

## Учредители

- Институт машиноведения им. А.А. Благонравова  
Российской академии наук
- Московский государственный индустриальный университет

## Издатель

Московский государственный индустриальный университет

Журнал зарегистрирован 30 декабря 2004 г. Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия  
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-19294

# МАШИНОСТРОЕНИЕ И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 2'2005

Выходит 4 раза в год

ISSN 1815-1051

## В номере

## РЕДКОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

### Главный редактор

**Фролов К.В.**, академик РАН,  
директор Института машиноведения им. А.А. Благонравова  
Российской академии наук (ИМАШ РАН)

### Заместители главного редактора

**Скопинский В.Н.** (отв. редактор), д.т.н., проф. (МГИУ)  
**Баранов Ю.В.**, д.т.н., проф. (ИМАШ РАН)  
**Овчинников В.В.**, д.т.н., проф. (ФГУП «РСК МИГ»)

### Члены редколлегии

**Алешин Н.П.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)  
**Асташев В.К.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Беляков Г.П.**, д.э.н., проф. (Красноярск)  
**Бобровницкий Ю.И.**, д.ф.-м.н., проф. (Москва)  
**Вайсберг Л.А.**, д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)  
**Горкунов Э.С.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Екатеринбург)  
**Григорян В.А.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Дроздов Ю.Н.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Индейцев Д.А.**, д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)  
**Колесников А.Г.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Кошелев О.С.**, д.т.н., проф. (Н. Новгород)  
**Лунев А.Н.**, д.т.н., проф. (Казань)  
**Махутов Н.А.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)  
**Пановко Г.Я.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Перминов М.Д.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Петров А.П.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Полилов А.Н.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Поникаров С.И.**, д.т.н., проф. (Казань)  
**Приходько В.М.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)  
**Резчиков А.Ф.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Саратов)  
**Рототаев Д.А.**, д.т.н., проф., акад. РАРАН (Москва)  
**Теряев Е.Д.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)  
**Федоров М.П.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)  
**Хохлов Н.Г.**, д.п.н., проф. (Москва)  
**Чаплыгин Ю.А.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)  
**Шляпин А.Д.**, д.т.н., проф. (Москва)  
**Штриков Б.Л.**, д.т.н., проф. (Самара)

## ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

**Рачков М.Ю.**

Мобильные автономные системы  
для автоматизации разминирования ..... 2

## МАШИНЫ И СИСТЕМЫ МАШИН

**Умняшкин В.А., Филькин Н.М., Скуба Д.В.**

Обоснование необходимости создания автомобиля  
особо малого класса (квадрицикла) с гибридной  
энергосиловой установкой ..... 11

**Шейпак А.А., Чекалов М.А.**

Повышение эффективности привода  
энергетических машин путем использования  
систем утилизации энергии отработавших газов ..... 19

## ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

**Студенов Г.В., Мельник А.Д.**

Особенности сварки и ремонта конструкций  
из высокопрочных алюминиевых сплавов системы  
легирования Al-Zn-Mg ..... 25

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАШИН И СИСТЕМ

**Скопинский В.Н.**

Пересекающиеся оболочки — конструктивные объекты  
машиностроения ..... 31

**Горобцов А.С.**

Формирование уравнений движения пространственной  
механической системы, содержащей кинематические  
цепи произвольной структуры ..... 46

**Киквидзе О.Г.**

Неупругое деформирование материала  
при термомеханическом нагружении твердых тел ..... 55

## ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Медведев В.Е.**

Подготовка профессиональной элиты  
в технических университетах ..... 60

**Ужва В.В.**

Организация контроля качества  
подготовки специалистов в МГИУ ..... 71

## ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

**Овчинников В.В.**

Неизвестные летательные аппараты. Проект «Спираль» ..... 76

## ИНФОРМАЦИЯ

Отраслевой специализированный научный  
семинар ИЦП МАЭ «Численные методы  
и программное обеспечение расчетов на прочность» ..... 81

## ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ!

Подписка на журнал  
«Машиностроение и инженерное образование»  
проводится в издательстве МГИУ

Тел.: (095) 674-62-50.

E-mail: andreev@sde.ru

# МОБИЛЬНЫЕ АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗМИНИРОВАНИЯ

М.Ю. Рачков



**РАЧКОВ**  
**Михаил Юрьевич**

Профессор, доктор технических наук, академик Российской академии космонавтики. Заведующий кафедрой «Автоматика, информатика и системы управления» Московского государственного индустриального университета, исполнительный директор Департамента «Образование» Международного центра обучающих систем ЮНЕСКО. Специалист в области автоматизации, робототехники и измерительных систем. Автор более 200 работ, в том числе 7 монографий. Книги по роботам вертикального перемещения и по автоматизации разминирования являются приоритетными.

## Введение

По данным Международного центра по гуманитарному разминированию в настоящее время на территориях более чем 60 государств, когда-либо участвовавших в войнах или вооруженных конфликтах, остаются заложенными свыше 100 млн мин [1]. Их широкое применение обуславливается, наряду с военным аспектом, также и экономическими причинами (дешевизной мин по сравнению с затратами на разминирование). Так, цена одной противопехотной мины в среднем составляет от 3 до 15 долл. США, а стоимость ее обезвреживания после установки может достигать до 1000 долл. США [2]. В последние десятилетия производится по различным оценкам до 10 млн мин в год.

Заминированные территории, остающиеся после окончания военных действий, представляют собой источники экстремальной опасности. От мин страдают мирные жители: приблизительно 26 тыс. человек ежегодно погибают на минах или становятся калеками. Мины затрудняют оказание экстренной помощи, препятствуют земледелию и экономическому развитию стран. Более 22 млн человек, живущих в миноопасных регионах, затрагивает эта проблема, поэтому разминирование в современном мире представляет международную проблему чрезвычайной важности, особенно, обезвреживание противопехотных мин, являющихся объектами гуманитарного разминирования. (Дополнительным требованием при гуманитар-

ном разминировании является сохранение плодородного слоя почвы).

В настоящее время работы по разминированию проводятся чрезвычайно медленно. В Камбодже, например, порядка 6 млн мин были заложены в течение боевых действий, но только 12 км<sup>2</sup> минных полей в год могут быть освобождены от мин с использованием применяемых на сегодняшний день технологий [1]. При таких темпах потребуется около 100 лет, чтобы очистить от мин одну Камбоджу.

В 1997 г. 123 страны мира подписали в г. Оттаве (Канада) *Соглашение по запрещению использования, хранения, производства и передачи мин, уничтожающих живую силу*. В Соглашении содержится обращение к Организации Объединенных Наций, государствам и другим компетентным межправительственным или неправительственным организациям помочь в разработке национальных программ по разминированию. Такая национальная гуманитарная программа по разминированию, в частности, была принята в США в 2000 г.

Работа по разминированию, по своей природе, является достаточно опасной. К тому же она осложняется тем, что, несмотря на международные инструкции, минные поля почти никогда не наносятся на карту. Поскольку мины могут оставаться активными в течение, по крайней мере, 20 лет, эрозия земли и атмосферные осадки, особенно ливни, могут сделать даже существующие карты бесполезными. В некоторых случаях мины, заложенные по берегам рек, вымываются вниз по течению, а мины, заложенные в пустынях, легко перемещаются вместе с песками. Все это значительно усложняет процесс поиска мин и увеличивает их опасность для человека, вооруженного миноискателем, что не дает к тому же высокой эффективности такого разминирования. Применение мобильных автономных систем для автоматизации разминирования должно способствовать как решению проблемы безопасности, так и снижению затрат на разминирование.

Основными задачами мобильных автономных систем на основе робототехники являются

обнаружение всех мин сканированием территории их потенциального нахождения и обезвреживание мин. В работе мобильной системы, в общем случае, могут быть выделены следующие режимы: обнаружение мин, механическое разрушение мин на месте их обнаружения, разрушение мин после обнаружения, удаление мин и их разрушение в безопасном месте.

С технической точки зрения мобильные системы для разминирования можно подразделить на такие: по среде применения – на наземные, подводные и воздушные [3]; по виду шасси – на колесные, гусеничные, шагающие, винтовые и гибридные.

### 1. Колесные автономные системы

Примером колесной радиоуправляемой робототехнической системы может служить система, предназначенная для нейтрализации мин на территориях, сильно заросших растительностью (рис. 1) [4].



Рис. 1. Колесная радиоуправляемая робототехническая система

Производительность системы доходит до 800 м<sup>2</sup>/ч в зависимости от типа грунта и плотности растительности. Шасси системы имеет треугольный профиль, вершина которого направлена к поверхности перемещения, а стальная обшивка выполнена толщиной 8 мм. Такая конструкция шасси позволяет минимизировать повреждения от возможного взрыва мины. Ходовая часть выполнена на основе четырех гидростатических зубчатых колес, каждое из которых приводится в движение автономным дви-