

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

С. Н. Васильев, академик РАН,  
И. А. Калыев, академик РАН,  
В. А. Левин, академик РАН,  
Н. А. Махутов, чл.-корр. РАН,  
Е. А. Микрин, академик РАН,  
П. П. Пархоменко, чл.-корр. РАН,  
А. Ф. Резчиков, чл.-корр. РАН,  
Е. А. Федосов, академик РАН

## РЕДКОЛЛЕГИЯ

Ф. Т. Алескеров, д-р техн. наук,  
В. Н. Афанасьев, д-р техн. наук,  
Н. Н. Бахтадзе, д-р техн. наук,  
Л. П. Боровских, канд. техн. наук  
(зам. гл. редактора),  
В. Н. Бурков, д-р техн. наук,  
В. М. Вишневский, д-р техн. наук,  
М. И. Гераськин, д-р экон. наук,  
С. А. Краснова, д-р техн. наук,  
О. П. Кузнецов, д-р техн. наук,  
В. В. Кульба, д-р техн. наук,  
А. Г. Кушнер, д-р физ.-мат. наук,  
А. А. Лазарев, д-р физ.-мат. наук,  
В. Г. Лебедев, д-р техн. наук,  
В. Е. Лепский, д-р психол. наук,  
А. С. Мандель, д-р техн. наук,  
Р. В. Мещеряков, д-р техн. наук,  
А. И. Михальский, д-р биол. наук,  
Д. А. Новиков, чл.-корр. РАН  
(гл. редактор),  
Б. В. Павлов, д-р техн. наук,  
Ф. Ф. Пашченко, д-р техн. наук  
(зам. гл. редактора),  
Л. Б. Рапопорт, д-р физ.-мат. наук,  
С. В. Ратнер, д-р экон. наук,  
Е. Я. Рубинович, д-р техн. наук,  
В. Ю. Рутковский, д-р техн. наук,  
М. В. Хлебников, д-р физ.-мат. наук,  
А. Д. Цвиркун, д-р техн. наук,  
П. Ю. Чеботарёв, д-р физ.-мат. наук,  
И. Б. Ядыкин, д-р техн. наук

## РУКОВОДИТЕЛИ РЕГИОНАЛЬНЫХ РЕДСОВЕТОВ

Владивосток – О. В. Абрамов, д-р техн. наук,  
Волгоград – А. А. Воронин, д-р техн. наук,  
Воронеж – С. А. Баркалов, д-р техн. наук,  
Курск – С. Г. Емельянов, д-р техн. наук,  
Липецк – А. К. Погодаев, д-р техн. наук,  
Пермь – В. Ю. Столбов, д-р техн. наук,  
Ростов-на-Дону – Г. А. Угольницкий,  
д-р техн. наук,  
Самара – В. Г. Засканов, д-р техн. наук,  
Саратов – В. А. Твердохлебов, д-р техн. наук,  
Уфа – Б. Г. Ильясов, д-р техн. наук

## ADVISORY BOARD

E. A. Fedosov, Academician of RAS<sup>1</sup>,  
I. A. Kalyaev, Academician of RAS,  
V. A. Levin, Academician of RAS,  
N. A. Makhutov, Corr. Member of RAS,  
E. A. Mikrin, Academician of RAS,  
P. P. Parkhomenko, Corr. Member of RAS,  
A. F. Rezchikov, Corr. Member of RAS,  
S. N. Vassilev, Academician of RAS

## EDITORIAL BOARD

V. N. Afanasev, D. Sc. (Tech.),  
F. T. Aleskerov, D. Sc. (Tech.),  
N. N. Bakhtadze, D. Sc. (Tech.),  
L. P. Borovskikh, Ph. D. (Tech.),  
Deputy Editor-in-Chief,  
V. N. Burkov, D. Sc. (Tech.),  
P. Yu. Chebotarev, D. Sc. (Phys.-Math.),  
M. I. Geraskin, D. Sc. (Econ.),  
M. V. Khlebnikov, D. Sc. (Phys.-Math.),  
S. A. Krasnova, D. Sc. (Tech.),  
V. V. Kulba, D. Sc. (Tech.),  
A. G. Kushner, D. Sc. (Phys.-Math.),  
O. P. Kuznetsov, D. Sc. (Tech.),  
A. A. Lazarev, D. Sc. (Phys.-Math.),  
V. G. Lebedev, D. Sc. (Tech.),  
V. E. Lepskiy, D. Sc. (Psych.),  
A. S. Mandel, D. Sc. (Tech.),  
R. V. Meshcheryakov, D. Sc. (Tech.),  
A. I. Michalski, D. Sc. (Biol.),  
D. A. Novikov, Corr. Member of RAS,  
Editor-in-Chief,  
F. F. Pashchenko, D. Sc. (Tech.),  
Deputy Editor-in-Chief,  
B. V. Pavlov, D. Sc. (Tech.),  
L. B. Rapoport, D. Sc. (Phys.-Math.),  
S. V. Ratner, D. Sc. (Econ.),  
E. Ya. Rubinovich, D. Sc. (Tech.),  
V. Yu. Rutkovskii, D. Sc. (Tech.),  
A. D. Tsvirkun, D. Sc. (Tech.),  
V. M. Vishnevsky, D. Sc. (Tech.),  
I. B. Yadykin, D. Sc. (Tech.)

## LEADERS OF REGIONAL BOARDS

Kursk – S. G. Emelyanov, D. Sc. (Tech.),  
Lipetsk – A. K. Pogodaev, D. Sc. (Tech.),  
Perm – V. Yu. Stolbov, D. Sc. (Tech.),  
Rostov-na-Donu, G. A. Ougolnitsky –  
D. Sc. (Tech.),  
Samara – V. G. Zaskanov, D. Sc. (Tech.),  
Saratov – V. A. Tverdokhlebov, D. Sc. (Tech.),  
Ufa – B. G. Ilyasov, D. Sc. (Tech.)  
Vladivostok – O. V. Abramov, D. Sc. (Tech.),  
Volgograd – A. A. Voronin, D. Sc. (Phys.-Math.),  
Voronezh – S. A. Barkalov, D. Sc. (Tech.)

<sup>1</sup> Russian Academy of Sciences.



**CONTROL SCIENCES**

**Научно-технический  
журнал**

6 номеров в год

ISSN 1819-3161

Издается с 2003 года

**УЧРЕДИТЕЛЬ**

Федеральное государственное  
бюджетное учреждение науки  
Институт проблем управления  
им. В.А. Трапезникова РАН

Главный редактор  
чл.-корр. РАН

**Д.А. Новиков**

Заместители главного  
редактора

**Л.П. Боровских, Ф.Ф. Пащенко**

Редактор

**Н.Е. Максимова**

Выпускающий редактор

**Л.В. Петракова**

Издатель

ООО «Сенсидат-Плюс»

Адрес редакции  
117997, ГСП-7, Москва,  
ул. Профсоюзная, д. 65, к. 410.  
Тел./факс (495) 334-92-00  
E-mail: pu@ipu.ru  
Интернет: <http://pu.mtas.ru>

Оригинал-макет и электронная версия  
подготовлены  
ИП Прохоров О. В.

Отпечатано в ООО «Адвансед солюшнз»

Заказ № РВ519

Подписано в печать  
30.09.2019 г.

Журнал зарегистрирован  
в Министерстве Российской  
Федерации по делам печати,  
телерадиовещания и средств  
массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС 77-49203 от 30 марта 2012 г.

Журнал входит в RSCI на платформе  
Web of Science и Перечень  
рецензируемых научных изданий ВАК

Журнал включен в Российский индекс  
научного цитирования (РИНЦ).  
На сайте Научной электронной  
библиотеки ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)) доступны  
полные тексты статей.

Подписные индексы:  
**80508** и **81708** в каталоге Роспечати;  
**38006** в объединенном каталоге  
«Пресса России»

Цена свободная

© Федеральное государственное  
бюджетное учреждение науки  
Институт проблем управления  
им. В.А. Трапезникова РАН

# ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

## 5.2019

### СОДЕРЖАНИЕ

#### Обзоры

**Шевченко А.В., Мещеряков Р.В., Мигачев А.Н.** Обзор состояния  
мирового рынка робототехники для сельского хозяйства.  
Ч. 1. Беспилотная агротехника . . . . . 3

**Деменков Н.П., Микрин Е.А., Мочалов И.А.** Методы решения  
нечетких систем линейных уравнений. Ч. 2. Неполные системы . . . . . 19

#### Анализ и синтез систем управления

**Завадский В.К., Иванов В.П., Каблова Е.Б., Кленовая Л.Г.** Синтез  
квазитерминальных регуляторов . . . . . 29

#### Управление в социально-экономических системах

**Горидько Н.П., Нижегородцев Р.М.** Принцип допустимых интервалов  
и экстремальные задачи в управлении макроэкономическими  
системами . . . . . 37

**Подгорская С.В., Подвесовский А.Г., Исаев Р.А.** и др. Моделирование  
сценарного развития сельских территорий на основе нечеткой  
когнитивной модели . . . . . 49

#### Информационные технологии в управлении

**Волковицкий А.К.** Адаптивный алгоритм управления измерениями  
квазистационарных периодических процессов . . . . . 60

#### Управление в медико-биологических системах

**Бабушкина Н.А., Кузина Е.А., Лоос А.А., Беляева Е.В.**  
Математическое моделирование управления противоопухолевой  
вакцинотерапией . . . . . 68

#### Хроника

**Борис Викторович Павлов** (к 80-летию со дня рождения) . . . . . 84



## CONTROL SCIENCES

### Scientific Technical Journal

6 issues per year

ISSN 1819-3161

Published since 2003

#### FOUNDER

V. A. Trapeznikov Institute  
of Control Sciences  
of Russian Academy of Sciences

#### Editor-in-Chief

D. A. Novikov, Corr. Member of RAS

#### Deputy Editors-in-Chief

L. P. Borovskikh, F. F. Pashchenko

#### Editors

N. E. Maksimova, L. V. Petrakova

#### Publisher Sensidat-Plus LLC

#### Editorial address

65 Profsoyuznaya st., office 410,

Moscow 117997, Russia

☎/☎ +7 (495) 334-92-00

✉ pu@ipu.ru

URL: <http://pu.mtas.ru>

Design layout and electronic version

prepared by SP Prokhorov O. V.

Printed by Advanced Solutions LLC

Order No. PB519

Approved for print on 30.09.2019

The Journal is registered by the Ministry  
of Press, Broadcasting and Mass Media  
of the Russian Federation

Registration certificate of

ПИ № ФС 77-49203 of 30 March 2012

The Journal is included in RSCI  
(Russian Science Citation Index)  
on the platform Web of Science  
and in the list of peer-reviewed  
scientific publications of the HAC

On the website of the Scientific electronic  
library ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)) full texts of articles  
are available.

Subscription indexes:

**80508** and **81708** in the catalogue  
of Rospechat;

**38006** in the joint catalogue  
«Press of Russia»

Free price

© V. A. Trapeznikov Institute of Control  
Sciences of Russian Academy of Sciences

# CONTROL SCIENCES

## 5.2019

### CONTENTS

#### Surveys

**Shevchenko, A.V., Meshcheryakov, R.V., Migachev, A.N.** Review  
of the World Market of Agriculture Robotics. Part 1. Unmanned Vehicles  
for Agriculture . . . . . 3

**Demenkov, N.P., Mikrin, E.A., Mochalov, I.A.** Methods of Solving Fuzzy  
Systems of Linear Equations. Part 2. Incomplete Systems . . . . . 19

#### Analysis and Synthesis of Control Systems

**Zavadsky, V.K., Ivanov, V.P., Kablova, E.B., Clenovaya, L.G.** Quasi-terminal  
Controllers Synthesis . . . . . 29

#### Control in Social and Economic Systems

**Goridko, N.P., Nizhegorodtsev, R.M.** The Principle of Permissible Intervals  
and Extreme Challenges in Adjustment for Macroeconomic Systems . . . . . 37

**Podgorskaya, S.V., Podvesovskii, A.G., Isaev, R.A., et al.** Modeling  
of Scenario Development of Rural Territories Based on Fuzzy Cognitive  
Model . . . . . 49

#### Information Technologies in Control

**Volkovitskiy, A.K.** Adaptive Algorithm of Quasi-stationary Periodic Processes  
Measurements Control . . . . . 60

#### Control in Medical and Biological Systems

**Babushkina, N.A., Kuzina, E.A., Loos, A.A., Belyaeva, E.V.** Mathematical  
Modeling of Antitumor Vaccine Therapy Control . . . . . 68

#### Chronicle

**Boris Pavlov** (to the 80-th anniversary) . . . . . 84

# ОБЗОР СОСТОЯНИЯ МИРОВОГО РЫНКА РОБОТОТЕХНИКИ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА.

## Ч. 1. Беспилотная агротехника

А.В. Шевченко, Р.В. Мещеряков, А.Н. Мигачев

**Аннотация.** Представлен обзор мирового рынка беспилотной агротехники и роботизированных устройств и комплексов, применяемых в различных областях сельского хозяйства. Выделены основные направления в применении агроботов и целесообразность их внедрения в сельское хозяйство наряду с традиционными методами или вместо них. Приведены данные по концептам и разработкам беспилотных тракторов и их оснащённости. Рассмотрены основные игроки рынка и описаны перспективные технологии по беспилотной агротехнике, роботизированным устройствам и комплексам в растениеводстве и животноводстве. Выделены и описаны агроботы — роботы-пропольщики, роботы-прореживатели, роботы для сбора урожая, роботы для выполнения операций на виноградниках и в садах, самоходные роботы для мониторинга — а также роботы для животноводства. Определены преимущества применения роботов в каждом из направлений, а также тенденции в технологических инновациях. Сделаны выводы о перспективности мирового рынка сельскохозяйственной робототехники и о его положительном влиянии на сельское хозяйство в части экономики, технологий и экологии.

**Ключевые слова:** робот, сельское хозяйство, рынок робототехники, автономные тракторы, роботизированные устройства.

### ВВЕДЕНИЕ

Проблема роста населения Земли и, как следствие, возрастающая потребность в продовольствии, урбанизация и нехватка рабочей силы, а также экологические проблемы стимулируют поиск путей повышения эффективности сельского хозяйства благодаря новым технологиям и инновационным методам управления. Робототехника и автономные системы призваны преобразовать отрасль сельского хозяйства со значительными экономическим, социальным и экологическим эффектами.

Цель данной статьи — дать анализ мирового рынка беспилотной агротехники и роботизированных устройств и комплексов в области сельского хозяйства, сферы их применения, влияния на эффективность процессов, а также тенденций технического развития.

Один из крупнейших в мире инвестиционных банков, «Goldman Sachs» (США) прогнозирует, что

применение технологий нового поколения способно увеличить производительность мирового сельского хозяйства на 70 % к 2050 г. [1].

Долгосрочное видение технического перевооружения сельского хозяйства заключается в развитии нового поколения интеллектуальных, гибких, надежных, совместимых, взаимосвязанных роботизированных систем, беспрепятственно работающих вместе со своими коллегами-людьми на фермах. Команды мультимодальных совместимых робототехнических систем будут способны самостоятельно организовывать и координировать свою деятельность наряду с существующими агропродовольственными системами и в их рамках.

Роботизация сельского хозяйства на основе широкого применения мобильных и стационарных роботов — осознанная необходимость в стратегии развития крупнейших агропромышленных и машиностроительных компаний в мире. Переход организаций сельского хозяйства на робототехнику будет способствовать повышению производительности труда, повышению безопасности и улучше-