



УДК 625.08

**Габдуллин Талгат Ривгатович**

кандидат технических наук, доцент

E-mail: [talgat2204@mail.ru](mailto:talgat2204@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

**Кашипов Рафиль Фаилевич**

заместитель главного конструктора

E-mail: [rkashipov@gmail.com](mailto:rkashipov@gmail.com)

**ООО «Грузоподъем»**

Адрес организации: 420107, Россия, г. Казань, ул. Нигматуллина, д. 3

## **К вопросу совершенствования ремонта трещин дорожных покрытий**

### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Цель исследования – повышение качества ремонтно-восстановительных работ дорожных покрытий путем совершенствования ремонтного оборудования, снижение финансовых затрат на выполнение работ и минимизация участия человека в ремонтных работах.

*Результаты.* Основным результатом исследования является разработка универсального навесного фрезерного оборудования, которое может последовательно выполнить следующие операции по ремонту дорожного покрытия: фрезерование трещин на необходимую глубину и ширину; очистку от отфрезерованного гранулята, грязи, пыли, влаги и заливку (заполнение) битума в трещину, разогретую фрезерованием, обеспечивая, таким образом, надежное сцепление ремонтного материала с материалом дорожного покрытия. Результатом данной работы является прочно заделанная трещина.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для дорожно-строительной отрасли состоит в повышении качества ремонтно-восстановительных работ дорожных покрытий за счет применения разработанного универсального навесного фрезерного оборудования для ремонта трещин дорожных покрытий способом герметизации.

**Ключевые слова:** проект, оборудование, ремонт, трещины, дорожное покрытие, качество, способ, экономичность.

### **Введение**

Герметизация трещин в асфальтобетоне является одной из важных операций ремонтно-восстановительных работ по содержанию дорожного покрытия в безопасном состоянии. Данная операция предотвращает проникновение осадков, солей и различных реагентов через трещины вглубь слоев дорожного покрытия, которое может привести к повреждению поверхности дорожного покрытия и к опасным изменениям в нижних слоях дорожной одежды.

Операция герметизации, как правило, заключается в заполнении трещин горячей битумной мастикой с помощью заливщиков швов (плавильно-заливочных котлов). Есть определенные технологические и технические требования к используемому оборудованию – поддержание постоянной высокой температуры битумной мастики, т.к. потеря рабочей температуры влечет снижение ее адгезионных и других свойств. Важен и метод разогрева, он должен исключать прямой контакт пламени горелки с мастикой.

### **Трещины на дорожном покрытии. Причины появления**

Существуют разные причины появления трещин на дорожном покрытии [1]:

1. Усадка дорожного покрытия из-за его тепловой деформации;
2. Уменьшение упругости дорожного покрытия из-за низкого содержания битума и естественного его старения;
3. Сдвиги слоёв дорожного покрытия из-за недостаточной связи между ними.

К перечисленным причинам можно добавить следующие факторы, которые также могут являться причинами образования трещин дорожных покрытий [1]:

1) укладка дорожного покрытия производилась в условиях, нарушающих температурно-влажностный режим;

2) при изготовлении асфальтобетонных смесей были допущены отклонения в соотношении наполнитель/битум, присутствие загрязнений (например, применялся грязный щебень);

3) были допущены нарушения в технологиях укладки и уплотнения верхнего слоя дорожного покрытия;

4) при возведении земляного полотна допускались нарушения требований по уплотнению нижних слоев дорожной одежды;

5) были проведены некачественные ремонтно-восстановительные работы по заделке трещин в верхних слоях дорожного покрытия.

Известно, что трещины бывают ремонтируемые и не ремонтируемые методом их герметизации [2].

К ремонтируемым трещинам относятся трещины продольные. Их образованию могут предшествовать появления усталостных трещин, в особенности, если две и более трещины присутствуют на колёсном пути. Данная проблема, как правило, объясняется либо усадкой асфальтобетонного покрытия, либо недостаточным уплотнением стыков соседних проходов асфальтоукладчика. Продольные трещины устраняются их герметизацией с помощью плавило-заливочной машины.

Трещины поперечные образуются на асфальтобетонном покрытии под прямым углом к продольным трещинам и являются результатом усадки грунта под дорожным полотном. Поперечные трещины не опасны, если количество их невелико. Данные трещины в основном устраняются также способом их герметизации.

Трещины отражения возникают, главным образом, на покрытиях, если перед укладкой нового покрытия не были ликвидированы существующие трещины нижележащего покрытия, которые с истечением времени отражаются вверху поверхности.

Трещины групповые – данный тип трещин создает площади с трещинами, перекрывающими друг друга под различными углами. Одной из причин появления групповых трещин является отсутствие постоянного движения автотранспорта, которое как бы «массирует» покрытие, придавая ему упругость. Другими причинами могут быть технологические нарушения изготовления асфальтобетонных смесей на заводе.

Если ремонт будет произведен в начальный период появления групповых трещин, то можно обойтись только их герметизацией, но если процесс будет запущен, то потребуются полный ремонт поврежденного участка.

К трещинам, ремонт которых не возможен способом их герметизации относятся усталостные и сдвиговые.

Усталостные трещины – причиной их появления является естественное старение материала верхнего слоя дорожного покрытия, который в итоге и приводит к усталостному трещинообразованию. Верхний слой участка дороги с усталостными трещинами подлежит удалению с последующей его заменой.

Трещины краевые имеют как бы серповидные формы, пересекающие края покрытия и расположенные на расстоянии примерно 0,5 м от края дорожного покрытия, примыкающего к грунтовой обочине. Они вызываются перегрузкой края дорожного покрытия, разрушением или ослаблением обочины. Такие трещины не целесообразно ремонтировать с помощью герметизации, требуется их удаление и нанесение нового материала верхнего слоя дорожного покрытия.

Трещины сдвиговые – трещины образуют характерную серповидную форму и являются результатом «отрыва» верхнего слоя асфальтобетонного покрытия от нижерасположенных слоёв по причине больших перемещений или плохой связи между слоями. В данной ситуации заделывать эти трещины способом их герметизации также является не только неэффективным, но и бесполезным.

Личные наблюдения авторов за проведением ремонтно-восстановительных работ трещин способом их герметизации позволили заметить некоторые технически не эффективно решенные моменты данного процесса.

### **Технологические особенности проведения ремонта трещин способом их герметизации**

#### **Подготовка асфальта к герметизации**

Очень важным в технологическом процессе ремонта верхнего слоя дорожного покрытия является правильная подготовка трещин к их герметизации [3, 4]. Подготовка начинается с продувки трещин потоком воздуха, например, воздушными ножами, для их очищения от пыли, грязи или кусочков разрушенного материала дорожного покрытия.

Допустимо применение более мощных воздушных компрессоров при очистке трещин для удаления крупных осколков, обломков и влаги из трещин. Разрезка трещин, при помощи фрезы для разделки швов или специального диска с алмазной крошкой рекомендуется для обеспечения необходимой степени заполнения битумной эмульсией трещин в асфальтобетонном покрытии.

Недостаточное количество битумной эмульсии не сможет обеспечить необходимый защитный эффект от проникновения воды, являющейся главной причиной разрушения поверхности дорожного покрытия.

Для обеспечения надежной сцепляемости и полной заполняемости трещин в асфальтобетонном покрытии, применяемый ремонтный материал разогревается до температуры, рекомендованной его производителем, в плавильном котле разогрева с масляной рубашкой.

#### **Обзор существующего оборудования для ремонта трещин дорожного покрытия**

На сегодняшний день для герметизации трещин используют целый набор различных приспособлений и оборудования, например, котлы для подогрева битумного материала, оборудование для разделки (разрезания) трещин – нарезчики швов и трещин, оборудование для продувки и заливщики трещин.

Заливщики швов используются как для разогрева, так и для поддержания постоянной рабочей температуры битума. Они также предназначены для перемешивания и подачи под давлением битумной смеси в ремонтируемые трещины и технологические швы в асфальтобетонных покрытиях.

Работа заливщиков является автономной, питание может быть обеспечено различными силовыми установками: дизельными, карбюраторными или электрическими. В целом комплект оборудования заливщиков может включать одноосный прицеп с термобункером, битумным насосом, измерительными приборами, контролирующими температуру битума и давление его подачи.

Описанный комплект оборудования позволяет поддерживать рабочую температуру битумной смеси, а также обеспечивает подачу разогретой смеси для заполнения подготовленных к заливке трещин по термостойкому шлангу. Скорость и давление подачи разогретого битума можно регулировать. Используемая гидроаппаратура обеспечивает дозированную подачу горячей смеси, плавный запуск и безопасную остановку оборудования. Заливщики швов различных производителей концептуально схожи и все имеют примерно однотипные конструкции (рис. 1).

Нарезчики швов применяются для нарезания швов нужных размеров в асфальтобетонных покрытиях при ремонте и строительстве дорожных покрытий. Успешно они применяются также и для нарезания швов-каналов для прокладки различных инженерных систем: электропроводок, трубопроводов и др.

Можно сказать, что заливщики швов и котлы для подогрева битумного материала на строительном рынке имеются в большом количестве и самых различных модификаций и типов, как и установки для разделки и продувки трещин.

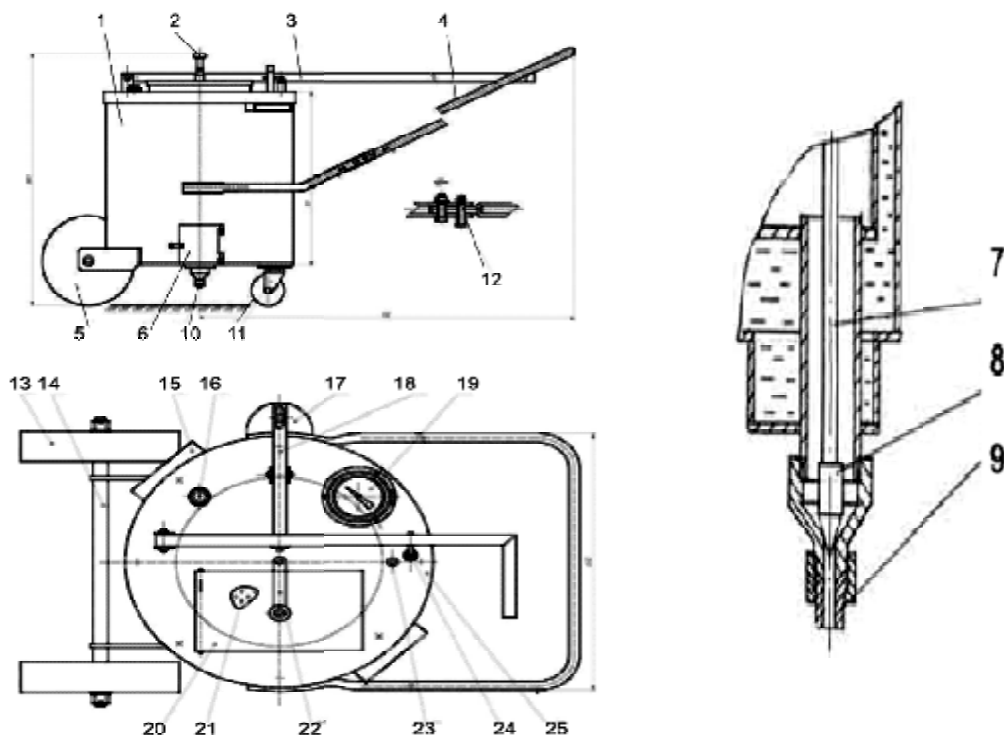


Рис. 1. Общее устройство типового заливщика швов [5]:

- 1 – теплоизолирующий корпус; 2 – ручка мешалки; 3 – кронштейн; 4 – ручка;  
 5 – колесо; 6 – дверца камеры сгорания; 7 – шток; 8 – клапан; 9 – насадка; 10 – спускной клапан;  
 11 – колесо поворотное; 12 – переходник; 13 – колесо; 14 – ось; 15 – дымогарная щель; 16 – шуп;  
 17 – спускной клапан; 18 – кронштейн; 19 – термометр; 20 – загрузочный люк;  
 21 – предохранительная решётка (снимается вручную); 22 – ручка мешалки; 23 – сапун;  
 24 – стопор кронштейна

Однако все перечисленное выше оборудование является отдельными рабочими единицами. Это существенно затрудняет и повышает стоимость выполнения ремонтно-восстановительных работ, так как приходится приобретать и транспортировать на рабочие площадки большое количество различного оборудования. Таким образом, является экономически и технологически целесообразным разработка одного универсального оборудования, выполняющего в комплексе основные рабочие функции при заделке трещин дорожного покрытия способом герметизации битумом.

Разработка подобного оборудования явилась основной целью исследований авторов представленной статьи.

### **Суть, содержание и основные результаты проведенных исследований**

Долговечность эксплуатации дорожных покрытий зависит, в том числе, и от качества проведения ремонтно-восстановительных работ.

В этих целях предлагается проведение ремонтно-восстановительных работ следующим способом.

Суть исследования заключается в разработке универсального навесного фрезерного оборудования, которое может последовательно выполнить следующие операции по ремонту дорожных трещин: фрезерование трещин на необходимую глубину и ширину, уборка способом продувки (возможно и всасыванием) отфрезерованного гранулята и заполнение очищенной трещины битумом, обеспечивая тем самым высокое сцепление ремонтного материала с материалом дорожного покрытия. Результатом подобной работы является прочно заделанная трещина дорожного покрытия.

Для выполнения в комплексе перечисленные выше технологические операции предлагается проект универсального навесного оборудования для герметизации трещин (рис. 2), которое будет совмещать в себе несколько различных устройств.

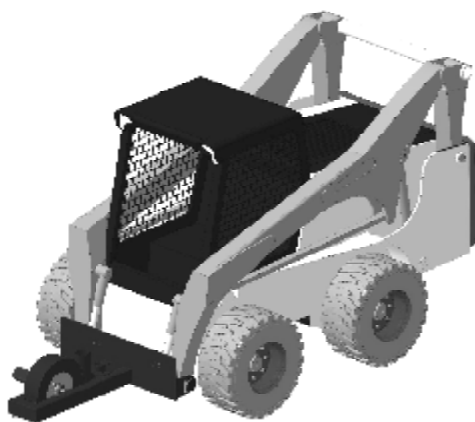


Рис. 2. Общий вид разрабатываемого оборудования (иллюстрация авторов)

В качестве базового транспортного средства (ТС), на которое достаточно легко можно навесить данное оборудование предлагается типовой минипогрузчик (возможны и другие варианты). Для доставки дооборудованного минипогрузчика к месту выполнения ремонтных работ могут быть применены автомобили типа ГАЗель, которые необходимо будет дооборудовать мостиком для подъема своим ходом на кузов ТС и спуска минипогрузчика на землю.

Для нарезки швов предлагаемое оборудование комплектуется фрезеровочным диском с алмазным напылением, приводящимся в движение гидромотором. Фреза опускается в рабочее положение и поднимается в транспортное положение при помощи гидроцилиндра минипогрузчика. Грязь, пыль и отфрезерованный асфальтовый гранулят удаляются продувкой воздухом с помощью специального сопла. Воздух для продувки поступает от компрессора базовой машины или машины сопровождения. Заполнение очищенной трещины битумной смесью происходит через битумное сопло.

Принцип работы предлагаемого оборудования для герметизации трещин в дорожном покрытии рассмотрим поэтапно.

На первом этапе фрезеровочный диск фрезерует трещину в дорожном покрытии на необходимую глубину и ширину.

Для этого, после выхода на оптимальные обороты, диск опускается к трещине. После соприкосновения диска с дорожным покрытием начинается процесс фрезерования трещины. За счет плавности работы и больших оборотов диска фрезеруемый материал получается в достаточной степени измельченный, что в дальнейшем позволяет без больших затрат удалять остатки материала из очищаемой трещины продувкой (всасыванием).

Для обеспечения плавности и легкости резания в ходе работы диск вращается по направлению движения ТС.

Во втором этапе разрабатываемая трещина для ее очищения от отфрезерированного гранулята и пыли продувается сжатым воздухом. Напор воздушного потока можно дополнительно усилить применением сопла специальной конструктивной формы, позволяющей направлять воздушный поток в нужном направлении и в нужное место.

На третьем этапе производится заполнение битумной смесью подготовленной трещины битумным соплом, в которое битумная смесь поступает по термостойкой магистрали из битумного котла-нагревателя, находящимся на машине сопровождения.

Данное оборудование является универсальным и по возможности его применения в различных местах, как в открытых, так и в закрытых помещениях. При работе в закрытых помещениях необходимо использовать более длинные шланги, которые смогут обеспечить подачу воздуха и битумной смеси из сопровождающей машины на улице, не

заводя ее, в закрытое помещение. Такой подход исключает отравление выхлопными газами при работе. Либо необходимо использовать специальные шланги для отвода выхлопных газов из помещения.

Разрабатываемое оборудование является также универсальным, т.к. возможно применение в качестве ремонтного материала горячего термопластика или других жидких материалов на битумной основе.

### **Выбор привода, подбор дополнительного оборудования и прочностные расчеты металлоконструкции**

Выбор привода для разрабатываемого оборудования производился путем сравнения с существующими моделями нарезчиков швов, а именно методом сравнения рабочих мощностей их двигателей [6, 7].

Расчет параметров вала производился с учетом всех возникающих усилий и моментов при работе вала на оптимальных оборотах равным  $n = 2000$  об/мин.

Подшипники рассчитывались по статической грузоподъемности.

Расчетная масса оборудования в сумме составила  $m = 75$  кг.

Результаты прочностного расчета в системе автоматизированного расчета и проектирования механического оборудования и конструкций в области машиностроения АРМ WinMachine подтвердили, что спроектированная рама способна выдерживать максимальные рабочие нагрузки [8-11].

### **Расчеты экономической целесообразности предлагаемой конструкции**

Расчеты экономической целесообразности данного проекта были проведены методом сравнения [11] предлагаемого оборудования с существующими комплектами оборудования для ремонта трещин способом герметизации.

Результаты расчетов показали, что уже за первый сезон эксплуатации финансовые расходы на создание предлагаемого оборудования окупаются полностью. Относительно быстрая окупаемость достигается уменьшением количества применяемого оборудования, соответственно снижением затрат на их приобретение и содержание, сокращением времени проведения ремонтных работ, а также снижением фонда заработной платы за счет сокращения количества рабочих в технологическом процессе ремонтно-восстановительных работ.

Расчёты производительности также подтвердили, что предлагаемое оборудование является эффективнее, чем совместное применение вышеперечисленного типового комплекта оборудования для ремонта трещин способом их герметизации [13, 14].

### **Заключение**

Таким образом, практическое применение оборудования, предложенного в статье, минимизирует ручной труд и количество различного оборудования, участвующего в технологическом процессе ремонта трещин в целом. Минимизация ручного труда при проведении ремонтно-восстановительных работ обеспечивает улучшение качества их проведения. Соответственно, уменьшается количество людей в ремонтных бригадах. Необходимость привлечения дополнительной техники и оборудования минимизируется. Сокращается время выполнения работ. При этом производительность и эффективность работы ремонтных бригад повышаются. Сроки безремонтной эксплуатации дорожных покрытий за счет повышения качества выполнения ремонтных работ также увеличиваются.

Следовательно, разработка и практическое внедрение в дорожно-строительную отрасль разработанного оборудования для ремонта дорожных покрытий является экономически и технически целесообразным.

### **Список библиографических ссылок**

1. URL: [https://www.texturepalace.com/gallery/ground/0917/1asphalt\\_texture\\_big\\_100917.jpg](https://www.texturepalace.com/gallery/ground/0917/1asphalt_texture_big_100917.jpg) (дата обращения: 17.02.2020).

2. Подольский В. П. Технология и организация строительства автомобильных дорог. Дорожные покрытия. М. : Академия, 2012. 304 с.
3. Иванов Г. П., Гришин И. В. О проблеме дорожного строительства – наличие трещин в асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог и мостов и пути их решения // Техника и технология транспорта. 2019. № 11. С. 1–8.
4. Габдуллин Т. Р. Новые технологии строительства дорог в России : сб. докладов Междунар. науч.-практ. конф. – Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений. Белгород : БГТУ, 2013. Т. 1. С. 109–113.
5. URL: <https://docplan.ru/Data2/1/4293819/4293819924.files/17.gif> (дата обращения: 15.02.2020).
6. Махмутов М. М. Расчет гидропривода транспортно-технологической машины. Проблемы и инновации в области механизации и технологий в строительных и дорожных отраслях. 2016. Т. 1. № 3. С. 6–10.
7. Махмутов М. М. Влияние исследуемых факторов на мощность фрезерования // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 2-4. С. 896–899.
8. Шарапов Р. Р., Харламов Е. В., Кайтуков Б. А., Степанов М. А. Некоторые проблемы динамики и надежности строительной техники // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 7. С. 5–8.
9. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение. М. : Машиностроение, 2009. 528 с.
10. Шелофаст В. В., Чугунов Т. Б. Основы проектирования машин. Примеры решения задач. М. : АПИМ, 2004. 240 с.
11. Sakharov R. L., Nikolaeva R. V., Gatiyatullin M. H., Makhmutov M. M. Modeling the dynamics of the chassis of construction machines // Journal of Physics: Conference Series. 2016. Т. 738. № 1. P. 012119.
12. Абрамов А. Т. Экономическое обоснование инженерных задач в дипломных проектах: методические рекомендации. Барнаул : АГАУ, 2002. 68 с.
13. David J. I., White Pavana, Vennapusa K. R., Thompson Mark J. Validation of Intelligent Technology // Department of Transportation Federal Highway Administration. 2012. P. 12.
14. Hunter R. F. Asphalt in road construction. London, United Kingdom : ICE Publishing, 2014. 588 p.

**Gabdullin Talgat Rivgatovich**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [talgat2204@mail.ru](mailto:talgat2204@mail.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

**Kashipov Rafil Failevich**

deputy chief designer

E-mail: [rafil\\_mail.ru@mail.ru](mailto:rafil_mail.ru@mail.ru)

**LLC «Gruzopjem»**

The organization address: 420107, Russia, Kazan, Nigmatullina st., 3

**On the issue of improving the repair of cracks in pavements****Abstract**

*Problem statement.* The purpose of the research is to improve the quality of repair and restoration work on pavements by improving the repair equipment, reducing the financial costs of the work, and minimizing the human participation in the repair work.

*Results.* The main result of the study is the development of universal mounted milling equipment that can sequentially perform the following pavement repair operations: milling cracks to the required depth and width, cleaning them from milled granulate, dirt, dust, moisture

and pouring (filling) into a bitumen crack heated by milling, thus ensuring reliable adhesion of the repair material to the road surface material. The result of this work is a firmly sealed crack.

*Conclusions.* The significance of the results obtained for the road-building industry consists in improving the quality of repair and restoration work on road surfaces through the use of the developed universal mounted milling equipment for repairing cracks in the road surfaces by sealing method.

**Keywords:** design, equipment, repair, cracks, road surface, quality, method, profitability.

## References

1. URL: [https://www.texturepalace.com/gallery/ground/0917/1asphalt\\_texture\\_big\\_100917.jpg](https://www.texturepalace.com/gallery/ground/0917/1asphalt_texture_big_100917.jpg) (reference date: 17.02.2020).
2. Podolsky V. P. Technology and organization of road construction. Road coverings. M. : Academia, 2012. 304 p.
3. Ivanov G. P., Grishin I. V. On the problems of road construction – the presence of cracks in asphalt concrete pavements on roads and bridges and ways of their solutions // Tekhnika i tekhnologiya transporta. 2019. № 11. P. 1–8.
4. Gabdullin T. R. New technologies of road construction in Russia: Dig. of reports of Int. scientific-practical conf. – Innovative materials, technologies and equipment for the construction of modern transport facilities. Belgorod : BSTU, 2013. V. 1. P. 109–113.
5. URL: <https://docplan.ru/Data2/1/4293819/4293819924.files/17.gif> (reference date: 15.02.2020).
6. Makhmutov M. M. Calculation of the hydraulic drive of the transport-technological machine. Problems and innovations in the field of mechanization and technology in the construction and road industries. 2016. V. 1. № 3. P. 6–10.
7. Makhmutov M. M. Influence of the studied factors on the power of milling // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. 2015. V. 17. №. 2-4. P. 896–899.
8. Sharapov R. R., Kharlamov E. V., Kaitukov B. A., Stepanov M. A. Some problems of the dynamics and reliability of construction equipment // Mekhanizatsiya stroitel'stva. 2017. V. 78. № 7. P. 5–8.
9. Lakhtin Yu. M., Leontiev V. P. Material science. M. : Mashinostroyeniye, 2009. 528 p.
10. Shelofast V. V., Chugunov T. B. Fundamentals of machine design. Examples of solving problems. M. : APM, 2004. 240 p.
11. Sakhapov R. L., Nikolaeva R. V., Gatiyatullin M. H., Makhmutov M. M. Modeling the dynamics of the chassis of construction machines // Journal of Physics: Conference Series. 2016. T. 738. № 1. P. 012119.
12. Abramov A. T. Economic justification of engineering problems in graduation projects: guidelines. Barnaul : AGAU, 2002. 68 p.
13. David J. I., White Pavana, Vennapusa K. R., Thompson Mark J. Validation of Intelligent Technology // Department of Transportation Federal Highway Administration. 2012. P. 12.
14. Hunter R. F. Asphalt in road construction. London, United Kingdom : ICE Publishing, 2014. 588 p.