

К вопросу создания экологически безопасных всепогодных автомобилей сельскохозяйственного назначения

On the development of environmentally friendly all-season vehicles for agricultural purposes

З. А. ГОДЖАЕВ, д-р техн. наук
А. Ю. ИЗМАЙЛОВ, академик РАН,
д-р техн. наук
Н. Е. ЕВТЮШЕНКОВ, д-р техн. наук
М. Л. КРЮКОВ, инж.

Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, Москва, Россия, vim-transport@mail.ru

Z. A. GODZHAEV, DSc in Engineering
A. Yu. IZMAYLOV, Academician of the Russian Academy of Sciences, DSc in Engineering
N. E. EVTUSHENKOV, DSc in Engineering
M. L. KRYUKOV, Engineer

All-Russian Research Institute of Agricultural Mechanization, Moscow, Russia, vim-transport@mail.ru

Для обеспечения уборки и транспортировки урожая на почвах с низкой несущей способностью разработан ряд конструкций уборочно-транспортных машин на гусеничном ходу. Сегодня на гусеничных движителях работает большой парк уборочно-транспортных машин в районах Дальнего Востока, стран ближнего зарубежья, Прибалтики, Средней Азии, на Кубе, во Вьетнаме и Китае. Главная отличительная особенность данного класса машин — необходимость обеспечивать высокую проходимость при минимальном разрушении плодородного слоя почвы. Важнейшие требования к гусеничным движителям, предъявляемые потребителем, — обеспечение асфальтоходности, снижение уровня шума и вибрации деталей, повышение транспортных и рабочих скоростей машин, комфортабельности езды, срока службы, снижение отрицательного воздействия на почву. Сельское хозяйство России несет большие потери из-за отсутствия техники для работы на почвах с низкой несущей способностью. Это приводит к тому, что уборка озимых продолжается более 40 дней, потери составляют 42 %. В дождливые годы увеличивается количество уборочной и транспортной техники, однако эта техника не может выехать в поле и бездействует. Чтобы повысить эффективность сельского хозяйства, необходимо разработать технологические средства для выполнения транспортно-технологических процессов при неблагоприятных погодных условиях. Ряд таких сельскохозяйственных культур, как соя и рис, выращивается с применением водных чеков, что создает трудности при вывозе урожая от уборочных комбайнов. В процессе внесения удобрений около 40 % поверхности почвы уплотняется колесами. Уплотнение почвы способствует образованию при вспашке крупных и плотных глыб, которые ухудшают условия нормального роста растений. В настоящее время ни один серийно выпускаемый автомобиль, применяемый в сельском хозяйстве, не отвечает требованиям государственного стандарта 26955—86.

Ключевые слова: комплексная механизация; уплотнение почвы; транспортно-технологические процессы; полевой транспорт; гусеничный ход; проходимость; гусеничный движитель.

In order to harvest and transport the crop on soils with low bearing capacity a number of designs of harvesting and transport vehicles on caterpillar track was developed. Currently, there is a large fleet of harvesting and transport vehicles operating on caterpillar drive in the Far East, CIS countries, Baltic countries, Central Asia, Cuba, Vietnam and China. The main feature of that class of vehicles is necessity to provide the high floatation with minimal destruction of topsoil. The most important customer requirements to the caterpillar drive are the ones for reduction of noise and parts vibration levels, for increase of travelling and operating speeds of vehicles, for driving comfort, for increase of service life and for reduction of negative impact on the soil. Russian agriculture suffers great losses because of the lack of machinery to work on soils with low bearing capacity, which leads to the fact that harvesting of winter crops lasts more than 40 days, and the losses are 42 %. On a rainy year, the number of harvesting and transport machinery increases, but the machinery is unable to get on the field and stands idle. To improve the efficiency of agriculture, it is necessary to develop the technical means to carry out the transport and technological processes under adverse weather conditions. A number of crops like soybeans and rice is cultivated using paddy fields, which makes difficulties for crop transporting from harvesters. During fertilizer application, about 40 % of the soil surface is compacted by wheels. Compaction of soil during plowing facilitates the formation of large and dense clots worsening the conditions of normal growth of plants. Currently, none of series-produced vehicles used in agriculture meets the requirements of 26955—86 state standard.

Keywords: complex mechanization; soil compaction; transport and technological processes; field transport; caterpillar drive; floatation; caterpillar track.

Введение

Перспективная система комплексной механизации производства с.-х. культур основана на увеличении единичной мощности тракторов и комбайнов с целью дальнейшего повышения производительности труда механизаторов.

Увеличение единичной мощности мобильных энергетических средств в определенной степени влияет на возрастание осевой нагрузки у транспортных средств и удельного давления ходовых систем на почву [1].

Развитие с.-х. техники в направлении увеличения ее массы, скоро-

сти передвижения и ширины захвата рабочих органов без учета высокой проходимости и сохранения плодородного слоя почвы порождает противоречие, связанное с увеличением вредного воздействия техники на почву и потерей урожая при неблагоприятных погодных условиях —

переувлажнении почвы, наводнении и т. д. [2].

Цель исследования

Цель исследования — обоснование необходимости создания экологически безопасных всесезонных автомобилей с.-х. назначения с использованием резиноармированного гусеничного движителя (РАГ).

Анализ агроклиматических условий Нечерноземной зоны

Агроклиматические условия Нечерноземной зоны России издавна вынуждали крестьян выполнять с.-х. работы в любую погоду, бороться со стихией и при этом полностью убирать выращенный урожай. Сегодня, после внедрения мощной техники на поля Нечерноземья, вложения огромных средств в механизацию, химизацию и мелиорацию, с.-х. производители оказались почти в полной зависимости от погоды вследствие неспособности техники выполнять работы в неблагоприятных погодных условиях. Если раньше крестьянин выполнял все работы в агротехнические сроки и не допускал потерь урожая из-за несвоевременного посева, посадки или уборки, то в настоящее время значительная доля ручного труда заменена машинным. На селе не осталось резерва рабочих, чтобы подстраховать технику, неспособную сеять или убирать в дождливую погоду.

Сельское хозяйство Нечерноземья несет большие потери из-за отсутствия техники для всепогодных технологий [3]. В рекомендациях РАН по повышению эффективности и устойчивости земледелия в Нечерноземной зоне РСФСР (1982 г.) отмечалось, что в отдельные годы с неблагоприятными погодными условиями уборка зерновых культур продолжалась 40 и более дней. Далее в рекомендациях сказано, что "...озимая рожь через 15 дней восковой спелости теряет 42 % урожая, и потери при уборке зерна особенно резко возрастают в урожайные годы" [4].

В дождливые годы увеличение количества уборочной и транспортной техники не решает проблемы. Эта техника не может выехать в поле и бездействует. Потери части урожая

с.-х. культур в годы с неблагоприятными погодными условиями невозможно устранить путем замены неработоспособных средств механизации дефицитным ручным трудом. Сельское хозяйство страны испытывает недостаток в кадрах. Особенно большая нагрузка на трудоспособного работника приходится в Нечерноземной зоне, а к 2020 г. трудовые ресурсы уменьшатся еще в 2 раза.

Для того чтобы повысить эффективность и устойчивость земледелия в Нечерноземье, необходимо:

— разработать технологические схемы и технические средства для выполнения транспортно-технологических процессов при неблагоприятных погодных условиях [5];

— разработать систему транспортного обеспечения при возделывании и уборке с.-х. культур в Нечерноземной зоне.

Особенности возделывания с.-х. культур в Нечерноземной зоне

В Нечерноземной зоне России 60 % зерновых культур — фуражные. Основная зернофуражная культура — ячмень. Ранний сев ячменя служит одним из основных условий получения высокого урожая. Задержка сева резко снижает урожай в связи с уменьшением продуктивной кустистости. Семена ячменя начинают прорастать при температуре 1—2 °С.

Овес менее требователен к теплу, чем ячмень, его всходы выдерживают кратковременные заморозки. Высеять овес необходимо в самые ранние сроки. Семена заделывают обязательно во влажный слой почвы.

Озимая рожь — важнейшая продовольственная культура Нечерноземья. Для нормального развития ржи с осени необходим период в 45—55 дней.

Картофель больше других культур нуждается в глубоко разрыхленной, хорошо проницаемой для тепла и воздуха почве. Посадку картофеля начинают сразу, как только почва прогревается до 6—8 °С на глубину 0,08—0,1 м. Запаздывание с посадкой картофеля приводит к недобору урожая среднеспелых и поздних сортов. Поздние сорта не успевают вызреть, сильно повреждаются при механизированной уборке, в результате чего плохо хранятся.

Естественное плодородие и природная производительность дерново-подзолистых почв составляют всего 12—13 ц/га озимой ржи. Чтобы обеспечить лишь простое воспроизводство почвенного плодородия, требуется ежегодно вносить по 5 т органических удобрений на 1 га.

Компенсация внесения навоза прибавками урожая в севооборотах с пропашными культурами в 1,5 раза выше, чем без них. Поэтому органические удобрения в первую очередь вносят под пропашные культуры. При внесении больших доз органических удобрений почва становится более рыхлой, а следовательно, просыхает быстрее.

В сельском хозяйстве 70 % органических удобрений вносят в весенний период. В процессе внесения удобрений около 40 % поверхности почвы уплотняется колесами. Уплотнение почв, особенно суглинистых, достигает больших величин. Так, по данным Всероссийского научно-исследовательского института картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха (ВНИИКХ), твердость почвы в слое 0—0,1 м после прохода трактора МТЗ-80 с навозоразбрасывателем увеличивается с 1,6 до 2,6 МПа.

Механическое уплотнение почвы способствует образованию при вспашке крупных и плотных глыб, ухудшаются условия роста и развития растений картофеля. Помимо этого, по данным ВНИИКХ, весеннее внесение органических удобрений ведет к затягиванию сроков посадки картофеля. Зачастую внесение органики не компенсируется прибавкой урожая.

Отличительная черта большинства районов Нечерноземья — достаточная или избыточная обеспеченность с.-х. культур влагой. На начало весны запас продуктивной влаги в метровом слое почвы в большинстве районов достигает полного насыщения почвы (более 0,2 м).

Особенность подзолистой зоны заключается в сложных погодных условиях в период уборки урожая: 50—70 % времени они неблагоприятны из-за частых дождей (4—5 дней в декаду), высокой влажности воздуха и обильной росы. В неблагоприятные годы ходовые системы машин взаимодействуют с почвой, имеющей два основных состояния:

— почва повышенной влажности, сильно уплотненная под нагрузкой с образованием значительной глубины колеи [6];

— почва (в низких местах), находящаяся в пластическом или близком к нему состоянии, мало уплотняющаяся, но легко деформируемая под нагрузкой с образованием глубокой колеи.

На процентное соотношение двух состояний почв влияют глубина залегания грунтовых вод и рельеф поля. Вода в этих условиях скапливается в "блюдцах", и выбор ходовой системы необходимо вести с учетом движения по этим "блюдцам".

Обоснование создания автомобилей с.-х. назначения

На основе анализа агроклиматических условий Нечерноземной зоны России в периоды выполнения транспортно-распределительных и транспортно-сборочных работ можно сделать следующие выводы [7].

1. При неблагоприятных погодных условиях транспортно-технологические процессы приходится выполнять на почвах с низкой несущей способностью.

2. Существующие машины не рассчитаны на работу на переувлажненных почвах, находящихся в отдельных местах в пластическом состоянии.

3. Для выполнения транспортно-технологических процессов с учетом неблагоприятных погодных условий необходимо разработать резервную систему транспортного обеспечения и соответствующие технические средства (см. таблицу).

В структуре транспортного парка сельского хозяйства возросло количество автомобилей большой грузоподъемности, которые значительно уплотняют почву (до 300 кПа) при использовании на полях. Установлено, что увеличение плотности почвы на 100 кг/м³ снижает урожай на 15 %, на 200 кг/м³ — на 50 %. Двукратный проход колесного трактора приводит к снижению урожая на 10,7 ц/га.

При давлении на почву 200 кПа снижение урожая сахарной свеклы составляет 13 %, картофеля — 54 %, ячменя — 19—20 %. Последствия уплотнения почвы ходовыми системами машин сохраняются в течение 3 лет, даже если на данный участок больше не воздействовали какие-либо ходовые системы.

В связи с этим нормы давления на почву полевого транспорта должны составлять: на предпосевной обработке, посева — 50—60 кПа; на летне-осенних транспортных работах при влажности почвы не более 60 % полной влагоемкости — 100—150 кПа.

Операции по транспортировке и внесению органических и минераль-

ных удобрений составляют от 5,9 до 20—29 % от общего числа полевых операций, а доля интенсивности их воздействия с учетом давления на почву и площади вытаптывания составляет от 8,6 до 30,5—36,5 %.

Почвенно-климатические условия в сельском хозяйстве России таковы, что значительная часть с.-х. угодий расположена на слабонесущих и переувлажненных почвах (Нечерноземная зона, Дальний Восток, Сибирь). Этот фактор создает проблемы транспортировки урожая и обслуживания уборочной техники в период ранней весны и поздней осени.

Кроме того, характерная особенность возделывания таких культур, как соя и рис, заключается в периодическом переувлажнении почвы в период уборки урожая.

Для обеспечения уборки урожая на почвах с низкой несущей способностью в нашей стране разработан ряд конструкций уборочных машин на гусеничном ходу. Главная отличительная особенность данного вида машин — необходимость обеспечивать высокую проходимость при минимальном разрушении плодородного слоя почвы [8].

В настоящее время на гусеничном движителе работает большой парк уборочных машин в районах Дальнего Востока, Краснодарского и Ставропольского краев, стран

Машины, создание и внедрение которых необходимо для применения всепогодных технологий

Машины	Основные показатели
Энергетические средства	
Гусеничное реверсивное шасси	Давление на почву 0,02 МПа, мощность двигателя 150 л.с. (110,3 кВт), грузоподъемность шасси по массе 6 т
Высококлиренсный гусеничный трактор с передней и задней навесками для овощеводства и других пропашных культур	Давление на почву 0,04 МПа, мощность 150—200 л.с. (110,3—147,1 кВт), сила тяги на крюке 40 кН
Транспортно-технологическое шасси 6×4 на базе трактора Т-150К	Давление на почву 0,06 МПа, грузоподъемность по массе 8 т
Транспортно-технологическое шасси 6×6 на базе трактора МТЗ-82 (102)	Давление на почву 0,06 МПа, грузоподъемность по массе 2 т
Шасси высокой проходимости 4×4 (Т-16М)	Грузоподъемность по массе 1 т, порталное устройство для погрузки-разгрузки контейнеров
Мотодельтоплан	Грузоподъемность по массе до 200 кг, высота полета 2 м, скорость 50—60 км/ч
Машины пневматического типа	
Платформа на воздушной подушке	На базе полуприцепа ПРТ-10, грузоподъемность по массе 10 т, привод вентиляторов от вала отбора мощности трактора
Накопитель-перегрузчик на воздушной подушке для сбора и перегрузки картофеля, капусты и другой продукции	Полунавесной на трактор, грузоподъемность по массе 20 т

ближнего зарубежья, Прибалтики, Средней Азии, Венгрии, на Кубе, во Вьетнаме и Китае.

При уборке зеленых кормов ходовые системы высокой проходимости позволяют своевременно убирать и вывозить урожай, уменьшить потери в 2–3 раза и повысить валовый сбор на 6–9 %.

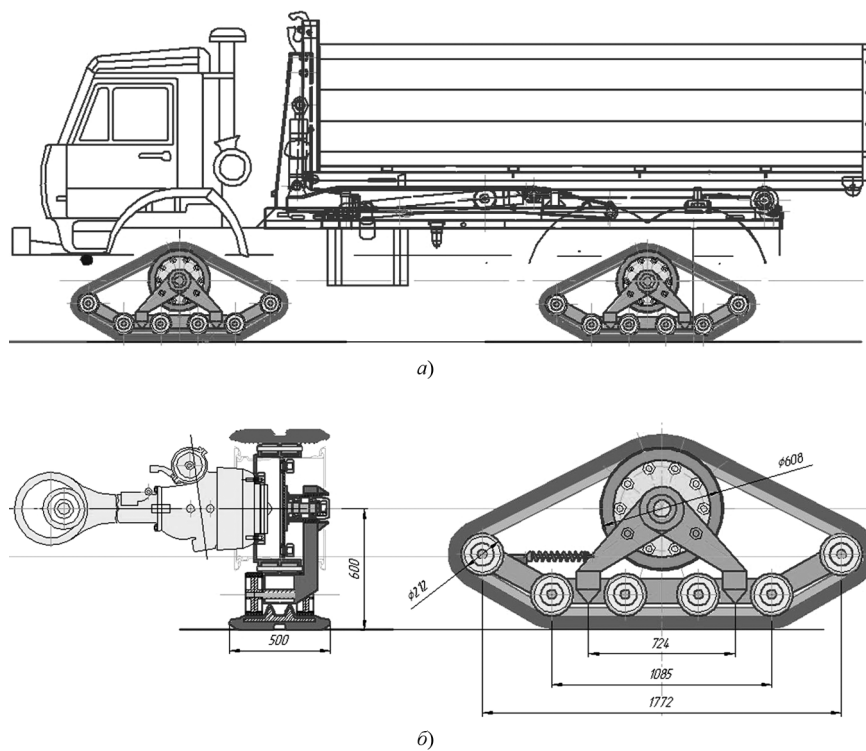
Однако для обслуживания уборочных средств на гусеничном ходу необходимы транспортные средства на гусеничном ходу, которые обеспечивали бы вывоз зерна от уборочных машин. Конструкция гусеничных движителей транспортных машин существенно отличается от движителей уборочных машин и тракторов.

Важные требования к гусеничным движителям, предъявляемые потребителем, — обеспечение асфальтоходности, снижение уровня шума и вибронегруженности деталей, повышение транспортных и рабочих скоростей транспортных машин, комфортности езды, проходимости, срока службы, снижение давления на почву [9].

Однако работы по созданию гусеничного движителя на данном этапе приостановлены. Поэтому создание унифицированного гусеничного движителя с РАГ для транспортных средств, предназначенных для эксплуатации в условиях переувлажненных почв, актуально, особенно в связи с необходимостью соблюдения ограничений, накладываемых ГОСТ 26955–86. В настоящее время ни один серийно выпускаемый автомобиль, применяемый в сельском хозяйстве, не отвечает требованиям данного ГОСТа.

Для создания конкурентоспособной техники на момент ее освоения необходимо учитывать тенденции развития конструкций гусеничных движителей для транспортных средств не только на базе уже освоенных конструкций, но и на базе разрабатываемых, т. е. патентной информации.

Исходя из вышеизложенного, предлагается начать работы по созданию автомобилей с гусеничным движителем (см. рисунок). Предполагаемый инвестиционный проект предусматривает создание автомобиля на базе шасси КАМАЗ грузоподъемностью по массе до 9 т, в



Автомобиль КАМАЗ 4×4 на сменном гусеничном движителе (а) и принципиальная схема устройства такого движителя (б)

т.ч. с применением РАГ различных модификаций. Такие автомобили предназначены преимущественно для применения в условиях переувлажненных почв и при наводнении — на Дальнем Востоке, в Западной Сибири и некоторых районах Нечерноземной зоны России, в т.ч. в с.-х. предприятиях по производству риса и сои.

Предполагаемые функциональные назначения данного автомобиля:

- перевозка урожая зерновых, корнеплодов и других продуктов растениеводства;
- перевозка жидких минеральных удобрений в цистернах;
- разбрасывание твердых минеральных и органических удобрений;
- использование в качестве передвижной мастерской;
- перевозка горюче-смазочных материалов в цистернах;
- перевозка воды, молока, аквакультур;
- использование в качестве автомобиля-самосвала для перевозки сыпучих грузов;
- использование в качестве технологической вышки, буровой установки;

- чистка дорог от снега и грязи;
- перевозка людей в условиях бездорожья;
- другие тягово-транспортные технологические операции.

Заключение

Исследования НАТИ и ВИМА показали, что применение РАГ на мобильных энергетических средствах сельского хозяйства уменьшает давление на почву в 3–4,5 раза, увеличивает тягово-сцепные свойства машины в 1,5–2 раза, а производительность труда — в 1,1–1,4 раза. При этом расход горючего снижается в 1,22 раза (экономия составляет до 4000 кг топлива в год только на одной машине).

Применение резиноармированных полугусеничных движителей на автомобиле на базе КАМАЗа позволит сделать этот автомобиль приемлемым для использования на различных технологических операциях с.-х. производства. В то же время эти движители повысят экологическую безопасность автомобиля и обеспечат его высокую проходимость, особенно в периоды ранней весны и поздней осени при работе на слабонесущих грунтах.

Литература и источники

1. **Барабаш Г. И.** Исследование факторов, определяющих производительность комбайнов на уборке зерновых колосовых культур в связи с разработкой операционной технологии: Дис. ... канд. техн. наук. М., 1978. 210 с.

2. **Годжаев З. А., Измайлов А. Ю., Прядкин В. И.** Влияние давления в высокоэластичной шине на тяговые свойства колеса // Автомобильная промышленность. 2015, № 2. С. 9—12.

3. **Измайлов А. Ю.** Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК. М.: Росинформагротех, 2007. 200 с.

4. **Измайлов А. Ю.** Транспортное обеспечение уборочных комплексов // Техника в сельском хозяйстве. 2007, № 3. С. 16—18.

5. **Евтюшенков Н. Е., Бисенов Г. С.** Технично-экономическая эффективность ВИМЛИФТ со сменными кузовами // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 2. М.: ВИМ, 2013. С. 232—234.

6. **Годжаев З. А., Прядкин В. И., Шевцов В. Г.** и др. Проблема воздействия на почву ходовых систем мобильных энергосредств и эффективные пути решения // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. М.: ВИМ, 2014. С. 327—329.

7. **Годжаев З. А., Евтюшенков Н. Е.** Использование на селе автомобиля КамАЗ // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. М.: ВИМ, 2014. С. 302—305.

8. **Годжаев З. А., Прядкин В. И.** Мобильные энергосредства сельскохозяйственного назначения на шинах сверхнизкого давления // Технология колесных и гусеничных машин — Technology of wheeled and tracked machines. 2014, № 6. С. 33—39.

9. **Кряжков В. М., Годжаев З. А., Шевцов В. Г.** и др. Парк тракторов: состояние и направления развития // Сельский механизатор. 2015, № 9. С. 3—5.

References

1. Barabash G. I. *Issledovanie faktorov, opredelyayushchikh proizvoditel'nost' kombaynov na uborke zernovykh kolosovykh kul'tur v svyazi s razrabotkoy operatsionnoy tekhnologii*. Dis. kand. tekhn. nauk [Study of factors determining the performance of combines for harvesting grain crops in connection with the development of operating technologies. PhD in Eng. thesis]. Moscow, 1978, 210 p.

2. Godzhaev Z. A., Izmaylov A. Yu., Pryadkin V. I. Influence of pressure in the highly elastic trunk on traction properties of the wheel. *Avtomobil'naya promyshlennost'*, 2015, no. 2, pp. 9—12 (in Russ.).

3. Izmaylov A. Yu. *Tekhnologii i tekhnicheskie resheniya po povysheniyu effektivnosti transportnykh sistem APK* [Technologies and solutions to improve the efficiency of agricultural transportation systems in agroindustrial complex]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2007, 200 p.

4. Izmaylov A. Yu. Transport provision of harvesting units. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*, 2007, no. 3, pp. 16—18 (in Russ.).

5. Evtushenkov N. E., Bisenov G. S. Technical and economic efficiency of VIMLIFT with interchangeable bodies. *Sistema tekhnologii i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Trudy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [The system of technologies and machines for innovative development of agroindustrial complex of Russia. Proc. of Int. sci. and pract. conf.]. Part 2. Moscow, All-Russian Research Institute of Agricultural Mechanization, 2013, pp. 232—234 (in Russ.).

6. Godzhaev Z. A., Pryadkin V. I., Shevtsov V. G., Rusanov A. V. The problem of impact of soil running systems of mobile power means and effective ways of its solutions. *Innovatsionnoe razvitiye APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologii: Sb. nauch. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Innovative development of agroindustrial complex of Russia based on intelligent machine technology. Proc. of Int. sci. and eng. conf.]. Moscow, All-Russian Research Institute of Agricultural Mechanization, 2014, pp. 327—329 (in Russ.).

7. Godzhaev Z. A., Evtushenkov N. E. The use of KAMAZ vehicle in rural areas. *Innovatsionnoe razvitiye APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologii: Sb. nauch. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Innovative development of agroindustrial complex of Russia based on intelligent machine technology. Proc. of Int. sci. and eng. conf.]. Moscow, All-Russian Research Institute of Agricultural Mechanization, 2014, pp. 302—305 (in Russ.).

8. Godzhaev Z. A., Pryadkin V. I. Mobile energy vehicles for agricultural purposes equipped with extremely low pressure tyres. *Tekhnologiya kolesnykh i gusenichnykh mashin* [Technology of wheeled and tracked machines], 2014, no. 6, pp. 33—39 (in Russ.).

9. Kryazhkov V. M., Godzhaev Z. A., Shevtsov V. G., Gurylev G. S., Lavrov A. V. Tractors: state and development trends. *Sel'skiy mekhanizator*, 2015, no. 9, pp. 3—5 (in Russ.).