

УДК 629.369

## ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИН ДЛЯ УВЛАЖНЕНИЯ СНЕЖНОЙ МАССЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВРЕМЕННЫХ ЗИМНИХ ДОРОГ

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

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

Сибирь и Север – это регионы России, для которых характерны суровые природно-климатические условия, которые оказывают влияние на повышение затрат для производства продукции и жизнеобеспечения населения. Временные зимние дороги до настоящего времени выполняются с использованием устаревших технологий и плохо приспособленных подручных средств, что приводит к низкой производительности и невысокому качеству строительства, а следовательно, и низкому качеству дорожного полотна. В анализе существующих патентов рассмотрены конструкции машин и агрегатов для строительства временных зимних дорог, которые применяются для увлажнения снежной массы или используют агрегаты, способные комбинировать увлажнение с другими технологическими процессами возведения снеголедовых дорог. Разработана структура аналитического исследования, в которой определены взаимосвязи по увлажнению и уплотнению снежной массы при строительстве временных зимних дорог.

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

## JUSTIFICATION OF SNOW MACHINE FOR DAMPING THE WEIGHT AT THE TIME OF CONSTRUCTION OF WINTER ROADS

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

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

Siberia and the North – is Russian regions, which are characterized by harsh climatic conditions, which have an impact on the increase in costs for the production and livelihood of the population. Temporary winter roads hitherto performed using outdated technology and poorly adapted improvised means, which leads to low productivity and poor quality of construction, and hence the poor quality of the roadway. In the analysis of existing patents discussed construction of machines and plants for the construction of temporary winter roads, which are used to moisten the snowpack or use machines that can be combined with other moisturizing process snow roads. The structure of the analytical study, which identifies the relationship humidification and compaction of the snow mass in the construction of temporary winter roads.

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

С каждым годом потребность в развитой транспортной инфраструктуре увеличивается все сильнее. К тому же возрастает объем перевозок технологического и автомобильного транспорта в районах Севера и Сибири. В этих районах наибольшая доля перевозок приходится на зимнее время года, в период установившейся отрицательной температуры. Для передвижения автомобилей по этой местности в зимнее время года используют снеголедовое дорожное покрытие [3–6].

Строительство временных зимних дорог – сложный процесс, основными операциями которого являются: сбор снежной массы на полотно, ее увлажнение и в дальнейшем уплотнение снега. Так происходит послойное наращивание дорожного полотна до требуемой толщины.

Также необходимо учитывать, что автозимники должны отвечать следующим требованиям:

- сооружаться быстрыми темпами из местных строительных материалов при максимальной механизации работ;

- выдерживать расчетные нагрузки всех видов транспортных средств (колесные, гусеничные, санные поезда) и обеспечивать их проезд с расчетными скоростями в течение требуемого срока эксплуатации;

- легко восстанавливаться после разрушения от воздействия транспортных средств и природных факторов.

При возведении снеголедовых дорог основным строительным материалом является снег, который в зимнее время года в районах Севера и Сибири выпадает в большом количестве. Это существенно снижает затраты в сравнении со строительством капитальных дорог, где большая часть средств уходит на производство и транспортировку строительного материала дорожной одежды [1–2].

Временные зимние дороги до настоящего времени выполняются с использованием устаревших технологий и плохо приспособленных подручных средств, что приводит к низкой производительности и невысокому качеству строительства, а следовательно, и низкому качеству дорожного полотна.

Большое внимание при проектировании и строительстве дороги должно быть уделено влиянию возводимой дороги на экологический режим окружающей местности. При возведении зимней дороги в зоне вечной мерзлоты без тепловой защиты верхнего торфяного слоя последний с наступлением весеннего потепления усиленно протаивает и разбивается колесами и гусеницами машин, чему способствует и срезание кочек бульдозерами в процессе выравнивания основания при строительстве. Разрушение верхнего торфяного слоя почвы снижает его теплоизолирующую способность по отношению к лежащей под ним вечной мерзлоте и ведет в летнее время к образованию огромных колеи, наполненных разжиженной почвой [6–8].

На прочных грунтовых основаниях и полностью промерзающих болотах рекомендуется возводить дороги с поперечным профилем. Такие дороги можно использовать в незаносимой снегом местности, а в сочетании с простыми мерами снегозащиты – и в местности с объемом снегопереноса до 150 м<sup>3</sup> на метр. Полотно дороги состоит из уплотненного снега, уложенного на спланированное основание. При необходимости выравнивания таких оснований используют гравийную, щебеночную или песчаную подсыпку.

Из-за малой эффективности способов возведения этих дорог для легковых и большегрузных автомобилей, технологического транспорта и автопоездов потребовалось изучение процессов и методов получения из снежной массы монолитного тела, разработка новых высокопроизводительных технологий и технологических средств для строительства временных дорог.

Новые технологии строительства временных зимних дорог позволяют получать ровное и прочное дорожное полотно, которое обеспечивает безопасность передвижения автомобильного транспорта с требуемыми скоростями движения, необходимую пропускную способность, низкие затраты на ремонт полотна после разрушения в процессе эксплуатации, предохраняют почву от разрушения ее покрова. Также к достоинствам относится быстрое строительство дорожного полотна с полной механизацией работ, минимальная потребность в привозе строительных материалов и увеличенный срок эксплуатации в весенний период.

Проблемы, связанные со строительством, эксплуатацией и обеспечением экологической безопасности дорожного хозяй-

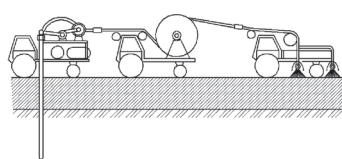
ства, требуют решения на основе внедрения новейших наукоемких технологий, методов управления и создания эффективных машин и оборудования [8–9].

На данный момент внутренняя политика России включает в себя создание и использование новых энергоэффективных технологий, развитие транспортной инфраструктуры, а также увеличение территорий транспортных коммуникаций с сохранением экологического равновесия окружающей среды. Расширение и развитие транспортной инфраструктуры в значительной степени зависит от применяемых технологий строительства, а также от изобретения и внедрения новых машин, агрегатов и конструкционных материалов.

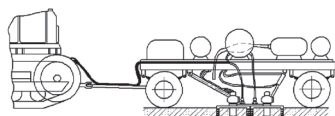
В анализе существующих патентов рассмотрены конструкции машин и агрегатов для строительства временных зимних дорог (рис. 1), которые применяются для увлажнения снежной массы или используют агрегаты, способные комбинировать увлажнение с другими технологическими процессами возведения снежоледовых дорог.

Изобретение (RU 2487210) относится к средствам для ускорения подготовки оснований при возведении зимних автодорог и проведении ремонтных работ, а именно к средствам для создания условий ускоренного промораживания в глубину до необходимых пределов предварительно осушенных болотных поверхностей. Устройство содержит передвижные средства, на которых установлено оборудование для осуществления процесса увлажнения оснований автозимников на осушенных болотах. На первом передвижном средстве установлены электростанция с топливным баком и насос для забора воды из предварительно просверленных скважин, оборудованных термоизолированными обсадными трубами с резьбой. Насос соединен с накопителем-подогревателем посредством шланга, барабан для которого расположен на втором передвижном средстве. Шланг соединен с гребенками-распределителями для распределения воды, установленными на третьем передвижном средстве. Обеспечивается эффективность подготовки основания под автозимники. Существенные недостатки конструкции заключаются в сложности схемы работы машины, необходимости в транспортировке к месту.

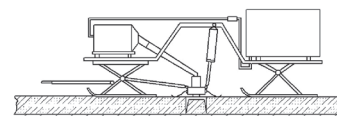
Изобретение (RU 2530966) относится к средствам механизации для ремонта снежоледовых покрытий. Технический результат – повышение эффективности процесса



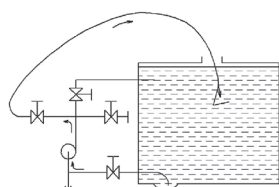
Патент № 2487210 (RU)



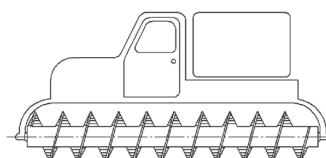
Патент № 2530966 (RU)



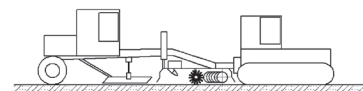
Патент № 2097480 (RU)



Патент № 2245729 (RU)



Патент № 2547766 (RU)



Патент № 2252290 (RU)

Рис. 1. Патенты конструкций машин и агрегатов для строительства временных зимних дорог

ремонта изношенных поверхностей автозимников. Устройство содержит рабочий орган, состоящий из пяти фрезерных аппаратов с вертикальными осями вращения, установленных на металлической платформе в шахматном порядке. Фрезерные аппараты оборудованы системой отверстий для подачи воды под давлением из емкости к ножам фрезерного аппарата с целью подачи ее в массу срезаемого материала через отверстия в задней стенке ножей методом распыла до состояния перенасыщения. Для привода фрезерных аппаратов установлены высокомоментные гидродвигатели. Недостатками данной конструкции являются: перекачка воды из водовоза в ёмкость на устройстве, дополнительный трактор с установленным гидронасосом высокого давления, сложность управления фрезерными аппаратами.

Изобретение (RU 2097480) относится к машинам, предназначенным для строительства дорожных покрытий, а именно к устройствам для увлажнения снежной массы при строительстве снежоледовых дорог в северных районах. Сущность изобретения: тепловой рыхлитель выполнен в виде П-образных ножей, которые сообщены паропроводами с парообразователем, причем на осях ножей установлены гидродвигатели, обеспечивающие вращение вокруг вертикальной оси. Недостатки изобретения: требуется дополнительная машина-тягач, устройство не универсально, требуется транспортирование до места строительства дороги.

Изобретение (RU 2245729) относится к противопожарной технике, в частности к техническим способам и средствам, предназначенным для предотвращения замерзания запаса воды, находящейся в цистерне пожарного автомобиля, при помощи тепла, образующегося иначе, чем в результате сгорания топлива. Задачей изобретения является подогрев воды для предотвращения обледенения и замерзания запаса воды в цистерне пожарного автомобиля и ликвидация застойных зон в емкости в условиях низких температур окружающего воздуха при минимальных доработках конструкций агрегатов пожарных машин. Для решения этой задачи подогрев воды проводят путем перепуска воды под напором по схеме «Цистерна – насос – цистерна» через дополнительно установленную на сливном напорном патрубке диспергирующую кавитационную насадку, подавая воду под слой воды в цистерне, причем в качестве насадки используют сменную дефлекторную отражательную пластину, установленную на расстоянии 1–3 диаметра выходного отверстия насадки перпендикулярно потоку воды, а диаметр выходного отверстия насадки применяют от 25 до 75 мм. К недостаткам можно отнести относительно низкий КПД, длительное время нагрева, дополнительный отбор мощности от основного двигателя.

Изобретение (RU 2547766) относится к области строительства и эксплуатации дорог и аэродромов, подготавливаемых методом уплотнения снега. Устройство содержит базовую машину, ходовое оборудование

которой представляет собой два соосных шнека противоположного вращения. Шнеки состоят из полых цилиндров, на которые навито клиновидное резьбовое ребро. На поверхности шнеков выполнены отверстия, через которые осуществляется подача пара для увлажнения снега. Обеспечивается увлажнение снега с одновременным перемешиванием ходовым оборудованием при движении по снежному полотну. Недостатки: неравномерное увлажнение снега, машина не универсальна, сложность конструкции.

Изобретение (RU 2097480) относится к области дорожно-строительной техники, используемой для прокладки снеголедового дорожного полотна временных автозимников по снежной целине без подготовки грунтового основания, для строительства зимних автодорог на снежном и ледяном покрове в условиях Заполярья и Крайнего Севера, Сибири и Северо-Востока России, для строительства временных зимних дорог для трубопроводного строительства в сложных условиях, для строительства автомобильных дорог для обустройства газовых и нефтяных месторождений в районах вечной мерзлоты, для строительства снеголедовых вертолетных площадок, для строительства площадок на нефтяных и газовых промыслах, для строительства взлетно-посадочных полос аэродромов в условиях Крайнего Севера, а также обеспечивает содержание (обслуживание) автозимников с наращиванием снеголедового полотна, устройство автозимников с продленными сроками эксплуатации. Технический результат – повышение эффективности создания снеголедового полотна за счет повышения эффективности тепловой обработки снега при снижении удельной энергоемкости процесса за счет возможности выбора оптимального для данного процесса температурного режима и создания при этом требуемого направления вектора температурного поля. Способ сооружения монолитного снеголедового покрытия осуществляют путем рыхления массы снежного покрова дисковыми рыхлителями, оси вращения которых размещены под углом, предпочтительно  $45^\circ$ , к направлению перемещения установки, последующего фрезерования разрыхленной снежной массы с направлением ее потоком во взвешенном состоянии к термическому устройству, имеющему возможность отклонения на  $30\text{--}90^\circ$  от вертикали навстречу указанному потоку, снабженному горелками, работающими на дизельном топливе с обеспечением температуры в зоне контакта пламени

со снегом  $800\text{--}1200^\circ\text{C}$ , и обеспечивающими распределение пламени с формированием сплошной по поперечному сечению зоны прогрева снежной массы до состояния перенасыщения ее водой, а также последующих укладки, виброуплотнения и прикатки с возможностью регулирования удельного статического давления на уплотняемое снеголедовое полотно. Указанный способ осуществляют с помощью фрезотермической снегоуплотнительной прицепной установки, содержащей раму, к которой на шарнирных тягах и гидравлических цилиндрах подвешена, предпочтительно в горизонтальном положении, металлическая платформа, управляемая с помощью гидравлической системы из кабины оператора, на которой смонтированы устройства по переработке снежного покрова в перенасыщенную водой снежную массу и укладке ее в корыто дорожного полотна, выполненные в виде дискового рыхлителя снежного покрова, состоящего из двух полуосей, размещенных под углом, предпочтительно  $45^\circ$ , к продольной оси установки, создающей снежный поток, механической фрезы, соединенной через редуктор с электродвигателем, термического устройства, имеющего возможность отклонения на  $30\text{--}90^\circ$  от вертикали навстречу указанному потоку, снабженного по меньшей мере пятью горелками, работающими на дизельном топливе, с регулированием из кабины оператора количества топлива и воздуха, подаваемого к форсункам горелок, устройства распределения пламени горелок и формирования единой по ширине зоны прогрева подаваемой фрезой снежной массы до состояния перенасыщения ее водой, кожух термического устройства, служащего для укладки и первичного выравнивания перенасыщенной водой снежной массы, смонтированную за кожухом термического устройства тепловиброплиту для уплотнения и выравнивания тела снеголедового полотна и каток на пневматических шинах с возможностью регулирования удельного статического давления на уплотняемое снеголедовое полотно. При этом в качестве рамы установки использована рама автогрейдера без передней подвески с прицепным устройством, а заднее шасси выполнено на пневматических шинах с возможностью переустановки на металлические лыжи. Несовершенство конструкции прослеживается в следующем: трудоемкое переоборудование автогрейдера к заводскому исполнению, требуется дополнительный трактор-тягач, сложность конструкции.

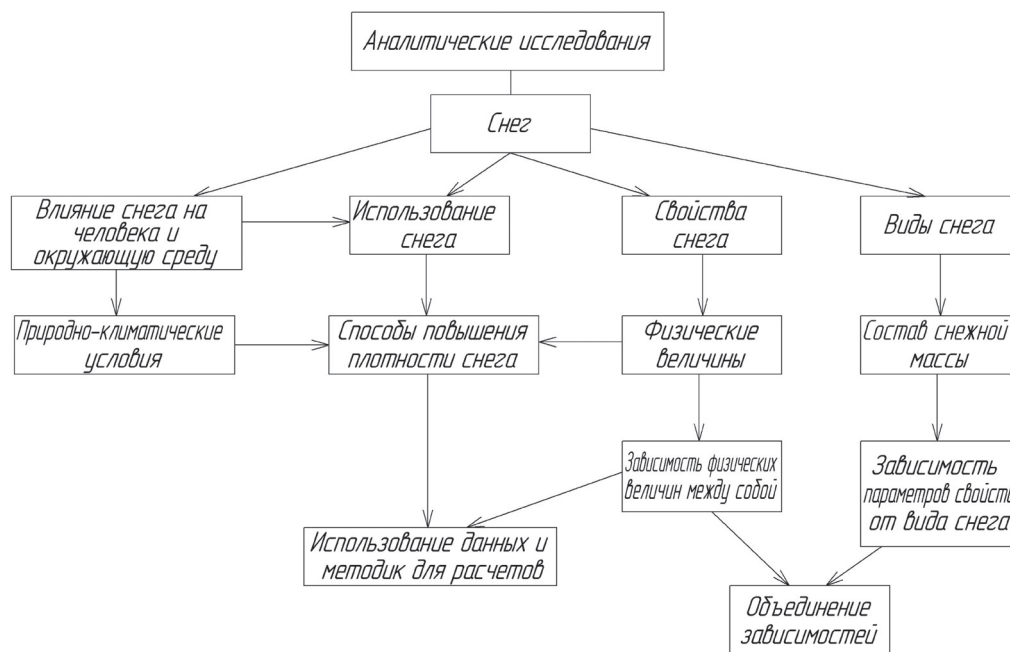


Рис. 2. Структура аналитического исследования

Патентный анализ приведенных выше изобретений способствовал формированию структуры дальнейшего исследования и формированию целей и задач для модернизации поливочной машины для технологического процесса увлажнения при строительстве временных зимних дорог (рис. 2).

Из рассмотренных конструкций и патентов машин, применяемых для увлажнения и повышения плотности снежной массы, или технологий, используемых в поливочных машинах, можно сделать вывод, что практически во всех конструкциях нет универсальности машины. Следующим этапом аналитического исследования является модернизация поливочной машины на базе КамАЗ-43118 для технологического процесса увлажнения при строительстве временных зимних дорог, особенностью которой является быстрое малозатратное переоборудование в машину для летнего содержания дорог.

#### 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 сред-

ства: 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 автозимников // 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 М.Ш., 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. Projektovanie 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 razvitija 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 kogerentnogo 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 razvitija nauki, tehnologij i tehniki v rossijskoj federacii. Neft i gaz Zapadnoj

Sibiri. Otvetstvennyj redaktor O.A. Novoselov. 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 razvitija nauki, tehnologij 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. Projektovanie vibracionnogo katka 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.