Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>
Russian journal of transport engineering

2018, №1, Том 5 / 2018, No 1, Vol 5 <https://t-s.today/issue-1-2018.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/13SATS118.pdf>

DOI: 10.15862/13SATS118 (<http://dx.doi.org/10.15862/13SATS118>)

Статья поступила в редакцию 19.02.2018; опубликована 11.04.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Катасонов М.В., Лескин А.И., Гофман Д.И., Кочетков А.В., Щеголева Н.В. Способ определения расчетной толщины слоя износа верхних слоев дорожных покрытий // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №1, <https://t-s.today/PDF/13SATS118.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/13SATS118

For citation:

Katasonov M.V., Leskin A.I., Gofman D.I., Kochetkov A.V., Shchegoleva N.V. (2018). How to determine the notional upper wear layer thickness of road surfaces. *Russian journal of transport engineering*, [online] 1(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/13SATS118.pdf> (in Russian) DOI: 10.15862/13SATS118

УДК 625.7/.8

Катасонов Максим Викторович

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Россия
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: max.inga@rambler.ru

Лескин Андрей Иванович

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Россия
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: leskien@inbox.ru

Гофман Дмитрий Иванович

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Россия
Старший преподаватель кафедры «Строительство и эксплуатация транспортных сооружений»
E-mail: dima.0103@mail.ru

Кочетков Андрей Викторович

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия
Доктор технических наук, профессор
E-mail: soni.81@mail.ru

Щеголева Наталья Вячеславовна

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: Shegoleva123@mail.ru

Способ определения расчетной толщины слоя износа верхних слоев дорожных покрытий

Аннотация. К важным актуальным задачам ремонта и содержания автомобильных дорог общего пользования относится определение межремонтных сроков службы по данным мониторинга автомобильных дорог. Это входит в перечень управленческих задач, а также в типовые задачи ремонта и содержания автоматизированного банка дорожных данных «ДОРОГА». Современный уровень науки требует перехода от усредненных показателей к

вероятностно-статистическим методам технического нормирования и регулирования на всех этапах жизненного цикла автомобильных дорог.

В качестве основного показателя характеризующего окончание срока службы защитного слоя, следует принять допустимую площадь максимального износа. Она устанавливается на основе наблюдений за службой дорожных покрытий, защитных слоев и характеризует собой не только количественный износ, но косвенно и качество покрытий – износо- и водостойкость.

В подобных случаях рекомендуется восстанавливать защитные слои полосами или «картами» на изношенной площади до 30 %, что позволит с минимальными финансовыми затратами существенно увеличить межремонтный срок эксплуатации поверхностных обработок.

Практическое применение результатов исследований дает возможность продлить межремонтные сроки эксплуатации поверхностных обработок на 1-2 сезона, что обеспечит реальную экономию финансовых средств.

Ключевые слова: ремонт; содержание; автомобильные дороги; вероятностно-статистические методы; износ; дорожное покрытие; защитные слои; поверхностные обработки; сроки службы; мониторинг; финансовые затраты

Введение

К важным актуальным задачам ремонта и содержания автомобильных дорог общего пользования относится определение межремонтных сроков службы по данным мониторинга автомобильных дорог. Это входит в перечень управленческих задач, а также в типовые задачи ремонта и содержания автоматизированного банка дорожных данных АБДД «ДОРОГА» [1-5]. Между тем современный уровень науки требует перехода от усредненных показателей к вероятностно-статистическим методам технического нормирования и регулирования на всех этапах жизненного цикла автомобильных дорог [6, 7].

Определение межремонтных сроков службы T и работоспособности дорожных покрытий P , а также установление потребности в выполнении дорожно-ремонтных работ по причине износа верхнего слоя одежды (слоя износа, или защитного слоя) производится в настоящее время по формулам [8]:

$$T = \frac{H}{a + b \cdot B}, \quad (1)$$

$$P = T \cdot B \quad (2)$$

где: $a + b \cdot B = h$ – износ верхнего слоя асфальтобетонного покрытия, (мм/год);

a – параметр, количественное значение которого в основном зависит от погодоустойчивости покрытия и климатических характеристик;

b – количественный коэффициент, зависящий от исходных качественных характеристик применяемых материалов, увлажнения верхнего слоя покрытия, а так же от состава и интенсивности движения потока автотранспорта;

B – грузонапряженность на автомобильной дороге в первый год эксплуатации, млн. брутто-тонн/в год;

H – толщина верхнего слоя асфальтобетонного покрытия (слоя износа) (мм).

В данном случае износом считается потеря материала покрытия и уменьшение его толщины без выбоин под воздействием автомобильного движения и климатических факторов.

Защитным называется верхний слой дорожного покрытия (поверхностная обработка, слой холодного или горячего плотного асфальтобетона), который выполняет роль защиты конструктивных слоев дорожной одежды от износа и природно-климатических факторов.

Постановка задачи

В формуле (1) за величину H принимается средняя толщина верхнего асфальтобетонного слоя (защитного слоя) и, следовательно, допускается возможность полного его износа (на всю толщину), что соответствует окончанию срока службы.

Если учесть, что распределение толщины по площади покрытия подчиняется закону нормального распределения Гаусса, то принятие H как средней толщины будет равносильно допущению возможности полного износа защитного слоя на площади 50 %.

Фактически же нельзя допустить такого критического износа ни на одном дорожном покрытии. Следовательно, при определении величин межремонтных сроков службы покрытий по износу через среднюю толщину слоя всегда будут получаться завышенные результаты, что было доказано авторами экспериментальными исследованиями [9, 10].

Таким образом, анализируя аналитические расчеты межремонтных сроков эксплуатации верхних слоев асфальтобетонных покрытий (защитных слоев) по формуле (1) нельзя

пользоваться средней толщиной слоя, а, выражение $\frac{H}{a + b \cdot B}$ не будет определять окончание периода эксплуатации и потребности в ремонте.

Метод решения задачи

Известно, что необходимость возобновления защитного слоя наступает тогда, когда он изнашивается на некоторой части площади. Причем на разных покрытиях можно допустить разную площадь полного износа. Например, на верхних слоях асфальтобетонных покрытий износ будет существенно больше, чем из укрепленных грунтов.

Это означает, один и тот же защитный слой, но на разных покрытиях имеет не одинаковый эксплуатационный срок. Он будет служить гораздо дольше там, где показатели износо- и водоустойчивости покрытия выше, на котором устроен защитный слой. Исходя из этого предлагается в качестве главного показателя, характеризующего окончание срока эксплуатации защитного слоя, предлагается использовать не показатель износа, а максимально допустимую площадь полного износа – F_{dop}^{max} .

Разница между данным показателем и первым в том, что F_{dop}^{max} характеризует качественное состояние покрытия и является показателем максимально предельного состояния по износу [9].

Площадь максимально полного износа определяется из условия предотвращения образования выбоин на поверхности проезжей части.

В результате многолетних наблюдений за нанесенным слоем износа на покрытиях автомобильных дорог федерального и регионального значений Волгоградской и Ростовской областях, а также проведенных лабораторно-экспериментальных исследований, определены величины значений F_{dop}^{max} для различных типов покрытия и защитных слоев, которые рекомендуются для дальнейшего практического использования при расчете сроков ремонта покрытий из-за износа (таблица 1).

Таблица 1

Предельно допустимые значения для различных типов покрытия и защитных слоев

Защитный слой и тип покрытия	Предельно допустимая площадь максимального износа, %
Поверхностная обработка на:	25-30
– плотном мелкозернистом асфальтобетонном покрытии	20-25
– плотном крупнозернистом асфальтобетонном покрытии	15-20
– черном щебеночном покрытии	11-17
– черном щебеночном и черном гравийном покрытии	5-10
– поверхностях грунта укрепленного органическими и неорганическими вяжущими	5-7
– поверхностях грунтощебня и грунтогравия	9-11
– гравийных покрытиях	17-23
– щебеночных покрытиях (из щебня карбонатных пород с маркой прочности М800-1000)	16-21
– щебеночных покрытиях (из щебня изверженных пород с маркой прочности М1000-1200)	14-15
– щебеночных покрытиях (из щебня карбонатных пород с маркой прочности М400-800)	13-15
– щебеночных покрытиях (из щебня карбонатных слабопрочных пород с маркой прочности М150-300)	17-20
– щебеночных покрытиях (из щебня карбонатных слабопрочных пород М150-300 укрепленного органическим вяжущим)	3-5
– грунтовом покрытии	4-8
– грунтовом покрытии улучшенном гранулометрическими добавками	

При расчете межремонтных сроков эксплуатации верхних слоев дорожных покрытий, по приведенной выше формуле (1), следует использовать расчетную толщину защитного слоя, а не ее среднюю:

$$T = \frac{H_{расч}}{a + b \cdot B}, \quad (3)$$

$H_{расч}$ – толщина защитного слоя дорожного покрытия, меньше которой все толщины занимают площадь, равную допустимой площади максимально допустимого износа.

Она зависит от многих причин, которые по своему значению следует разделить на две группы: строительные и эксплуатационные.

Из целого ряда строительных причин на расчетную толщину защитного слоя оказывает наибольшее воздействие средняя толщина слоя и неравномерность его толщины по всей площади покрытия.

К эксплуатационным причинам относится неравномерность износа защитного слоя, вследствие неравномерности распределения движения автотранспорта по всей ширине проезжей части, неравномерности толщины устроенного защитного слоя и неравномерности распределения истирающих усилий по длине дороги при колебаниях автомобиля.

Если среднюю толщину защитного слоя после его устройства обозначить $H_{ср}$, то расчетную толщину с учетом указанных причин можно вычислить по формуле:

$$H_{расч} = K_1 \cdot K_2 \cdot H_{ср}, \quad (4)$$

где: K_1 – коэффициент, учитывающий допустимую площадь полного износа защитного слоя и неравномерность его толщины;

K_2 – коэффициент, учитывающий влияние эксплуатационных причин;

H_{cp} – средняя толщина защитного слоя (мм).

При максимальном массиве произведенных измерений, каждое единичное определение толщины защитного слоя H , характеризует всю толщину защитного слоя на определенной площади дорожного покрытия. Вследствие, этого H_{cp} показывает среднюю толщину всего слоя износа на всей исследуемой площади покрытия.

Исходя из этого, говоря о толщине, подразумевается и исследуемая площадь, которой присуща эта толщина.

Распределение толщины защитного слоя по площади покрытия имеет статистический характер, а закономерность распределения, как показывают проводимые лабораторно-экспериментальные исследования, подчиняется закону распределения Гаусса.

На основе полученного и обработанного массива данных из максимального числа измерений защитного слоя, графически была построена кривая – нормального распределения и математически вычислена мера точности по способу наименьших квадратов:

$$n_1 = 1,41 \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_N^2}{N_1}} = 1,41 \sqrt{\frac{\sum \varepsilon^2}{N_1}}, \quad (5)$$

где: $\varepsilon_1, \varepsilon_2 \dots \varepsilon_N$ – отклонение от среднеарифметической толщины защитного слоя;

N_1 – количество всех измерений толщин, сделанных после устройства защитного слоя.

Для сравнения с экспериментальными данными построим кривую нормального распределения толщин исходя из формулы Гаусса:

$$F_H = \frac{2N_1}{n_1 \cdot \sqrt{\pi}} \int_0^H l^{-\frac{H^2}{n_1^2}} \cdot dH, \quad (6)$$

где: H – толщина слоя износа.

Если $\frac{H^2}{n_1^2}$ выразить через z^2 и после его подстановки в формулу (5), полученную часть

следующего уравнения $\frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{H}{n_1}} l^{-z^2} \cdot dz$ заменить функцией $f(t) = f\left(\frac{H}{n_1}\right)$, то формула Гаусса примет следующий вид:

$$F_H = N_1 \cdot f\left(\frac{H}{n_1}\right), \quad (7)$$

Значения функций $f\left(\frac{H}{n_1}\right)$ имеются в таблицах для разных значений $\frac{H}{n_1}$ [4].

Зная допустимую площадь полного износа $F_{дон}$ установленную для каждого покрытия, и количество произведенных измерений толщины слоя N_1 можно определить значение

функции: $f\left(\frac{H}{n_1}\right) = \frac{F_{дон}}{N_1} = A_1$.

Полученная величина A_1 будет соответствовать вполне определенному значению $\frac{H_1}{n_1} = A_2$, которое определится по тем же таблицам. Тогда

$$H_1 = n_1 \cdot A_2, \quad (8)$$

где: $H_1 = H_{1расч}$ — такая толщина защитного слоя, меньше которой все толшины занимают площадь, равную допустимой площади полного износа.

Эта толщина является расчетной, но она учитывает только неравномерность толшины во время строительства.

Коэффициент K_1 учитывающий допустимую площадь полного износа и неравномерность толшины слоя во время строительства, определится из отношения:

$$K_1 = \frac{H_{1расч}}{H_{ср}}, \quad (9)$$

Если таблиц не имеется, то $H_{1расч}$ определится из решения интегрального уравнения:

$$F_{дон} = \frac{2 \cdot N_1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{H_{1расч}}{n_1}} l^{-z^2} \cdot dz. \quad (10)$$

Для определения коэффициента K_2 необходимо произвести количество измерений толшины слоя износа в период его службы перед ремонтом, на основании которых также определяются:

$$\begin{aligned} n_2 &= 1,41 \sqrt{\frac{\sum \varepsilon^2}{N_2}}, \\ A_1^1 &= \frac{F_{дон}}{N_2}, \\ A_2^1 &= \frac{H_2}{n_2}, \end{aligned} \quad (11)$$

где: $H_2 = H_{2расч}$ расчетная толщина слоя износа для данного периода службы с учетом строительных и эксплуатационных причин. Комплексный коэффициент K_2^1 определится из уравнения:

$$K_2^1 = \frac{H_{2расч}}{H_{1ср}}, \quad (12)$$

где: $H_{1ср}$ — средняя толщина слоя износа, (в данный период службы).

Он так же, как и $H_{2расч}$, включает в себя обе группы причин и будет равняться:

$$K_2^1 = K_1 \cdot K_2. \quad (13)$$

Отсюда:

$$K_2 = \frac{K_2^1}{K_1} \quad (14)$$

Подставив в уравнение (10) вместо K_2^1 его значение, получим:

$$H_{2\text{расч}} = K_1 \cdot K_2 \cdot H_{1\text{ср}}.$$

На том же основании будем иметь:

$$H_{\text{расч}} = K_1 \cdot K_2 \cdot H_{\text{ср}}. \quad (15)$$

Обсуждение результатов.

Таким же образом, зная значения коэффициентов K_1 и K_2 , можно определить $H_{\text{расч}}$, а по ней достоверную величину межремонтной службы покрытия.

В результате выполненных экспериментальных исследований и расчетов получены численные значения коэффициентов K_1 и K_2 , (таблица 2), которые рекомендуются для практического применения при расчетах межремонтных сроков службы защитных слоев.

Таблица 2

Результаты расчетов и экспериментальных исследований численных значений коэффициентов K_1 и K_2

Слой износа и тип покрытия	Значение коэффициентов	
	K_1	K_2
Поверхностная обработка на асфальтобетонном покрытии	0,68-0,71	0,96-0,98
Поверхностная обработка на черном щебеночном покрытии	0,56-0,61	0,89-0,93
Поверхностная обработка на черном щебеночном и черном гравийном покрытии	0,48-0,54	0,88-0,92
Поверхностная обработка на покрытиях из укрепленного битумом грунта	0,45-0,5	0,89-0,93
Поверхностная обработка на гравийных и щебеночных покрытиях	0,40-0,48	0,83-0,89

Выводы

На основе проведенных лабораторно-практических экспериментов можно сделать следующие выводы:

1. В качестве основного показателя характеризующего окончание срока службы

$\frac{H}{a + b \cdot B}$, а допустимую площадь максимального износа, следует принять не величину $\frac{H}{a + b \cdot B}$, а допустимую площадь максимального износа, численные значения которой приведены в таблице 1. Она устанавливается на основе наблюдений за службой дорожных покрытий, защитных слоев и характеризует собой не только количественный износ, но косвенно и качество покрытий – износо- и водостойкость.

2. При аналитических расчетах межремонтных сроков службы по износу по формуле (1) вместо $H_{\text{ср}}$ следует принять $H_{\text{расч}}$, которая определяется по формуле (4) и зависит от допустимой площади максимального износа, неравномерности толщины слоя износа, получаемой во время его устройства, и неравномерности износа по площади дорожного покрытия в период эксплуатации.

3. В практическом отношении исследования подтверждают о необходимости:

- максимального улучшения ровности покрытия перед устройством защитного слоя, что повышает равномерность толщины слоя (K_1), более равномерный его

износ в дальнейшем (K_2), а следовательно, продление $H_{расч}$ и межремонтного срока эксплуатации;

- неравномерный износ по ширине проезжей части происходит из-за неравномерности распределения движения. Поэтому полный износ (вся ширина проезжей части) прежде всего наступает на полосах наката и вызывает необходимость в повторном ремонте, в то время как на остальной, большей части площади покрытия защитный слой имеет достаточную толщину.

В подобных случаях рекомендуется восстанавливать защитные слои полосами или «картами» на сношенной площади до 30 %, что позволит с минимальными финансовыми затратами существенно увеличить межремонтный срок эксплуатации поверхностных обработок.

4. Практическое применение результатов исследований дает возможность продлить межремонтные сроки эксплуатации поверхностных обработок на 1-2 сезона, что обеспечит реальную экономию финансовых средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шахов О.Ф., Валиев Ш.Н., Кочетков А.В., Карпеев С.В. Методологические основы оценки технических рисков в менеджменте качества дорожного хозяйства / Интернет-журнал «Науковедение». Том 7, № 6 (2015).
2. Методологические основы оценки технических рисков Кокодеева Н.Е., Талалай В.В., Кочетков А.В., Аржанухина С.П., Янковский Л.В. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2012. № 28. – С. 126-134.
3. Организационно-экономический механизм инновационной деятельности дорожного хозяйства / С.П. Аржанухина, А.А. Сухов, А.В. Кочетков, Л.В. Янковский // Инновационный Вестник Регион. 2012. № 4. – С. 40-45.
4. Оценка технических рисков в техническом регулировании дорожного хозяйства / Ю.Э. Васильев, Ш.Н. Валиев, С.В. Ильин, Ю.А. Рюмин, В.В. Талалай, Н.В. Щеголева. Под редакцией А.В. Кочеткова и Н.Е. Кокодеевой. – М.: Изд-во МАДИ, 2017. – 265 с.; ил.
5. Перспективы развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве / А.В. Кочетков, Л.В. Янковский // Инновационный транспорт. 2014. № 1 (11). С. 42-45.
6. Проектирование структуры информационного обеспечения системы менеджмента качества дорожного хозяйства / А.В. Кочетков, В.Ю. Гладков, Д.М. Немчинов // Интернет-журнал «Науковедение». 2013. № 3 (16).
7. Статистические методы организации контроля качества при производстве дорожно-строительных материалов / А.В. Кочетков, Ю.Э. Васильев, В.В. Каменев, В.Л. Шляфер // Качество. Инновации. Образование. 2011. № 5 (72). С. 46-51.
8. Работоспособность и межремонтные сроки службы нежестких дорожных одежд / М.Я. Телегин, М.Б. Корсунский, М.С. Зельманович; Гос. Всесоюз. дор. науч.-исслед. ин-т СоюздорНИИ. – М.: Автотрансиздат, 1956. – 167 с.
9. Попов Е.И. Исследование методов назначением ремонтов и определения межремонтных сроков службы и работоспособности дорожных покрытий [Текст]: Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук. Сиб. автомоб.-дор ин-т. – Омск: 1959. – 21 с.
10. Крылов А.Н. Лекции о приближенных вычислениях. – М.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1954. – 401 с.

Katasonov Maksim Viktorovich

Volgograd state technical university, Volgograd, Russia
E-mail: max.inga@rambler.ru

Leskin Andrey Ivanovich

Volgograd state technical university, Volgograd, Russia
E-mail: leskien@inbox.ru

Gofman Dmitriy Ivanovich

Volgograd state technical university, Volgograd, Russia
E-mail: dima.0103@mail.ru

Kochetkov Andrey Viktorovich

Perm national research polytechnical university, Perm, Russia
E-mail: soni.81@mail.ru

Shchegoleva Natal'ya Vyacheslavovna

Saratov state technical university of Gagarin Yu.A., Saratov, Russia
E-mail: Shchegoleva123@mail.ru

How to determine the notional upper wear layer thickness of road surfaces

Abstract. Important urgent tasks of repair and maintenance of public roads include the determination of service terms of service on monitoring data highways. It is included in the list of administrative tasks, as well as common tasks and maintenance of automated Bank road "the ROAD." Modern level of science requires a transition from average to probabilistic and statistical methods of technical regulation and regulation at all stages of the life cycle of roads.

As a key measure characterizing the end of service life of the protective layer, should take the maximum size allowable wear. It is based on the observation of the service road coverings, protective layers and characterizes not only a quantitative, but indirectly wear and quality coating-abrasion and water resistance.

In such cases, it is recommended that you restore the protective layers of strips or "cards" on the worn area of up to 30 % with minimal financial cost to significantly increase turnaround period of exploitation of surface treatments.

Practical application of research results gives you the opportunity to extend mezhremontnye dates of operation surface finishing on 1-2 season that will provide real financial savings.

Keywords: repair; content; roads; probabilistic and statistical methods; wear; Road coverage; protective layers; surface treatment; terms of service; monitoring; financial costs

REFERENCES

1. Shahov O.F., Valiev Sh.N., Kochetkov A.V., Karpeev S.V. (2015). Methodological basis for assessing technical risks in road quality management. *Naukovedenie*, 6(7). (in Russian).
2. Kokodeeva N.E., Talalaj V.V., Kochetkov A.V., Arzhanuhina S.P., Yankovskij L.V. (2012). Methodological basis for technical risk assessment. *Bulletin of Volgograd State Architectural and Construction University*, 28, pp. 126-134. (in Russian).
3. Arzhanuhina S.P., Suhov A.A., Kochetkov A.V., Yankovskij L.V. (2012). The organizational-economic mechanism of innovative activity of road facilities. *Innovative Herald Region*, 4, pp. 40-45. (in Russian).
4. Vasilev Yu.E., Valiev Sh.N., Ilin S.V., Ryumin Yu.A., Talalaj V.V., Shegoleva N.V. (2017). Ocenka tehniceskikh riskov v tehnicеском regulirovanii dorozhnogo hozyajstva. [Assessment of technical risks in the technical regulation of road facilities. Ed. by A.V. Kochetkova, N.E. Kokodeevoy.] Moscow: Publishing house MADI, p. 265.
5. Kochetkov A.V., Yankovskij L.V. (2014). Prospects for the development of innovative activities in the road sector. *Innovative transport*, 1(11), pp. 42-45. (in Russian).
6. Kochetkov A.V., Gladkov V.Yu., Nemchinov D.M. (2013). Designing the structure of information support for the quality management system of road facilities. *Naukovedenie*, 3(16). (in Russian).
7. Kochetkov A.V., Vasilev Yu.E., Kamenev V.V., Shlyafer V.L. (2011). Statistical methods of organization of quality control in the production of road building materials. *Quality. Innovation. Education*, 5(72), pp. 46-51. (in Russian).
8. Telegin M.Ya., Korsunskij M.B., Zelmanovich M.S. (1956). Rabotosposobnost i mezhremontnye sroki sluzhby nezhestkih dorozhnyh odezhd. [Serviceability and overhauls life of non-rigid road clothes.] Moscow: Autotransizdat, p. 167.
9. Popov E.I. (1959). Issledovanie metodov naznacheniem remontov i opredeleniya mezhremontnykh srokov sluzhby i rabotosposobnosti dorozhnykh pokrytij. [Investigation of methods by appointment of repairs and determination of the between-service life and working capacity of road surfaces.] Omsk: Siberian Automobile and Road Institute, p. 21.
10. Krylov A.N. (1954). Lekcii o priblizhennykh vychisleniyah. [Lectures on approximate calculations.] Moscow: State Publishing House of Technical and Theoretical Literature, p. 401.