

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ РОБОТОТЕХНИКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Н. РАМЕШ БАБУ, профессор,
Индийский технологический институт в Мадрасе
(Индия, 600036, г. Ченнай, Сардар патель-роуд, Адьяр)
В. И. НАБОКОВ, доктор экономических наук, профессор,
Е. А. СКВОРЦОВ, старший преподаватель,
Уральский государственный аграрный университет
(620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42)

Ключевые слова: робототехника, сельскохозяйственная робототехника, классификация робототехники, рынок робототехники.

Актуальность темы исследования обусловлена высокими темпами внедрения робототехники в сельское хозяйство в западных странах и России. Рынок сельскохозяйственной робототехники растет высокими темпами, около 39 % всей робототехники в Европе используется в сельском хозяйстве. Крупнейшими ее производителями являются европейские организации. Объективная необходимость внедрения робототехники в сельском хозяйстве в развитых странах обусловлена высокой стоимостью труда. В развивающихся странах она вызвана необходимостью создания рабочих мест в смежных отраслях по производству техники для сельского хозяйства, повышения содержательности труда и привлечения молодежи в отрасль, повышения качества сельскохозяйственной продукции, обеспечения безопасности труда, повышения производительности труда и снижения кадровых рисков. Несмотря на широкое применение робототехники в сельском хозяйстве не существует однозначного подхода к определению особенностей и классификации сельскохозяйственной робототехники. Предлагаем классифицировать сельскохозяйственную робототехнику: по отраслям применения и видам выполняемых работ (в животноводстве и растениеводстве), по характеру перемещения (стационарную, мобильную, беспилотные летательные аппараты), по типу управления (управляемую оператором, полуавтоматическую, автономную), по специализации (специальную, специализированную и универсальную). Плотность роботизации характеризует степень проникновения робототехники в производство и составляет в России 2,0 робота на 10 000 рабочих мест, что существенно ниже, чем в странах, относящихся к развитым. При этом сельское хозяйство Свердловской области является весьма роботизированной отраслью экономики с показателем плотности роботизации 7,6. Создание сельскохозяйственной робототехники сопряжено с рядом задач в области механики, управления робототехникой, программного обеспечения. Эти задачи можно эффективно решить путем объединения усилий российской и индийской сторон с привлечением отраслевой науки.

CLASSIFICATION AND FEATURES OF ROBOTICS IN AGRICULTURE

N. RAMESH BABU, professor,
Indian Institute of Technology of Madras
(Adyar, Sardar Patel Road, 600036, Tamil Nadu, India)
V. I. NABOKOV, doctor of economic sciences, professor,
E. A. SKVORTSOV, senior lecturer,
Ural State Agrarian University
(42 K. Liebknecht Str., 620075, Ekaterinburg)

Keywords: robotics, agricultural robotics, robotics classification, robotics market.

Relevance of the research topic is due to a high rate of implementation of robotics in agriculture in Western countries and Russia. The market of agricultural robotics is growing rapidly, about 39 % of robotics in Europe is used for agriculture. The largest producers are the major European manufacturers. The objective necessity of the introduction of robotics in developed countries is explained by the high cost of labor, while in developing countries it is caused by the necessity of the creation of jobs in related industries for the production of machinery for agriculture; increase in the meaningfulness of work and the involvement of young people in the industry; improvement of the quality of agricultural products due to robotics; occupational safety; increasing productivity and reducing personnel risks. Despite the widespread use of robotics in agriculture, there is not a balanced approach to the definition, characteristics and classification of agricultural robotics. We offer to classify agricultural robotics according to the industry application and type of work: in animal husbandry and crop production; according to the nature of movement: fixed, mobile, unmanned aerial vehicles; to the type of management: controlled by the operator, semi-automatic, automatic; to specialization: specific, specialized and universal. Density of robotics usage characterizes the degree of penetration of robotics in manufacturing, and in Russia the density is 2.0 robots for 10 000 work positions, which is significantly lower than in developed countries. However, agriculture in the region is the most robotized sector of the economy with the density index of 7.6. Creation of agricultural robotics involves a number of tasks in the field of mechanics; in the field of robotics control; and in software. These problems can be effectively solved by joint efforts of Russia and India, involving industry research.

Положительная рецензия представлена П. В. Михайловским, доктором экономических наук,
профессором кафедры экономики, организации и проектирования строительства
Уральской государственной архитектурно-художественной академии.

С конца 80-х годов в аграрной сфере многих государств стала активно внедряться робототехника [1].

Крупнейшие игроки на рынке сельскохозяйственной робототехники – DeLaval (Швеция), Fullwood (Великобритания), Lely (Нидерланды) и GEA FarmTechnologies (Германия). По данным исследователей рынка робототехники, сельскохозяйственная робототехника занимает 39 % от всего рынка роботов Европы (рис. 1) [4].

Весьма высокими темпами развивается сельскохозяйственная робототехника в Нидерландах, которые вообще не относятся к лидерам рынка данной техники. Наиболее сильные позиции страна занимает именно в нише сельскохозяйственной робототехники. Крупнейший голландский производитель робототехники – компания Lely – является мировым лидером в области роботизированных доильных систем.

В настоящее время самым распространенным робототехническим продуктом можно назвать доильную робототехнику. В декабре 2002 года в мире насчитывалось 1754 доильных робота, а спустя 5 лет их стало 8190, в 2010 году – более 16 тысяч. При этом

в Германии и Франции в 2010 году 30 % всего доильного оборудования составляли роботы, в Дании – 50 %, Нидерландах – 57 % [2]. По прогнозам экспертов, рынок доильной робототехники составит к 2018 году 28 600 роботов в год [3].

По данным министерства сельского хозяйства и продовольствия Свердловской области, на 1 января 2016 года установлена 21 доильная роботизированная установка, из которых часть уже смонтирована и работает, остальные выйдут на проектную мощность в ближайшее время.

Если сравнивать экономику России в целом и сельское хозяйство Свердловской области, то плотность роботизации примерно в 4 раза выше, чем в среднем по экономике (рис. 2).

Объективная необходимость внедрения робототехники в сельском хозяйстве вызвана:

– потребностью в создании рабочих мест в смежных отраслях. Дело в том, что робототехника способствует созданию рабочих мест в промышленности, программировании, производстве электронных компонентов и т. д.;



Рис. 1
Области применения профессиональных сервисных роботов в Европе

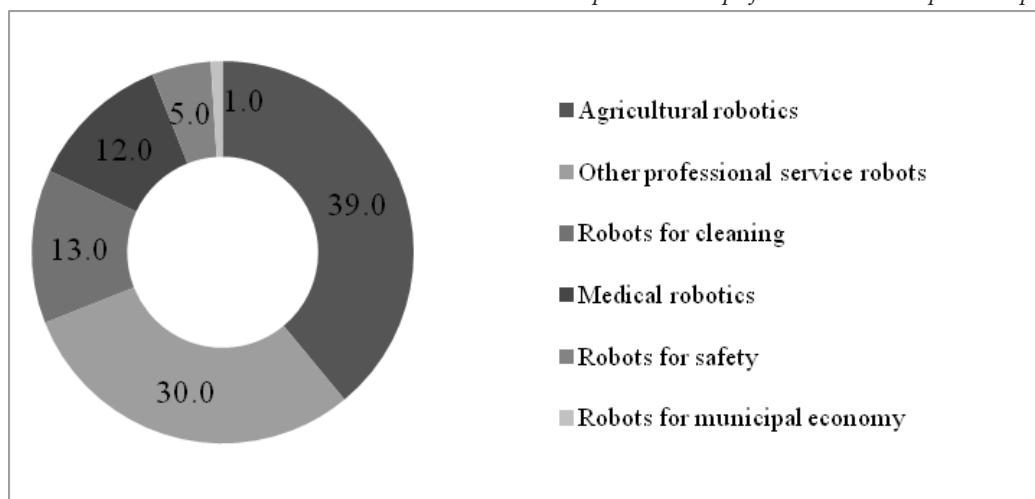


Fig. 1
Application of professional service robots in Europe

– необходимостью повышения производительности труда в сельском хозяйстве. В случае правильно выбранных роботизированных систем производительность труда по сравнению с ручным производством возрастает в разы [6, 7];

– требованиями безопасности на вредных и опасных видах производства. Применение робототехники весьма эффективно на вредном производстве, оказывающем неблагоприятное воздействие на человека. В сельском хозяйстве это работа с пестицидами, ядохимикатами, удобрениями или отходами жизнедеятельности в животноводстве. Необходимо учесть, что роботизация сельского хозяйства позволяет снизить профессиональную заболеваемость и травматизм на производстве, сократить затраты на лечение и мероприятия по охране труда и технике безопасности;

– необходимостью повышения качества сельскохозяйственной продукции. Человек склонен совер-

шать ошибки и в силу субъективных факторов не всегда следует инструкциям, в отличие от робототехники, которая всегда следует заложенной программе. Снижение роли человеческого фактора приводит к минимизации ошибок рабочих и сохранению постоянной повторяемости на всей производственной программе. Специалистами отмечается, что доильная робототехника способствует повышению качества производимого молока [8];

– необходимостью повышения содержательности труда в сельском хозяйстве. Труд в сельском хозяйстве на основе традиционных технологий, как правило, лишен творческого содержания и требует больших физических усилий. Изменение состава трудовых ресурсов вследствие роста образовательного уровня и социальных ожиданий нового поколения кадров повышает требования к условиям и характеру труда. Сегодняшнюю молодежь не привлекает

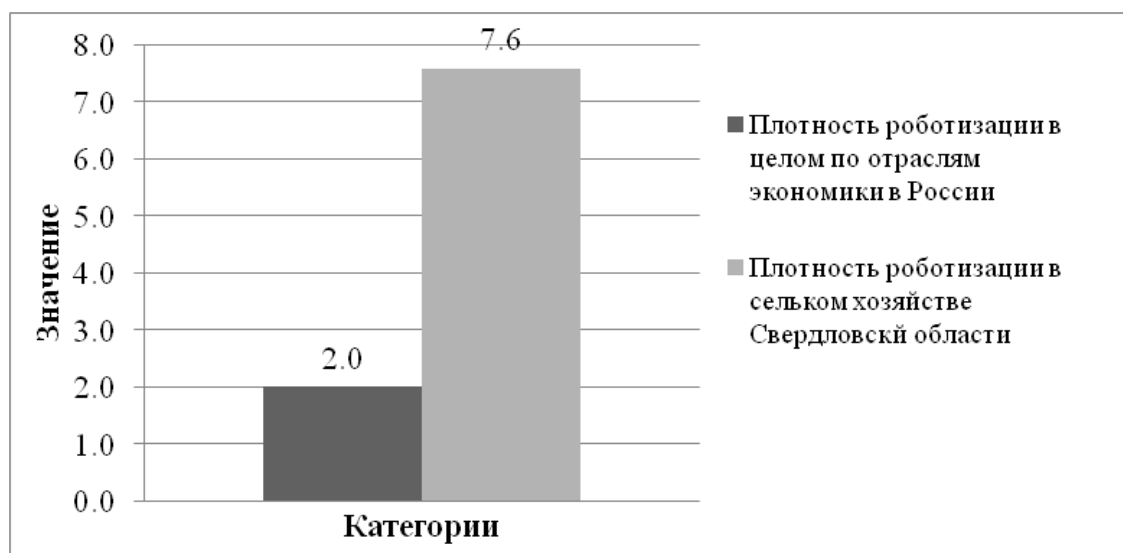


Рис. 2
Плотность роботизации в экономике в целом и сельском хозяйстве Свердловской области

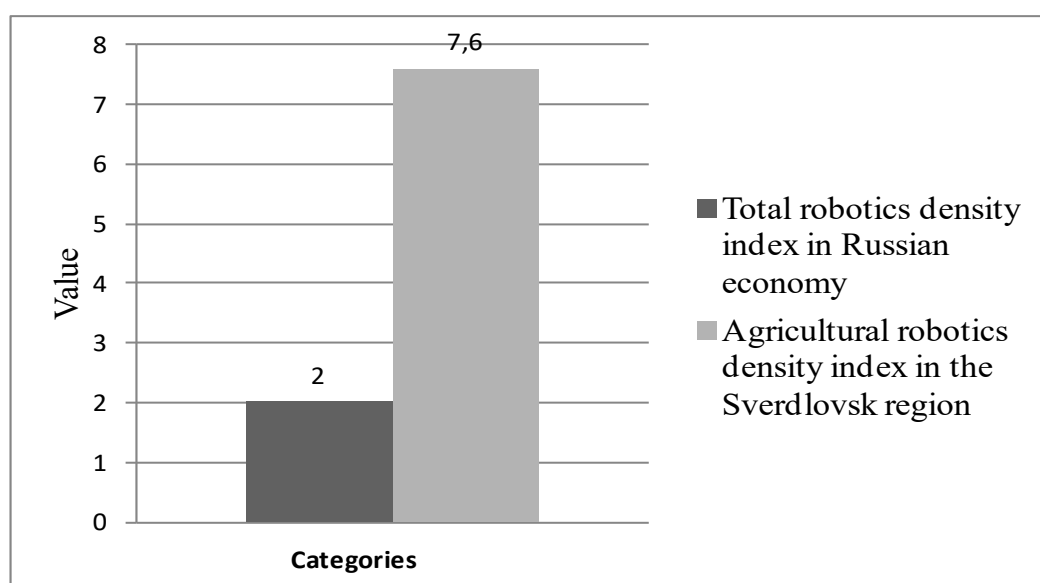


Fig. 2
Robotics density in total in Russia and agricultural robotics index in the Sverdlovsk region

лишенный творческого подхода ручной труд в сельском хозяйстве, трансформацию претерпели сами представления о рабочем месте и содержании труда [9]. Выход из указанного противоречия заключается в применении принципиально новых технических решений на основе робототехники, позволяющей освободить человека от однообразных физически тяжелых и лишенных интеллектуального содержания операций. Эти решения на основе робототехники в сельском хозяйстве позволяют повысить привлекательность отрасли для нового поколения кадров.

Следует заметить, что в западной Европе основным фактором использования робототехники в сельском хозяйстве является снижение издержек на оплату труда. С экономической точки зрения чистая прибыль при роботизированном доении выше, чем в доильном зале [5].

Важное значение имеет определение робототехники в сельском хозяйстве, учитывающее специфику отрасли. Считаем необходимым дать следующее определение: сельскохозяйственная робототехника — это совокупность автоматических программируемых устройств, выполняющих операции по производству сельскохозяйственной продукции или другие операции с высокой точностью и повторяемостью автономно или посредством команд оператора.

Отдельно взятый робот — автоматическое устройство, предназначенное для осуществления производственных и других операций в сельском хозяйстве, которое действует по заранее заложенной программе и получает информацию о внешнем мире от датчиков, самостоятельно осуществляет производственные и иные операции, обычно выполняемые человеком. При этом робот может как иметь связь с оператором (получать от него команды), так и действовать автономно.

Робототехника может быть использована и используется практически в любой отрасли сельского хозяйства: в растениеводстве, животноводстве, переработке сырья, транспортировке, хранении и реализации продукции.

В связи с этим важное теоретическое и практическое значение имеет классификация сельскохозяйственной робототехники.

По нашему мнению, сельскохозяйственную робототехнику следует классифицировать, прежде всего, по отраслям применения и видам выполняемых работ.

Так, сельскохозяйственную робототехнику можно классифицировать по отраслям:

- применяемая в животноводстве;
- применяемая в растениеводстве;
- применяемая во вспомогательных производствах.

В свою очередь, робототехнику в животноводстве можно классифицировать по видам:

- доение животных (коров, коз и т. д.);
- уборка навоза;
- подравнивание кормов;
- раздача кормов;
- стрижка овец.

Робототехнику в растениеводстве также можно классифицировать по видам выполняемых работ:

- посев сельскохозяйственных культур;
- опрыскивание растений ядохимикатами и удобрениями;
- удаление, прополка сорняков;
- контроль всхожести посевов;
- кошение кормовых культур;
- сбор фруктов;
- уход за виноградниками и садовыми деревьями;
- транспортировка рассады в теплицах;
- полив растений в теплицах;
- механизированные работы по подготовке почвы, выполняемые беспилотным (автономным) трактором.

Робототехника, выполняющая работы во вспомогательных производствах организаций сельского хозяйства, может быть классифицирована по следующим видам работ:

- мониторинг сельскохозяйственных угодий;
- сортировка сельскохозяйственной продукции;
- упаковка сельскохозяйственной продукции.

Робототехнику в сельском хозяйстве можно классифицировать по характеру перемещения:

- стационарная робототехника;
- мобильная робототехника;
- беспилотные летательные аппараты.

Робототехнику в сельском хозяйстве можно классифицировать по типу управления:

- управляемая оператором;
- полуавтоматическая;
- автономная.

Данную робототехнику в сельском хозяйстве можно также классифицировать по уровню специализации:

- специальная — для выполнения одной технологической операции или обслуживания конкретного технологического оборудования;
- специализированная — предназначены для выполнения технологических операций одного вида;
- универсальная — для выполнения различных основных и вспомогательных операций.

Классификацию сельскохозяйственной робототехники можно для большей наглядности представить в виде схемы (рис. 3).

Сельскохозяйственная робототехника имеет существенные отличия от робототехники, применяемой в других отраслях народного хозяйства, что обуславливает особенности ее разработки и внедрения. Так, система управления современными промыш-



Рис. 3
Классификация сельскохозяйственной робототехники

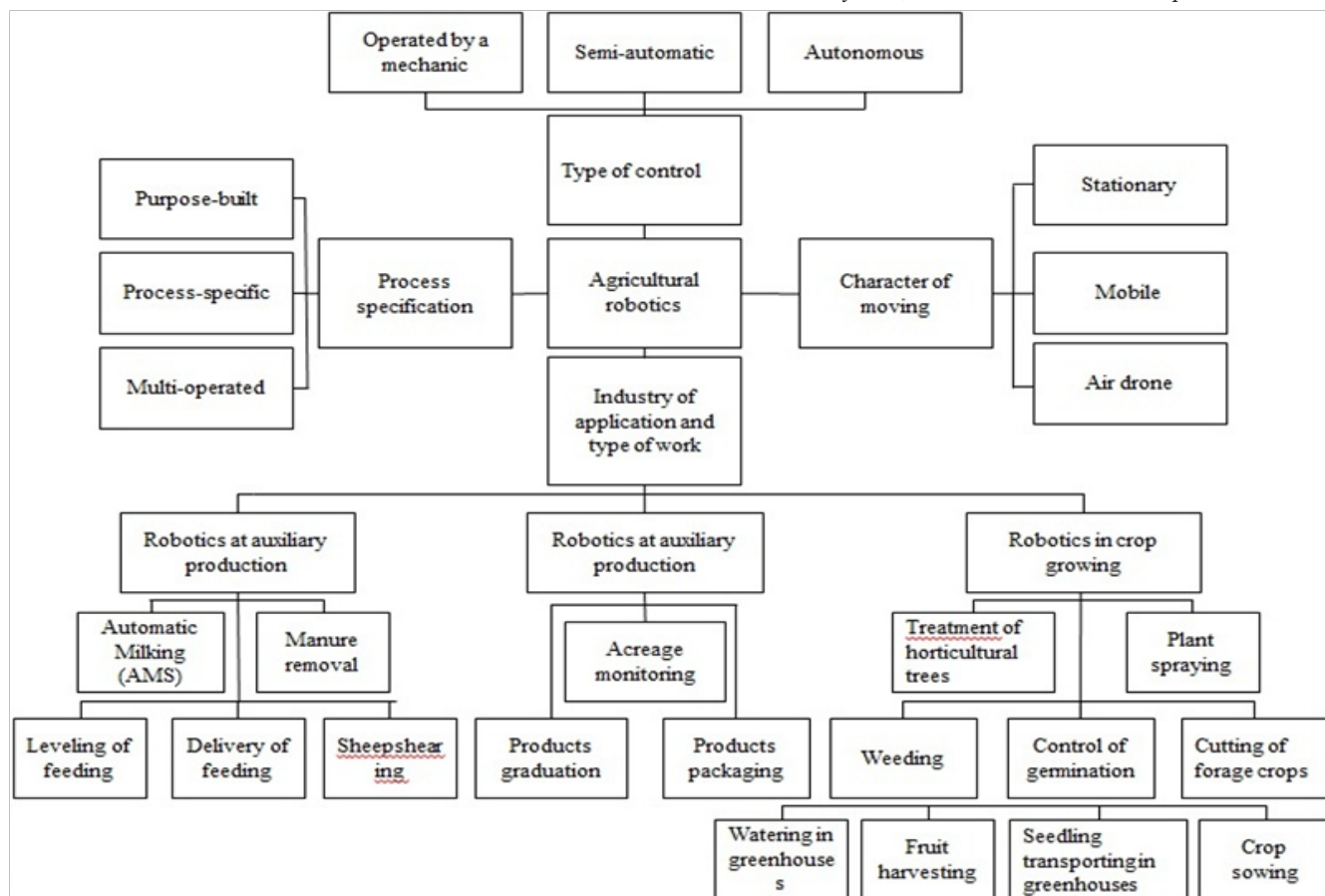


Fig. 3
Classification of agricultural robotics
www.avu.usaca.ru

ленными роботами, основана на повторении запрограммированных движений в фиксированных зонах, в то время сельскохозяйственная робототехника использует системы управления, функционирующие в условиях изменяющихся природно-климатических условий. При этом она:

- обеспечивает работу с живыми организмами – растениями, животными, оперирует с неотсортированными и неупорядоченными объектами (различными сортами растений, кустарников, плодоносящих деревьев и т. д.);
- использует инструменты и другое оборудование, предназначенные для работы человека;
- обеспечивает перемещение робота в животноводческих помещениях или открытой местности,
- обеспечивают безопасность для работающих рядом людей и животных.

По нашему мнению, активизация внедрения робототехники в сельском хозяйстве требует разработки и освоения ее производства в отечественных организациях. Вместе с тем имеется ряд проблем, связанных с созданием сельскохозяйственной робототехники российского производства. В настоящее время отечественный рынок сельскохозяйственной робототехники является весьма емким по потреблению, однако по производству робототехники существенно отстает от мировых лидеров. На российском рынке отсутствуют собственные разработки сельскохозяйственной робототехники, наблюдается доминирование мировых производителей, в основном европейских. В связи с этим возрастает актуальность создания российских образцов сельскохозяйственной робототехники с возможным участием партнеров других стран, в том числе Индии.

При этом следует учитывать, что создание сельскохозяйственной робототехники сопряжено с рядом задач [11]. Так, в области механики робототехники требуются:

- выбор рациональных кинематических схем, аналитических и численных методов исследования динамики роботов;
- оптимизация точностных характеристик;
- разработка методов гашения упругих колебаний;

– создание облегченных конструкций манипуляторов.

В области управления робототехникой (при создании приводов) особое внимание следует уделить улучшению их динамических точностных и энергетических характеристик, производству высокомоментных низкоскоростных и малогабаритных приводов.

В области программного обеспечения (этому направлению уделяется недостаточно внимания) следует учитывать значительную трудоемкость создания программного обеспечения, как правило, превосходящую трудоемкость создания аппаратных средств.

Это требует объединения усилий по созданию сельскохозяйственной робототехники. При этом следует учесть, что российские инженеры имеют большой опыт в создании механической части, однако испытывают трудности в выполнении работ по программированию и дизайну робототехнических изделий.

Выводы. Решение кадровых проблем, совершенствование воспроизводственных процессов в сельском хозяйстве в современных условиях трудно представить без применения робототехники. Она может быть использована и используется практически в любой отрасли сельского хозяйства: в растениеводстве, животноводстве, переработке, транспортировке, хранении и реализации продукции АПК. Без инновационной робототехники невозможны дальнейший рост производительности труда, снижение дефицита кадров и увеличение конкурентоспособности сельского хозяйства, поэтому рынок этой техники будет расти.

Необходима комплексная работа по созданию сельскохозяйственной робототехники, которая должна включать решение вопросов экономической, зоотехнической, агрономической и иной целесообразности и возможности применения в сельском хозяйстве инновационной техники. Такую работу можно осуществлять на основе интеграции усилий российской и индийской отраслевой науки. Решение этого комплекса вопросов невозможно без привлечения отраслевой науки, в том числе аграрных и инженерных ВУЗов, НИИ и т. п.

Литература

1. Mathijs E. Socio-economic aspects of automatic milking // Automatic milking: a better understanding : proc. of the intern. symp. Wageningen Academic Publishers, 2004. 526 p.
2. Кормановский Л. П. Развитие роботизации доения коров // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2013. № 2. С. 78–81.
3. Недельский В. Мировой и российский рынок робототехники. URL : <http://pt.slideshare.net/skrobocenter/ss-63088814>.
4. Industrial and service robotics in Europe – August 2011. URL : <http://fr.slideshare.net/bizresonance/robotique-industrielle-et-de-service-europe-aout-2011-8839337>.

5. Latvala T., Pyykkönen P. Profitability of and reasons for adopting automatic milking systems // European Association of Agricultural Economists : proc. of the intern. symp. Copenhagen, 2005.
6. Иванов Ю. Г., Лапкин А. Г. Сравнительная оценка энерго-, трудо- и эксплуатационных затрат при переводе коров с доения в молокопровод на робот «Lelyastronaut» // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2013. № 3. С. 188–190.
7. Суровцев В. Н., Никулина Ю. Н. Оценка экономической эффективности инновационных технологий доения и содержания молочного стада // Молочное и мясное скотоводство. 2013. № 1. С. 2–5.
8. Абрамова Н. И., Сереброва И. С. Влияние различных технологий производства молока на молочную продуктивность коров и содержание соматических клеток // Молочнохозяйственный вестник. 2015. № 4. С. 7–11
9. Воронин Б. А., Фатеева Н. Б. Обеспечение квалифицированными специалистами АПК: социально-экономические проблемы (на примере Свердловской области) // Аграрный вестник Урала. 2014. № 11. С. 60–63.
10. Международная Федерация Робототехники IFR о роботах, промышленных роботах, сварочных роботах. Статистика о роботах. URL : http://www.robots.steelsite.ru/robots_201110060929.php.
11. Юревич Е. И. Основы робототехники : учебное пособие. СПб., 2010. 368 с.
12. Некрасов К. В., Петров Е. А., Набоков В. И. Оценка функционирования организационно-экономического механизма инновационного развития организаций молочно-продуктового подкомплекса // Аграрный вестник Урала. 2014. №1. С. 88–90.
13. Набоков В. И., Скворцов Е. А., Саакян М. К., Скворцова Е. Г. Кадровые аспекты применения робототехники в сельском хозяйстве // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2015. С. 149–153.

References

1. Mathijs E. Socio-economic aspects of automatic milking // Automatic milking: better understanding : proc. of the intern. symp. Wageningen Academic Publishers, 2004. 526 p.
2. Kormanovskiy L. P. Development of robotization of milking of cows // Bulletin of the All-Russian Research Institute of Mechanization of Livestock Production. 2013. № 2. P. 78–81.
3. Nedelskiy V. World and Russian market of robotics. URL : <http://pt.slideshare.net/skrobocenter/ss-63088814>.
4. Industrial and service robotics in Europe – August 2011. URL : <http://fr.slideshare.net/bizresonance/robotique-industrielle-et-de-service-europe-aout-2011-8839337>.
5. Latvala T., Pyykkönen P. Profitability of and reasons for adopting automatic milking systems // European Association of Agricultural Economists : proc. of the intern. symp. Copenhagen, 2005.
6. Ivanov Yu. G., Lapkin A. G. Comparative assessment power-, work- and operating costs when transferring cows from milking by milk tubes to the Lelyastronaut robot // Bulletin of the All-Russian Research Institute of Mechanization of Livestock Production. 2013. № 3. P. 188–190.
7. Surovtsev V. N., Nikulina Yu. N. Evaluation of cost efficiency of innovative technologies of milking and content of dairy herd // Dairy and meat cattle breeding. 2013. № 1. P. 2–5.
8. Abramova N. I., Serebrova I. S. Influence of various production technologies of milk on dairy productivity of cows and content of somatic cages // Dairy messenger. 2015. № 4. P. 7–11
9. Voronin B. A., Fateeva N. B. Providing agrarian and industrial complex with qualified specialists: social and economic problems (on the example of Sverdlovsk region) // Agrarian Bulletin of the Urals. 2014. № 11. P. 60–63.
10. The international Federation of Robotics of IFR on robots, industrial robots, welding robots. Statistics on robots. URL : http://www.robots.steelsite.ru/robots_201110060929.php.
11. Yurevich E. I. Fundamentals of robotics : education guidance. SPb., 2010. 368 p.
12. Nekrasov K. V., Petrov E. A., Nabokov V. I. Evaluation of functioning of the organizational and economic mechanism of innovative development of the dairy product subcomplex organizations // Agrarian Bulletin of the Urals. 2014. № 1. P. 88–90.
13. Nabokov V. I., Skvortsov E. A., Saakian M. K., Skvortsova E. G. Personnel aspects of application of robotics in agricultural industry // Bulletin of the State Agricultural University of the Northern Trans-Urals. 2015. P. 149–153.