.

6. Зубков А.Ф., Однолько В.Г. Технология строительства асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог. М.: Машиностроение, 2009. 224 с.

† TU, 2013, No. 7(78), pp. 81-84. (In Russian)

† 4. Lazareva T.L., Cupikova L.S. Expansion of temperature range of binder working capacity for asphalt concrete road surfaces of the Far East. In: *Dalniy Vostok. Avtomobilnye dorogi i bezopasnost' dvizheniya* [Far East. Highways and traffic safety]. Khabarovsk, 2017, pp. 335-344. (In Russian)

† 5. STO NOSTROJ 2.25.37-2011. *Avtomobilnye dorogi. Ustroystvo asfaltobetonnnykh pokrytiy avtomobilnykh dorog. Chast 2. Ustroystvo asfaltobetonnnykh pokrytiy iz goryachego asfaltobetona* [Motor road. The device of asphalt concrete coverings of highways. Part 2. The device of asphalt concrete coverings from hot asphalt concrete]. Moscow, ООО Izdatelstvo "BST", 2012. 42 p. (In Russian)

† 6. Zubkov A.F., Odnolko V.G. *Tekhnologiya stroitelstva asfaltobetonnnykh pokrytiy avtomobilnykh dorog* [Asphalt concrete road surfaces construction technology]. Moscow, Mashinostroenie, 2009. 224 p. (In Russian)