

УДК 629.369

МОДЕРНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОЛИВОЧНОЙ МАШИНЫ НА БАЗЕ КАМАЗ-43118 ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВРЕМЕННЫХ ЗИМНИХ ДОРОГ

Ахмадуллина Л.Г., Мерданов Ш.М., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М., Плохов А.А.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: tts@tsoгу.ru

Развитие транспортной инфраструктуры и соблюдение экологии на территории проживания граждан являются главными проблемами экономически развитых стран, в том числе Российской Федерации. В статье рассмотрена модернизация рабочего оборудования поливочной машины на базе КамАЗ-43118 для строительства временных зимних дорог. Спроектирована система подогрева воды в цистерне, выполнена водяная схема. Обоснована работа форсунок в виде рабочего элемента при увлажнении снежной массы для строительства временных зимних дорог. Произведен расчет производительности, который показал, что при увеличении расстояния участка строительства до места забора воды, показатель будет уменьшаться. Проведены все расчеты, требуемые для правильного функционирования всех элементов конструкции модернизированной поливочной машины, подобраны узлы и детали для длительной эксплуатации данной машины.

Ключевые слова: рабочий орган, снежная масса, уплотнение, увлажнение, форсунки, автозимник

MODERNIZATION OF THE EQUIPMENT SPRINKLER ON KAMAZ-43118 TO BUILD TEMPORARY WINTER ROADS

Akhmadullina L.G., Merdanov Sh.M., Kostyrchenko V.A., Madyarov T.M., Plokhov A.A.

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Industrial University of Tyumen»,
e-mail: tts@tsoгу.ru*

Development of transport infrastructure and environmental compliance in the territory of residence of citizens are the main problems of the developed countries, including the Russian Federation. The article deals with the modernization of working equipment watering machine on the basis of KAMAZ-43118 for the construction of temporary winter roads. Designed water heating system in the tank, made water circuit. Substantiates the work of nozzles in the form of a work item when wet snowpack to build temporary winter roads. The calculation of productivity, which showed that with increasing distance the construction site to the water intake location indicator will decrease. We carried out all the calculations required for the proper functioning of all elements of the design of modernized irrigation machines, matched components and spare parts for long-term operation of the machine.

Keywords: actuator, snow mass, sealing, moisture, nozzles, winter road

Развитие транспортной инфраструктуры и соблюдение экологии на территории проживания граждан являются главными проблемами экономически развитых стран.

Снег является строительным материалом при строительстве снеголедовых дорог. Машины и механизмы, используемые при строительстве зимних дорог, взаимодействуют именно с ним. Для определения параметров и режимов работы машин необходимо: изучить физико-механические свойства снега, его структуру; определить коэффициент его теплопроводности; выявить виды разрушения снега при сдвиге; уточнить влияние свойств снежных масс на снегоочистку (процесс набрасывания на дорожное полотно); исследовать процессы уплотнения, факторы, влияющие на эффективность уплотнения (влияние нагрузок, влажности, температуры).

Возведение снеголедовых дорог – сложный процесс, обусловленный взаимодействием рабочих органов строительных машин со средой (снегом).

Ключевыми технологическими операциями этого процесса являются: наброска снега на полотно дороги, увлажнение и уплотнение снега.

Недостаточно исследовано влияние на процесс уплотнения снега конструктивных размеров рабочего органа и свойств снега, что не позволяет на этапе проектирования машины или дороги определять технологические параметры взаимодействия уплотняющего рабочего органа и уплотняемого снега (максимальная нагрузка, время нагружения) и таким образом обеспечить необходимое качество дороги [1–4].

При строительстве зимних дорог наблюдается большое разнообразие строительных работ и, соответственно, находят применение разнообразные машины и оборудование. Главным требованием к снежному дорожному полотну является сопротивление разрушению и продавливанию снежного покрова, то есть образование колеи. Данное требование чаще всего можно оценить его твердостью. Технологию уплотнения снега

уточняют в каждом конкретном случае в зависимости от требуемой плотности снега в слоях и его состояния в момент обработки. При этом руководствуются следующими положениями:

1) плотность снега до $0,45 \text{ г/см}^3$ достигается уплотнением его опущенным отвалом бульдозера;

2) плотность снега до $0,55 \text{ г/см}^3$ (при температуре воздуха до минус 10°C) и до $0,5 \text{ г/см}^3$ (при температуре ниже минус 10°C) достигается уплотнением его катками;

3) плотность снега более $0,6 \text{ г/см}^3$ достигается дополнительным поливом полотна водой после уплотнения; количество воды зависит от требуемой плотности снега.

Главным требованием к снежному дорожному полотну является сопротивление разрушению и продавливанию снежного покрова, то есть образование колеи. Данное требование чаще всего можно оценить его твердостью.

Для гарантированного и стабильного интенсивного движения колесных технических средств по временным зимним дорогам необходимо, чтобы показатель твердости покрытия имел показатель более 350. Если же показатель твердости меньше 170, покрытие будет разрушаться уже после 25...30 проездов.

Несущая способность временных зимних дорог для транспортных средств в основном зависит от плотности снежоледового покрытия. В табл. 1 представлены данные о зависимости несущей способности дорожного полотна и вида машин, допускаемые для проезда по временной зимней дороге, от плотности дорожного покрытия.

Таблица 1
Несущая способность
снежоледового покрытия

Плотность дорожного покрытия, т/м^3	Несущая способность, МПа	Допустимое движение машин
0,2	0,04	Гусеничных
0,25	0,08	Гусеничных
0,3	0,2	Колесных массой до 1,5 т
0,35	0,3	Колесных массой до 3 т
0,5	0,6	Колесных массой до 5 т
0,6	2,00	Колесных массой до 15 т

Альтернативный путь повышение эффективности применения комплексов машин в суровых условиях эксплуатации – это осуществление мероприятий по адаптации

техники к конкретным условиям: времени начала строительства, природно-климатические условия строительства трассы.

Разработка новых конструкций машин потребовала создания научно обоснованных методик расчета их параметров, позволяющих оптимизировать процесс создания снежоледового покрытия, для чего были проведены исследования. Все вышеперечисленное формирует основы теории взаимодействия рабочих органов снегоуплотняющих, снегоувлажняющих, снегобрикетирующих машин со средой.

Научная новизна работы заключается в следующем:

– теоретически обосновать параметры механизированных комплексов для строительства зимних дорог в районах Севера и Сибири;

– обосновать возможность и целесообразность использования снега в качестве строительного материала зимних дорог;

– выявить закономерности изменения плотности снега в зависимости от его влажности, величины внешней нагрузки, времени и скорости ее воздействия;

– определить оптимальную по энергоёмкости уплотнения величину влажности снега [7–8].

Предложено увлажнение снега при строительстве снежоледовых дорог, с использованием распыляющих форсунок, что повысит качество увлажнения по всей площади. Также с использованием водяного насоса увеличится подача воды, что благоприятно скажется на производительности транспортного средства. А постоянный напор, который обеспечивает насос, дает возможность равномерной подачи жидкости и не зависит от уровня воды в цистерне [5–6]. Для переоборудования машины в поливочную достаточно снять раму крепления форсунок, используемых для увлажнения снежной массы при строительстве снежоледовых дорог, и установить гидролинии и моечные сопла в переднюю часть автомобиля перед передним усилителем бампера (рис. 1).

Поливочная машина оборудована центробежным насосом НЦ-65/125, который имеет технические характеристики, представленные в табл. 2.

Этот насос обеспечит универсальность транспортного средства, то есть его использование не ограничивается только возведением временных зимних дорог, а также их ремонта, но возможно использование данной машины в летний период в коммунальных работах [9–10]. Водяная схема представлена на рис. 2.

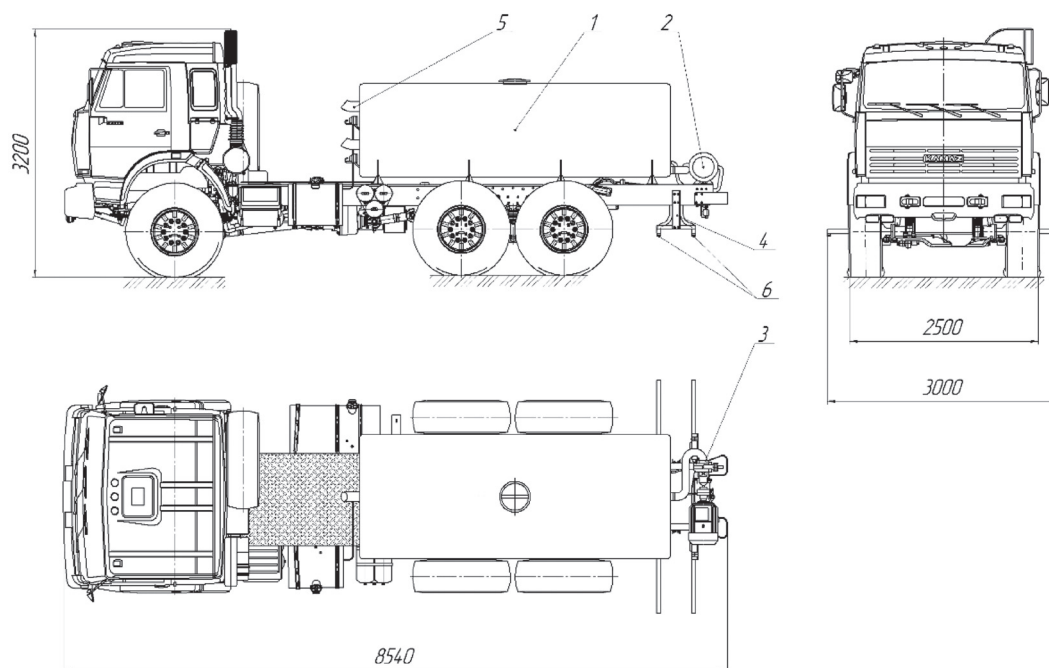


Рис. 1. Машина для увлажнения снежной массы на базе КамАЗ-43118:
 1 – цистерна; 2 – электродвигатель; 3 – водяной насос; 4 – рама крепления форсунок;
 5 – жаровые трубы; 6 – форсунки

Таблица 2

Технические характеристики водяного насоса

Напор, м	115
Мощность, кВт (л.с.)	32,4 (44)
Напор при предельной частоте вращения, м	125
Подача, м ³ /ч (л/с)	60 (16,7)
Номинальная частота вращения, С ⁻¹ (об/мин)	58 (3500)
Давление на входе в насос, МПа (кгс/см ²), не более	0,035 (0,35)
Предельная частота вращения, с ⁻¹ (об/мин)	70 (4200)
КПД, % не менее	60
Габариты, мм	390×370×375

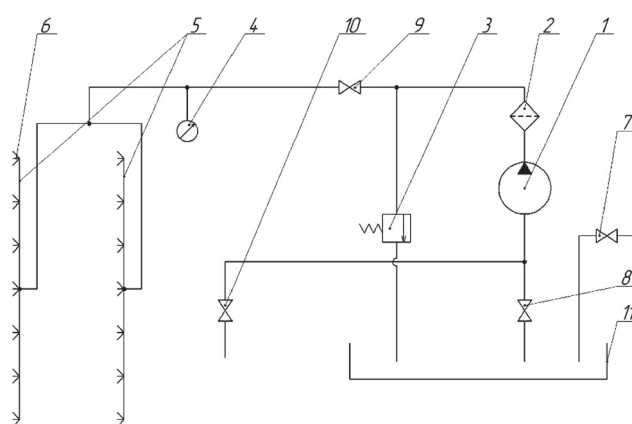


Рис. 2. Водяная схема машины для увлажнения снежной массы:
 1 – водяной насос; 2 – фильтр; 3 – предохранительный клапан; 4 – манометр;
 5 – трубы с форсунками; 6 – форсунка; 7 – пробковый кран; 8 – центральный клапан;
 9 – напорный клапан; 10 – заборный клапан; 11 – цистерна

Система подогрева цистерны (рис. 3) состоит из двух жаровых труб, горелок, топливного бака, топливопроводов и системы подачи топлива. Система предназначена для нагревания воды до 10°C и поддержания ее рабочей температуры.

Рама крепления форсунок состоит из двух заглушенных труб, к которым присоединяется нагнетающий сдвоенный патрубок для подвода воды, соединенный с центробежным водяным насосом (рис. 4). Они соединены двумя такими же трубами квадратного сечения посредством сварного соединения. К ним приварены перпенди-

кулярно вертикально две трубы, которые имеют приваренные на конце пластины, с помощью которой рама крепления форсунок крепится за раму машины. Основную нагрузку будут иметь трубы с форсунками, свободные концы которых вывешены на 1,1 м с каждой стороны машины.

Устройство для полива имеет две заглушенных трубы длиной по 3 м, к центру каждой подводится вода. Одна труба имеет 7 водяных форсунок с факелом распыла «полный конус». Они расположены равномерно по всей длине трубы, расстояние между форсунками составляет 0,5 м [11–13].

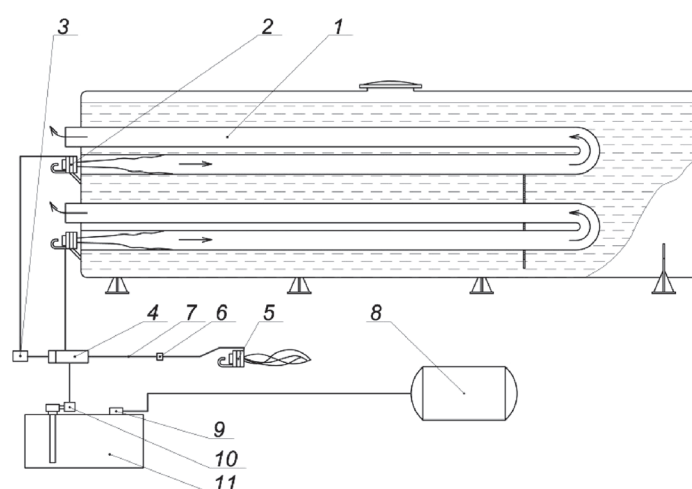


Рис. 3. Схема отопительной системы с жаровыми трубами:

- 1 – жаровая труба; 2 – стационарная горелка; 3 – вентиль стационарной горелки;
4 – распределительный вентиль; 5 – переносная горелка; 6 – вентиль переносной горелки;
7 – шланг переносной горелки; 8 – ресивер; 9 – вентиль воздухопровода; 10 – тонкий вентиль;
11 – топливный бак

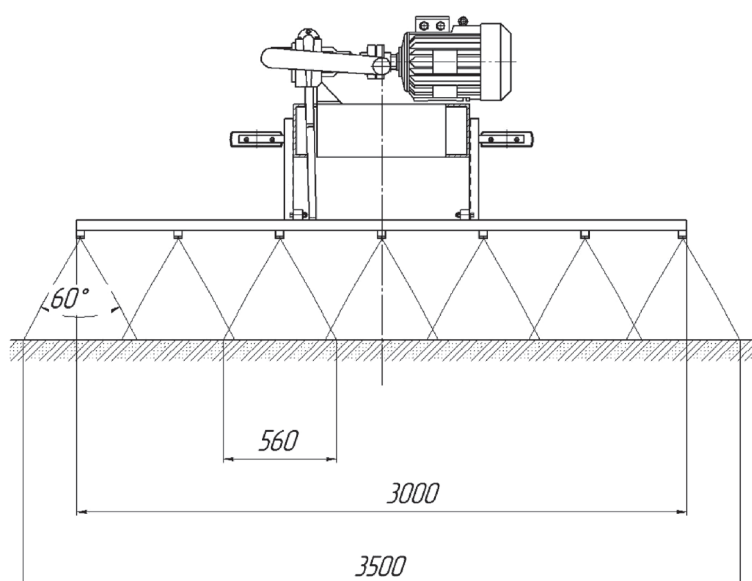


Рис. 4. Рама крепления форсунок

Максимальный расход воды ограничивается водяным насосом и равен исходя из технических характеристик $Q_{\text{насос}} = 16,7$ л/с. Такой расход достигается при номинальной частоте вращения насоса, который равен 3500 об/мин. Действительный расход будет меньше, так как номинальная частота вращения вала электродвигателя составляет 3000 об/мин.

Для проектирования машины увлажнения снежной массы необходимо выполнить расчет производительности.

Техническая производительность определяется по формуле

$$P_{\text{техн}} = F_{\text{полив}} / T_{\text{полив}}, \quad (1)$$

где $T_{\text{полив}}$ – общее время полива при строительстве дороги.

$$T_{\text{полив}} = L_{\text{полив}} / V_{\text{полив}} + L_{\text{движ}} / V_{\text{движ}}, \quad (2)$$

где $V_{\text{полив}}$ – скорость движения машины при поливе дороги, $V_{\text{полив}} = 1$ м/с; $L_{\text{движ}}$ – общее расстояние, пройденное машиной при заборе воды,

$$L_{\text{движ}} = 2 \cdot L_{\text{запр}} \cdot n_{\text{запр}} = 2 \cdot 2 \cdot 76 = 304000 \text{ м};$$

$V_{\text{движ}}$ – скорость движения машины по дороге,

$$V_{\text{движ}} = 80 \text{ км/ч} = 22,2 \text{ м/с};$$

$$T_{\text{полив}} = 32000/1 + 304000/22,2 = 45680 \text{ с}.$$

Тогда техническая производительность $P_{\text{техн}}$ равна

$$P_{\text{техн}} = 112000/45680 = 2,42 \text{ м}^2/\text{с}.$$

Часовая техническая производительность определяется по формуле

$$P_{(\text{т ч})} = 3600 \cdot P_{\text{техн}} = 3600 \cdot 2,42 = 8700 \text{ м}^2/\text{ч}.$$

Эксплуатационная часовая производительность определяется по формуле

$$P_{(\text{э ч})} = P_{(\text{т ч})} \cdot K_{\text{в}} = 8700 \cdot 0,8 \approx 7000 \text{ м}^2/\text{ч}.$$

где $K_{\text{в}}$ – коэффициент использования машины по времени, $K_{\text{в}} = 0,8$.

Техническая часовая производительность составила $P_{(\text{т ч})} = 8700 \text{ м}^2/\text{ч}$. При увеличении расстояния участка строительства до места забора воды, этот показатель будет уменьшаться.

Расстояние $L_{\text{п}}$, которое может увлажнить полностью заправленная водой поли-

вочная машина, при ширине полива 3,5 м и рабочей скорости полива равной ≈ 1 м/с определяется по формуле

$$L_{\text{п}} = \frac{V_{\text{ц}}}{q_{\text{в}}}, \quad (3)$$

где $V_{\text{ц}}$ – объем воды в цистерне, $V_{\text{ц}} = 6000$ л; $q_{\text{в}}$ – расход воды на 1 м пути, $q_{\text{в}} = 14,3$ л/м.

$$L_{\text{п}} = \frac{6000}{14,3} = 420 \text{ м}.$$

Получили, что полностью заправленная водой поливочная машина может увлажнить слой толщиной 0,1 м и ширина полива составляет 3,5 м. Данная поливочная машина конструктивно, имея ширину полива 3,5 м, идеально подходит для строительства автозимников II категории, где машине достаточно двух проходов с каждой стороны полос движения, образуя требуемый полив шириной 7 м. Для увлажнения автозимников III категории потребуется производить полив с перекрытием полосы увлажнения в 0,5 м.

Для строительства автозимников I категории увлажнение одного слоя потребуется производить в 3 прохода, с перекрытием полосы полива 0,5 м, с частичной поливкой обочины. Ширина полива дорожного полотна составит 9,5 м.

Проведены все расчеты, требуемые для правильного функционирования всех элементов конструкции модернизированной поливочной машины, подобраны узлы и детали для длительной эксплуатации данной машины.

Список литературы

1. Колунина В.А., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Проектирование машины для содержания и ремонта временных зимних дорог на базе снегоболотохода «Странник» // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: материалы Международной научно-технической конференции. – Тюмень, 2015. – С. 150–153.

2. Колунина В.А., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Приоритеты развития наземных транспортно-технологических комплексов в освоении континентального шельфа // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: материалы Международной научно-технической конференции. – Тюмень, 2015. – С. 147–149.

3. Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Влияние когерентного излучения на процесс растепления снежной массы при строительстве автозимников // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: материалы Международной научно-технической конференции. – Тюмень, 2015. – С. 373–376.

4. Костырченко В.А., Спиричев М.Ю., Шаруха А.В., Мадьяров Т.М., Строительство временных зимних дорог как элемент приоритетного направления развития науки, технологий и техники в российской федерации // Нефть и газ Западной Сибири: материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию Тюменского индустриального института / ответ. ред. О.А. Новоселов. – Тюмень, 2013. – С. 147–151.

5. Костырченко В.А., Шаруха А.В., Спиричев М.Ю., Мадьяров Т.М. Строительство временных зимних дорог как элемент приоритетного направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации // Нефть и газ западной Сибири: материалы Международной научно-технической конференции. Т. 4. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – 173 с. (147–151).

6. Мадьяров Т.М., Мерданов Ш.М., Костырченко В.А. Устройство для ремонта автотранспортных средств // Интерстроймех 2014: материалы Международной научно-технической конференции. – Самара, 2014. – С. 229–232.

7. Мадьяров Т.М., Костырченко В.А., Шаруха А.В., Спиричев М.Ю. Влияние зимних дорог на жизнедеятельность растений крайнего севера // Нефть и газ Западной Сибири: материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию Тюменского индустриального института / ответ. ред. О.А. Новоселов. – 2013. – С. 53–59.

8. Мерданов Ш.М., Обухов А.Г., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Самоходный скрепер со снегоуплотняющим агрегатом // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 3 – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2511> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

9. Мерданов Ш.М., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Проектирование вибрационного катка для строительства временной зимней дороги // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: материалы Международной научно-технической конференции. – Тюмень, 2015. – С. 207–209.

10. Мерданов Ш.М. Механизированные комплексы для строительства временных зимних дорог: монография. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – 196 с.

11. Мерданов Ш.М., Сысоев Ю.Г., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Машина для ремонта временных зимних дорог // Инженерный вестник Дона. – 2014. – Т. 29. – № 2. – С. 101.

12. Обухов А.Г., Мерданов Ш.М., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Самоходный скрепер со снегоуплотняющим агрегатом // Инженерный вестник Дона. – 2014. – Т. 30. – № 2. – С. 58.

References

1. Kolunina V.A., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M. Proektirovanie mashiny dlja sodержaniya i remonta vremennyh zimnih dorog na baze snegobolotohoda «Strannik». Nazemnye transportno-tehnologicheskie komplekсы i sredstva. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Tjumen, 2015. pp. 150–153.

2. Kolunina V.A., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M. Prioritety razvitiya nazemnyh transportno-tehnologicheskikh komplekсов v osvoenii kontinentalnogo shelfa. Nazemnye transportno-tehnologicheskie komplekсы i sredstva. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Tjumen, 2015. pp. 147–149.

3. Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M. Vlijanie kogherentnogo izlucheniya na process rastepleniya snezhnoj massy pri stroitelstve avtozimnikov. Nazemnye transportno-tehnologicheskie komplekсы i sredstva. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Tjumen, 2015. pp. 373–376.

4. Kostyrchenko V.A., Spirichev M.Ju., Sharuha A.V., Madjarov T.M., Stroitelstvo vremennyh zimnih dorog kak jelement prioritetnogo napravleniya razvitiya nauki, tehnologii i tehniki v rossijskoj federacii. Neft i gaz Zapadnoj Sibiri. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii, posvjashhennoj 50-letiju Tjumenskogo industrialnogo instituta. Tjumen, 2013. pp. 147–151.

5. Kostyrchenko V.A., Sharuha A.V., Spirichev M.Ju., Madjarov T.M., «Stroitelstvo vremennyh zimnih dorog kak jelement prioritetnogo napravleniya razvitiya nauki, tehnologii i tehniki v Rossijskoj Federacii», Neft i gaz zapadnoj Sibiri. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. T. 4. Tjumen: TjumGNGU, 2013. 173 p. (147–151).

6. Madjarov T.M., Merdanov Sh.M., Kostyrchenko V.A. Ustrojstvo dlja remonta avtozimnikov. Interstrojmeh 2014. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Samara, 2014. pp. 229–232.

7. Madjarov T.M., Kostyrchenko V.A., Sharuha A.V., Spirichev M.Ju. Vlijanie zimnih dorog na zhiznedejatelnost rastenij krajnego severa Neft i gaz Zapadnoj Sibiri Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii, posvjashhennoj 50-letiju Tjumenskogo industrialnogo instituta. Otvetstvennyj redaktor O.A.Novoselov. 2013. pp. 53–59.

8. Merdanov Sh.M., Obuhov A.G., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M. Samohodnyj skreper so snegouplotnjajushhim agregatom // Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, no. 3. Rezhim dostupa: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2511> (dostup svobodnyj) – Zagl. s jekrana. Jaz. rus.

9. Merdanov M.Sh., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M. Proektirovanie vibracionnogo kатka dlja stroitelstva vremennoj zimnej dorogi. Nazemnye transportno-tehnologicheskie komplekсы i sredstva. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Tjumen, 2015. pp. 207–209.

10. Merdanov Sh.M. Mehanizirovannye komplekсы dlja stroitelstva vremennyh zimnih dorog: Monografija. Tjumen: TjumGNGU, 2013. 196 p.

11. Merdanov Sh.M., Sysoev Ju.G., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M. Mashina dlja remonta vremennyh zimnih dorog. Inzhenernyj vestnik Dona. 2014. T. 29. no. 2. pp. 101.

12. Obuhov A.G., Merdanov Sh.M., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M. Samohodnyj skreper so snegouplotnjajushhim agregatom. Inzhenernyj vestnik Dona. 2014. T. 30. no. 2. pp. 58.