

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГОСРЕДСТВ

PERSPECTIVE FOR THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL MOBILE ENERGY

В.Г. ШЕВЦОВ, к.т.н.
Т.З. ГОДЖАЕВ
Е.В. ЕРИЛИНА

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр
ВИМ», Москва, Россия, fic51@mail.ru

V.G. SHEVTSOV, PhD in Engineering
T.Z. GODZHAEV
E.V. ERILINA

Federal Scientific Agro-Engineering Center VIM, Moscow,
Russian Federation, fic51@mail.ru

Представлен анализ обеспеченности мобильными энергетическими средствами (МЭС) на 1000 га пашни в России и некоторых странах мира, раскрыт созданный дефицит тракторов по тяговым классам и типу ходовых систем, выявлено преобладание в машинном тракторном парке колесных тракторов класса 1,4 Беларусь 82.1. Приведенные данные свидетельствуют о практическом уменьшении объема машинно-тракторного парка, и требуется принятие государственных мер по его восстановлению. Особое внимание обращено на то, что гусеничная составляющая парка, имеющая двойное назначение, доля которой в настоящее время в общем парке приближается к нулю, крайне неприемлема для почвенно-климатических условий России. Показано, что в статистике продаж тракторов в России за последние годы большую долю рынка занимает сельхозтехника отечественного производства. С 2013 по 2016 год доля отечественных предприятий в стоимостном объеме продаж выросла с 22 до 35 %. Главным вектором развития МЭС выделены тенденции замены кинематических связей на информационные, являющиеся системной основой применения цифровых технологий. Рассмотрены ближайшая перспектива выбора технологического направления опережающего развития конкурентоспособных на мировом уровне сельскохозяйственных мобильных энергетических средств и перспектива поисковых работ по созданию роботизированных сельскохозяйственных МЭС. Отмечено, что применение интегрированных и высокоточных моделей ведения сельского хозяйства, в т.ч. технологий точного земледелия, повышает потребность в автоматизированных и роботизированных МЭС. Показано, что в ближайшем будущем сельскохозяйственные роботы автоматизируют все тяжелые полевые работы: вспашку, посадку, внесение удобрений, сбор и транспортировку урожая и др. и сформируют новый рынок МЭС.

Ключевые слова: сельскохозяйственное мобильное энергетическое средство, обеспеченность тракторами, модель экономической категории, технологическое направление, уменьшение эксплуатационной массы, полный жизненный цикл, роботизация, сельскохозяйственное производство.

The analysis of security with the mobile power tools (MPT) on 1000 hectares of an arable land in Russia and some countries of the world is submitted, the created deficiency of tractors on traction classes and type of running systems is disclosed, the dominance in the machine tractor park of wheel tractors of a class 1,4 Belarus 82.1 is revealed. The provided data confirm practical decrease of volume of the machine and tractor park and demand acceptance of the state measures for its restitution. Special attention is paid on the fact that the caterpillar component of the park have dual purpose, which share in the common park approaches now over a zero level is extremely unacceptable for soil and climatic conditions of Russia. It is shown that in statistics of sales of tractors in Russia in recent years the larger share of the market is occupied by agricultural machinery of domestic production. From 2013 to 2016 the share of the domestic enterprises in the value of sales grew from 22 to 35 %. The main vector of development of MPT allocated tendencies of replacement of kinematic communications by the informational, being a systemic basis use of digital technologies. The near-term outlook of the choice of the technological direction of the advancing development of agricultural mobile power tools, competitive at world level, and the prospect of search works on creation of robotic agricultural MPT are considered. It is noted that applications of the integrated and high-precision models of farming, including technologies of precise agriculture, rises the need for the automated and robotic MPT. It is shown that in the near future agricultural robots will automate all hard field work: plowing, landing, application of fertilizers, collecting and transportation, a harvest etc. and will create basically new market of MPT.

Keywords: agricultural mobile energy equipment, tractors, model of economic category, technological direction, reduction of the operational mass, full life cycle, robotization, agricultural production.

Введение

Уровень оснащенности сельскохозяйственного производства мобильной техникой является индикатором развития агропромышленного комплекса страны. Для стран с развитым сельскохозяйственным сектором характерна высокая механизация труда и насыщенность техникой на единицу пахотной площади. По данным на 2010 год в Аргентине обеспеченность тракторами на 1000 га пашни составляла 8 ед., в Канаде – 16 ед., в Германии – 64 ед. В России данный показатель составлял 4 трактора на 1000 га. Эти цифры говорят о том, что вопрос наполнения машинно-тракторного парка необходимого тягового класса МЭС, а также разработки их перспективных моделей через изучение мировой тенденции в этом направлении является актуальной задачей отечественного тракторостроения [1, 2, 4, 5, 6].

Цель исследования

Целью исследования является определение мировой тенденции формирования машинно-тракторного парка и перспективных направлений разработки МЭС, а также предпочтительные конструктивно-технологические направления для их достижения.

Материалы и методы

Используя в качестве исходных материалов актуализированную базу данных по эксплуатации машинно-тракторного парка, произведен расчет дефицита тракторов в сельскохозяйственной организации (СХО) в 2014 г. (табл. 1).

Как видно из таблицы, наличие тракторов в СХО в 2014 г. по отношению к технологической потребности в тракторах (по нормативам для 90 млн га пашни) (гусеничные – 5,9 тыс. шт. при потребности 340 000, что составляет 1,5 %; колесные – 241,4 тыс. шт. при потребности 560 000, что составляет 43 %)

Наличие сельскохозяйственных тракторов в 2014 г. составило всего 247,3 тыс. шт. (средняя мощность – 110,1 л.с.). Потребность – всего 900,0 тыс. шт. (средняя мощность – 125 л.с.). Общая дефицитность – 652,7 тыс. шт. при почти 100 % наличии колесных тракторов класса 1,4 (Беларус 82.1) для прогнозных 90 млн га пашни. В современных условиях обработки в СХО около 70 млн га пашни избыток этих тракторов составляет 25 %.

Предлагаемое в работе [1] объяснение сокращения количества тракторов в парке смещением спроса в сторону более мощных машин, как следует из рис. 1, не подтверждается.

Представленные данные свидетельствуют о практическом снижении численности машинно-тракторного парка, и требуется принятие необходимых государственных мер по его восстановлению, а именно: увеличение объема производства техники и субсидирование ее приобретения сельхозпроизводителями, а также другие меры. Особого внимания требует увеличение численности гусеничной техники; их доля в парке машин монотонно снижается и приближается к нулю (около 2 %), что для почвенно-климатических условий России, со слабонесущими грунтами, крайне неприемлемо.

Таблица 1

Наличие тракторов в СХО в 2014 г. по отношению к оптимальной технологической потребности в тракторах на 2020 г. (по нормативам для 90 млн га пашни)

		Колесные тракторы, тыс. шт.									
		Тяговый класс									
		8	6	5	4	3	2	1,4	0,9	0,6	Всего
Потребность	тыс. шт.	1,0	20,0	40,0	60,0	100,0	50,0	170,0	30,0	90,0	560,0
	% от всего	0,2	3,6	7,1	11,0	18,0	9,0	30,0	5,0	16,0	100,0
Наличие	тыс. шт.	0,4	15,0	4,4	0	24,3	23,2	158,4	1,5	14,2	241,4
	% от потребности	40,0	75,0	9,0	0	24,0	47,0	93,0	5,0	16,0	43,0
		Гусеничные тракторы, тыс. шт.									
		Тяговый класс									
		8	6	5	4	3	2	Всего			
Потребность	тыс. шт.	2,0	4,0	52,0	90,0	170,0	20,0	340,0			
	% от всего	0,5	1,0	15,0	26,0	50,0	6,0	100,0			
Наличие	тыс. шт.	0	0	0	0,8	4,5	0,6	5,9			
	% от потребности	0	0	0	1	3,0	3,0	1,8			

Аналогичная ситуация наблюдается в России и в сегменте зерноуборочных комбайнов, где обеспеченность посевных площадей техникой упала с 7 единиц на 1000 га в 1990 г. до 3 единиц в 2010 году и 2 единиц в 2016 году (рис. 1).

Общее продолжающееся невосстановление ресурсов с 1990 по 2017 г. составило порядка 1,1 млн тракторов (82 %), 61,5 млн га пашни (47 %), 6,5 млн р.м. (80 %), то есть продуктивность сельского хозяйства ниже уровня простого воспроизводства и обеспечивается за счет истощения не учитываемых в стоимостном виде ресурсов [1]. Прогноз развития парка мобильных энергосредств и сельхозтехники показан на рис. 2.

По состоянию на 2016 г. суммарный объем производства сельхозтехники в мире был оценен в 91 млрд евро. Этот год стал вторым, когда глобальная индустрия производства сельскохозяйственных машин показывает отрицательный результат работы (в 2014 г. этот показатель был равен 101 млрд евро).

Статистика продаж в РФ за последние годы показывает, что большую долю рынка занимает сельхозтехника отечественного производства, которая получила конкурентные преимущества, связанные с произошедшей в конце 2014 г. девальвацией рубля и выразившиеся в пропорционально меньшем ее удорожании по сравнению с зарубежными аналогами. Так, с 2013 по 2016 г. доля отечественных предприятий в стоимостном объеме продаж выросла с 22 до 35 %. Соответственно, доля российских тракторов в физическом объеме продаж выросла в тот же период с 2 до 10 %.

В другом крупнейшем сегменте рынка – рынке зерноуборочных комбайнов – доля отечественных машин в суммарных продажах

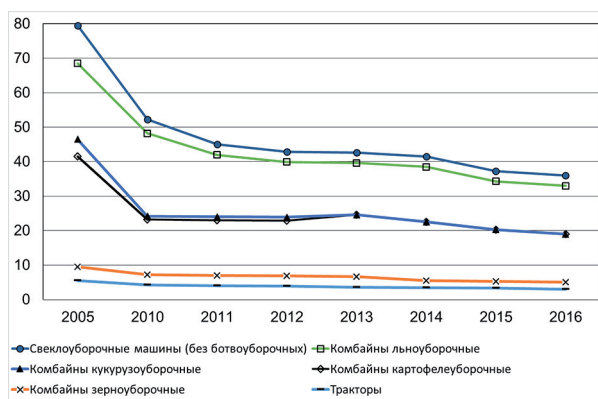


Рис. 1. Тенденция изменений обеспеченности сельхозтехникой РФ, приходящейся на 1000 га пашни, в шт.

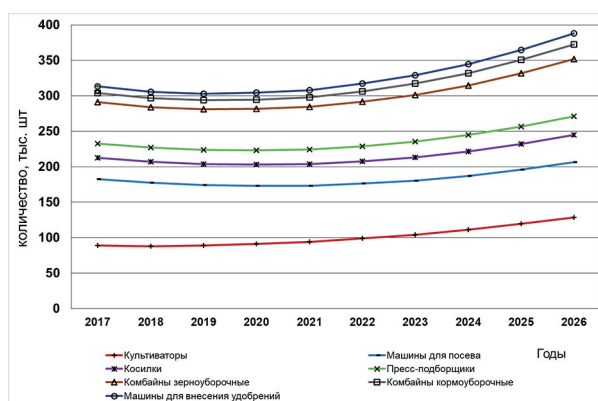


Рис. 2. Прогноз развития парка сельхозтехники РФ (по данным Минпромторга РФ)

в натуральном выражении выросла с 2013 по 2016 г. с 52 до 64 %.

Для выбора направлений первоочередного развития парка необходимо оценить покупательную способность СХО (табл. 2). Исходя из рекомендаций ВНИИЭСХ, в соответствии с которыми покупательная способность появляется при рентабельности не менее 20 %, в на-

Таблица 2

Оценка покупательной способности СХО по данным годовых отчетов (рентабельность должна быть не менее 20 %)

Годы	2008	2009	2010	2011	2012
Число организаций – всего, тыс.	23,0	22,5	22,0	21,3	21,0
в том числе:					
– прибыльных	18,0	16,2	15,6	16,7	15,9
– убыточных	5,0	6,3	6,4	4,6	5,1
Удельный вес прибыльных организаций, %	78,3	72,1	71,0	78,2	75,7
Рентабельность по всей деятельности (до налогообложения, включая субсидии из бюджета), %	14,8	9,4	8,3	11,8	12,1
Покупательная способность как превышение рентабельности более 20 %	-5,2	-10,6	-11,7	-8,2	-7,9

стоящее время СХО не способны полноценно обновлять парк, так как их рентабельность на 8...11 % меньше уровня покупательной способности, отрасль не чувствительна к техническому прогрессу.

Приведенные данные согласуются с реальным состоянием тракторного парка (рис. 1), в котором фактически присутствует единственная модель Беларус 82.1 с удельной мощностью стоимостью 10 тыс. руб./л.с., являющейся основной характеристикой экономической (бюджетной) категории.

В то же время технический уровень отечественных тракторов в целом значительно ниже лучших зарубежных моделей. Мировые тенденции развития МЭС, в т.ч. в сельском хозяйстве, заключаются в повышении их энергетической эффективности и производительности.

Выбор перспективного приоритетного технологического направления должен быть подчинен очевидной идее: не догонять роботов, где все принципиальные решения уже известны, но создавать новое направление – снижение массы на научных основах, как главную идеологию повышения энергетической эффективности и обеспечения экологической безопасности на основе фундаментальных исследований и новых результатах по созданию высокопрочных рам и набора (системы) наукоемких элементов таких как: двигатель, трансмиссия, движитель, пост управления, навесная система, отвечающих самым высоким требованиям по массе, КПД, экологической безопасности и способных обеспечить производство сборочно-го типа полного технологически необходимого типажа мобильных энергетических средств, конкурентоспособных на мировом уровне.

Представленное технологическое направление получило реализацию при разработке «Исходных требований на экологически безопасные тракторы тяговых классов 1,4 и 2» (утверждены Минсельхозом России 27.10.2003) [2, 3]; при этом общее снижение затрат энергии на выполнения единицы полезной работы составило 1,5...1,6 раза по сравнению с аналогом «Беларус–1025».

Кроме этого принципиальным моментом при определении направлений современного развития тракторной промышленности необходимо учитывать наличие потребителей двух типов. Для хозяйств находящихся в состоянии отрицательного развития, количество которых превышает 60 %, должны быть разработаны

и поставлены на производство модели экономической (бюджетной) категории. Именно на них следует направить меры государственной поддержки. В качестве второго потребителя следует рассматривать сельскохозяйственные организации с рентабельностью более 30 %. Конкурентоспособность создаваемых моделей должна в полной мере обеспечиваться за счет снижения их эксплуатационной массы с достижением показателей энергетических эталонов с минимальными затратами энергии на единицу полезной работы.

Результаты и обсуждение

Основными целями при разработке МЭС являются: энергетическая эффективность машин в полном жизненном цикле, экономическая конкурентоспособность, а также их экологическая безопасность. При этом интегрирующим результатом может быть уменьшение эксплуатационной массы МЭС. Предпочтительными конструктивно-технологическими направлениями для достижения этих целей является:

- создание тракторов рамной конструкции;
- оснащение системами автоматического управления;
- использование веса агрегируемых машин в качестве сцепного;
- повышение тягово-сцепных свойств;
- применение резиноармированных гусениц;
- повышение топливной экономичности двигателя и применение альтернативных видов топлива.

Для определения модели трактора с целью ее государственной поддержки необходима разработка критерия модели машины бюджетной экономической категории, которая при удовлетворении «Техническим требованиям...» имеет привлекательную (минимальную) удельную экономическую характеристику. В качестве такой для тракторов предлагается ввести показатель «удельная мощностная стоимость модели» – как отношение цены трактора в рублях (как единица господдержки) к эксплуатационной мощности двигателя в л.с.

Проведенный анализ российского рынка показал, что наибольшим спросом пользовался трактор тягового класса 1,4 Беларус 82.1 с удельной мощностью стоимостью 10 тыс. руб./л.с., что может быть принято первичным ориентиром экономичной (бюджетной) категории трактора.

Для более глубокого обоснования уровня критерия удельной мощностной стоимости по другим моделям необходимо разработать методику и провести исследования влияния отдельных комплектующих узлов и систем, в широком ассортименте представляемых разработчиками как опции, на эксплуатационно-технологические, стоимостные, энергетические и экологические показатели тракторов в их полном жизненном цикле.

Главным вектором развития МЭС на элементарном уровне можно выделить тенденцию замены кинематических связей на информационные, являющиеся системной основой применения цифровых технологий [5, 6, 7, 8, 9], в настоящее время находящих свое выражение в разработках и применении беспилотных МЭС и роботов.

Прогнозируется, что первые действующие образцы беспилотных комбайнов и тракторов будут созданы в России уже к 2019 г. При этом стоимость подобной техники будет лишь на 15 % выше, чем обычной. Добиться снижения стоимости техники позволит приемлемый уровень локализации производства инновационных систем управления. Уже сегодня на отдельных фермах можно встретить сельскохозяйственных роботов, но большинство моделей находятся далеко от массового рынка. Если эти модели и прототипы станут более совершенными и доступными по цене, можно будет с уверенностью утверждать, что роботизация сельского хозяйства не заставит себя ожидать.

По прогнозу организации Tractica предполагается, что отгрузки сельскохозяйственных роботов к 2024 г. возможно достигнут 594 тысяч единиц, и это будет обеспечивать годовой доход в \$74,1 млрд. [10]

Беспилотные мобильные робототехнические комплексы для технологий возделывания растениеводческих культур представляют собой колесную или гусеничную платформу, на которой размещается гибридная энергоустановка, аппаратура управления движением: сенсорика и точного позиционирования, машинного зрения, а также управления роботизированными навесными рабочими органами для выполнения технологических операций [11].

Непрерывное, панорамно-объемное слежение за каждым растением может обеспечить видеосеть, способная различать отдельное рас-

тение, попадающее в поле зрения видеокамер, расставленных в определенно рассчитанных технологических точках с применением беспилотных МЭС. Выборочная видеофиксация может происходить для отдельных растений с целью выявления отклонений в развитии, степени созревания, выявления болезней и других технологических целей [12].

Такие взаимно интегрированные, высокоточные, виртуальные модели будут доступны для быстрого изучения индивидуальных особенностей каждого растения, особенно при смене вида машинной технологии и в суточных, сезонных или многолетних производственных циклах, что повысит потребность в автоматизированных и роботизированных МЭС.

Согласно мировым трендам [11] развития сельскохозяйственного производства, технология точного земледелия является одним из прорывных и эффективных направлений. Подъем продуктивности сельского хозяйства, снижение издержек на производство, повышение конкурентоспособности сельхозпроизводства во многом определяются его технологической модернизацией, освоением интенсивных технологий, надежным и эффективным энергообеспечением, управлением производственным процессом [13].

К началу следующего десятилетия сельскохозяйственные роботы (агроботы) автоматизируют все тяжелые полевые работы: вспашку, посадку, прополку, полив, внесение удобрений, сбор урожая и т.д. В рамках программы мер по формированию принципиально новых рынков и созданию условий для технологического лидерства России к 2035 г., разработанной «Агентством стратегических инициатив» (АСИ), принята инициатива создания рынка AutoNet, AeroNet и FoodNet, подразумевающая реализацию к 2030 г. широкомасштабного, глобального проекта сети транспортных магистралей для беспилотных грузопассажирских перевозок и выполнения сельхозработ.

Выводы

Проведенный анализ состояния тенденций развития сельскохозяйственных МЭС позволяет заключить следующее:

– представленные данные о наличии 4 тракторов на 1000 га пашни вместо оптимальных 10 тракторов на 1000 га пашни свидетельствуют о крайней недостаточности машинно-

тракторного парка, что и требует принятия чрезвычайных государственных мер по его восстановлению;

– абсолютное преимущество в парке тракторов Беларуси 82.1 с удельной мощностью стоимостью 10 тыс. руб./ л.с. говорит о настоятельной необходимости разработки научно-обоснованных требований к моделям экономической (бюджетной) категории МЭС;

– на ближайший период выбор перспективного технологического направления опережающего развития сельскохозяйственных МЭС, конкурентоспособных на мировом рынке по экологической безопасности и энергетической эффективности в полном жизненном цикле, должен быть связан с уменьшением их эксплуатационной массы при повышении тягово-сцепных свойств движителей и агрегата в целом;

– поисковые работы по развитию роботизации сельскохозяйственных МЭС следует рассматривать как показатель совершенствования технического уровня отдельных моделей, что требует систематизации при разработке типажа, оптимальной технологической потребности и прогноза развития парка.

Литература

1. Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года: распоряжение Правительства РФ от 07.07.2017 № 1455-р.
2. Концепция непрерывной информационной поддержки жизненного цикла (CALS-технологии) сельскохозяйственных мобильных энергетических средств. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. 114 с.
3. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. М.: КолосС, 2004. 504 с.
4. Шевцов В.Г., Годжаев З.А., Лавров А.В., Зубина В.А. Методика определения оптимального количественно-возрастного состава тракторного парка // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 4. С. 9–14.
5. Кряжков В.М., Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Гурылев Г.С., Лавров А.В., Ошерев А.Н. Проблемы формирования инновационного парка сельскохозяйственных тракторов России // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 3. С. 9–14.
6. Кряжков В.М., Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Гурылев Г.С., Лавров А.В., Ошерев А.Н. Проблемы

формирования инновационного парка сельскохозяйственных тракторов России // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 4. С. 5–11.

7. Lobachevskii Y., Godzhaev Z., Shevtsov V., Lavrov A., Sizov O., Merzlyakov A. Harmonizing power categories and towing categories of agricultural tractors with series of preferred numbers // SAE Technical Papers. 2017. № January. С. 18-24.
8. Shevtsov V.G., Lavrov A., Godzhaev Z.A., Kryazhkov V.M., Gurulev G.S. The development of the russian agricultural tractor market from 2008 to 2014 // SAE Technical Papers. 2016. № September.
9. Izmailov A., Shevtsov V., Lavrov A., Godzhaev Z., Pryadkin V. Application of the universal tire characteristic for estimating the maximum pressure of a pneumatic tractor wheel on the ground // SAE Technical Papers. 2015. № September.
10. Robotrends. URL: <http://robotrends.ru/robopedia/prognozy-v-oblasti-robotov-dlya-selskogo-hozyaystva>.
11. Годжаев З.А., Гришин А.П., Гришин А.А., Гришин В.А. Ключевые технологии и прогноз развития сельскохозяйственной робототехники // Инновации в сельском хозяйстве. № 6 (21). 2016. С. 35–41
12. Сычев В.Г., Афанасьев Р.А., Годжаев З.А., Гришин А.П., Гришин А.А. Робототехника и агрохимическое обеспечение растениеводства // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 9. С. 40–43.

References

1. «Strategiya razvitiya sel'skohozyajstvennogo mashinostroeniya Rossii na period do 2030 goda», utverzhennaya rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 7 iyulya 2017 g. [«Strategy for the development of agricultural engineering in Russia for the period until 2030», approved by the order of the Government of the Russian Federation of July 7, 2017]. No 1455-r.
2. Konceptsiya nepreryvnoy informacionnoj podderzhki zhiznennogo cikla (CALS-tekhnologii) sel'skohozyajstvennyh mobil'nyh ehnergeticheskikh sredstv [The concept of continuous information support of the life cycle (CALS-technology) of agricultural mobile power tools]. Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh» Publ., 2004. 114 p.
3. Kut'kov G.M. Traktory i avtomobili. Teoriya i tekhnologicheskie svoystva [Tractors and automobiles. Theory and technological properties.]. Moscow: KolosS Publ., 2004. 504 p.
4. SHEVCOV V.G., GODZHAEV Z.A., LAVROV A.V., ZUBINA V.A. Technique for determining the optimal quantitative-age composition of the tractor

- fleet. Sel'skohozyajstvennyye mashiny i tekhnologii. 2016. No 4, pp. 9–14 (in Russ.).
5. Kryazhkov V.M., Godzhaev Z.A., Shevcov V.G., Gurylev G.S., Lavrov A.V., Oshero A.N. Problems of formation of an innovative park of agricultural tractors in Russia. Sel'skohozyajstvennyye mashiny i tekhnologii. 2015. No 3, pp. 9–14 (in Russ.).
 6. Kryazhkov V.M., Godzhaev Z.A., Shevcov V.G., Gurylev G.S., Lavrov A.V., Oshero A.N. Problems of formation of an innovative park of agricultural tractors in Russia. Sel'skohozyajstvennyye mashiny i tekhnologii. 2015. No 4, pp. 5–11 (in Russ.).
 7. Lobachevskii Y., Godzhaev Z., Shevtsov V., Lavrov A., Sizov O., Merzlyakov A. Harmonizing power categories and towing categories of agricultural tractors with series of preferred numbers. SAE Technical Papers. 2017. No January, pp. 18-24.
 8. Shevtsov V.G., Lavrov A., Godzhaev Z.A., Kryazhkov V.M., Gurulev G.S. The development of the russian agricultural tractor market from 2008 to 2014. SAE Technical Papers. 2016. No September.
 9. Izmailov A., Shevtsov V., Lavrov A., Godzhaev Z., Pryadkin V. Application of the universal tire characteristic for estimating the maximum pressure of a pneumatic tractor wheel on the ground. SAE Technical Papers. 2015. No September.
 10. Robotrends. URL: <http://robotrends.ru/robopedia/prognozy-v-oblasti-robotov-dlya-selskogo-hozyaystva>.
 11. Godzhaev Z.A., Grishin A.P., Grishin A.A., Grishin V.A. Key technologies and the forecast of development of agricultural robotics. Innovacii v sel'skom hozyajstve. No 6(21). 2016, pp. 35-41 (in Russ.).
 12. Sychev V.G., Afanas'ev R.A., Godzhaev Z.A., Grishin A.P., Grishin A.A. Robotics and agrochemical support of plant growing. Traktory i sel'hoz-mashiny. 2016. No 9, pp. 40-43 (in Russ.).