

# ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ

В разделе публикуются исследовательские работы школьников, выполненные в самых разных областях знаний. В журнале представлены исследования участников различных всероссийских конкурсов и конференций. Работы прокомментированы учёными-специалистами в данных областях науки. Цель комментария — обратить внимание читателя как на сильные, так и на слабые стороны публикуемой работы; на различные методические и содержательные аспекты проведённого исследования

## В мире роботов

Работа была представлена на I Региональный конкурс исследовательских работ и проектов дошкольников и младших школьников «Я-ИССЛЕДОВАТЕЛЬ», секция «Техника», г. Челябинск, 2007 г.

Научное-техническое направление

Автор: **Фомин Дмитрий,**

г.Челябинск, Дворец пионеров и школьников им.Н.К. Крупской

Научный руководитель:

**Григорьева Евгения Кузьминична,**

педагог дополнительного образования Центра технического творчества Дворца пионеров и школьников им.Н.К. Крупской, г. Челябинск

Моё первое знакомство с роботами произошло в раннем возрасте. Вначале это были книжки — раскраски и журналы, потом фильмы о космических роботах и компьютерные игры. У меня появилось много вопросов, на которые мне хотелось найти ответы. Из чего состоят роботы? Как они двигаются и говорят?

Во 2 классе я записался в кружок «Сам себе мастер» ДПШ им. Н.К. Крупской. Мой педагог, Евгения Кузьминична Григорьева, научила меня работать с разными видами конструкторов, с бумагой и картоном. Мне очень хотелось сделать своими руками робота. Сначала я пошёл в библиотеку и взял книгу о роботах, прочитал её. Из неё я узнал историю рождения слова робот и робототехники. И только потом я смастерил своими руками первые модели роботов из бумаги, а потом из Лего-конструктора.

## История появления слова «робот»

Слово «робот» вошло в обиход почти всех языков мира после появления зимой 1921 г. пьесы R.U.R. («Rossum's Universa I Robots») замечательного чешского драматурга и прозаика К. Чапека. На его родном языке «robota» — принудительный труд. В 1971 г. академик М.В. Келдыш предложил такую формулировку слова робот: «робот — это машина, выполняющая механическую работу с повышенным уровнем автоматизма».

## Рождение робототехники

Если вспомнить о том, насколько сложен и совершенен организм человека, то не придётся удивляться тому, что создать устройства, берущие на себя часть практической деятельности людей, было исключительно трудно. Трудности реализации на практике идей создания роботов привели к тому, что они появились сначала только в качестве персонажей научно-фантастических романов, причём наделёнными зачастую «сверхспособностями». А первые промышленные роботы, т.е. такие, которые могут выполнять определённые рабочие операции (переносить детали, устанавливая их на место, окрашивать изделия, сверлить их и т.д.), были созданы в 1962 г. Эту работу и можно считать годом рождения робототехники.

## Что такое робот?

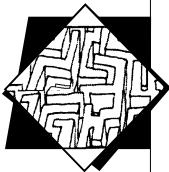
### Какой механизм можно назвать роботом?

Как часто бывает в молодой области человеческой деятельности, в робототехнике нет ещё устоявшейся, общепризнанной терминологии. Споры среди специалистов по поводу того, какой же механизм можно назвать роботом, не утихают и по сей день.

Присоединимся к мнению тех, кто считает, что роботом можно назвать такое устройство, у которого имеются в совокупности две основные части: исполнительный механизм — «рука» 1 и система управления этим механизмом — «мозг» 2 робота.

### Манипулятор

Исполнительный механизм робота — это его механическая рука или, как её ещё называют, манипулятор. Манипулятор состоит из шарнирно соединённых звеньев, как рука человека из костей, связанных суставами. Последнее (рабочее) звено



1 манипулятора, называемое схватом, является аналогом кисти и человеческой руки. Число звеньев у манипулятора бывает обычно в пределах от двух, до шести, в зависимости от названия и области применения робота. Звенья подвижны относительно друг друга и могут совершать вращательные или поступательные движения; в отличие от человеческой руки они могут ещё и удлиняться. Благодаря этому схват может двигаться по любой, самой причудливой траектории.

Схват, как видно из его названия, служит для удержания и переноса предметов. Он может быть самой разнообразной конструкции — похожим на клешню краба или на кулачковый патрон, как у дрели, в виде мягких резиновых пальцев, в которые попадает воздух, чтобы они приняли нужную форму (эта конструкция схвата применяется для работы с хрупкими предметами: электролампами, радиоэлементами). А может иметь и другой, удобный для конкретного дела, вид.

Число «пальцев» тоже может быть разным. Самые простые — двухпальцевые схваты похожи на обычные плоскогубцы; более «экзотический» вид имеют многопальцевые схваты. Принцип захвата нужного предмета может быть не только механическим (зажим — разжим), но и электромагнитным, если предмет из ферромагнитного материала; схват может действовать и как вакуумные присоски или клейкая лента и т.д.

Иногда последним звеном манипулятора служит не схват, а, в зависимости от предназначения робота, соответствующий рабочий инструмент: дрель, гаечный ключ, краскораспылитель, сварочная горелка и др. Робот с таким манипулятором может быть сварщиком, маляром и т.д. Число, форма и способы соединения звеньев манипулятора обуславливают большое разнообразие их внешнего вида.

### **Как происходит перемещение звеньев манипулятора?**

Перемещение звеньев манипулятора обеспечивают, так называемые, приводы — аналоги мускулов в руке человека. Приводы являются источниками механической энергии, нужной для движения звеньев. Если источником механической энергии служит электродвигатель, то привод называют электрическим, если таким источником является гидро- или пневмоцилиндр, то привод называют гидравлическим или пневматическим.

Итак, привод, являясь «мускулом» манипулятора приводящим его в движение, во многом определяет, каков снабжённый этим приводом робот: насколько он силен (какова его грузоподъёмность), ловок (как точно может выполнить заданное действие), быстр (сколько ему надо на это времени) и др., т. е. определяет, несомненно, очень важные характеристики робота.

## Роботы, для которых важны не только «руки», но и «ноги»

В роботах сейчас используют все известные в транспортной технике способы и средства передвижения (колеса, гусеницы, электромагнитные подвески, воздушные подушки и т.д.).

В соответствии с назначением робота и классификацией транспортных средств (по областям применения) устройства передвижения роботов и их самих делят на наземные, подземные, плавающие, подводные, воздушные, космические. Особую группу составляют шагающие роботы, так как у них специфический робототехнической частью служит именно механизм, обеспечивающий их передвижение, т. е. «ноги», а не «руки». У такого робота исполнительный механизм представляет собой совокупность «ног», каждая из которых — это особого рода манипулятор, их рождение обусловлено перспективой космических исследований. Уже сейчас очевидно, что при исследовании планет Солнечной системы возникает необходимость в преодолении препятствий, недоступных обычной колёсно-гусеничной технике. Шагающий робот станет тогда незаменимым разведчиком этих планет.

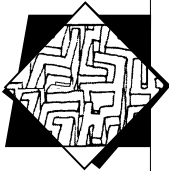
### Системы управления

В зависимости от степени «разумности» робота, его система управления включает разные устройства, однако во всех случаях можно выделить два главных: во-первых, устройство, вырабатывающее сигнал, который, поступая на приводы манипулятора, приводит последний в действие (именно это устройство и есть «мозг» робота); во-вторых, устройство, связывающее робота с внешним миром (его называют «системой очувствления», или «сенсорной системой»).

Задача этой системы заключается в том, чтобы получить и передать «мозгу» информацию о положении робота в пространстве, состоянии его манипулятора, объекта манипулирования и окружающей среды. Значение этой системы трудно переоценить, поскольку она является аналогом системы осязания, зрения, слуха и других ощущений человека. «Органами чувств» в ней служат разнообразные датчики.

### Где и зачем нужен робот?

В последние годы благодаря стремительному прогрессу вычислительной техники и, как следствие, заметному росту «интеллектуальных» возможностей роботов, произошло внедрение последних во многие сферы человеческой деятельности, где раньше роботизация не предвиделась. В результате появилось множество разных роботов.



### **Лабораторные роботы**

это экспериментальные образцы, которые в случае удачной конструкции будут применены в какой-либо области человеческой деятельности.

### **Промышленные роботы**

Это роботы, которые активно используются в промышленности. Главное назначение этих роботов — улучшать условия работы людей. По выполненным операциям промышленные роботы делятся на:

- Транспортные роботы — служат для транспортировки деталей.
- Роботы — малярных дел мастера. Они освобождают людей от крайне неприятного труда, связанного с покраской различных изделий.
- Роботы-упаковщики. Упаковочные работы, хотя и не представляют вреда для здоровья человека, очень утомительны и однообразны. А роботы-упаковщики с такими операциями справляются хорошо.
- Роботы на сборке изделий. Профессия сборщика, которой овладели современные роботы, исключительно важна. Качество сборки выполненной роботом, чаще всего бывает гораздо выше, чем произведённой сборщиком-человеком.
- Роботы-сварщики. Сварка с одной стороны, довольно неприятная и даже в какой-то мере опасная для человека операция. Именно робот-сварщик справляется с этой задачей успешно.
- Робот для накрутки проводов. Накрутка проводов — мало привлекательное для людей занятие. Её поручили роботам.

### **Роботы, действующие в опасных для человека условиях**

Эти роботы отличаются от промышленных тем, что представляют собой, как правило, уникальные конструкции. Каждая из них создаётся специально для выполнения специфических заданий.

- Роботы, работающие в зоне радиации. Сюда можно отнести роботов, используемых для обслуживания ядерных реакторов, роботов для ремонтных работ в радиационных установках и роботов для исследований с помощью радиоактивных веществ.
- Роботы-космонавты. Космос безбрежен. В его исследовании сделаны лишь первые шаги. Несомненно, дальнейшее его освоение, последовательное раскрытие «небесных» тайн, немислимы без автономных, самоуправляемых машин — «умных» и «трудолюбивых» роботов.
- Подводные роботы. В наше время происходит интенсивное освоение Мирового океана. Ведь его огромные просторы, занимающие более 70% поверхности земного шара, до сих пор хранят в своих глубинах почти столько же загадок природы,

как и космос. И в этом освоении Мирового океана без роботов не обойтись.

- Роботы-шахтёры. Хорошо известно, сколь опасен и тяжёл труд шахтёров, рабочих горнодобывающей промышленности. И именно роботы-шахтёры освобождают людей от крайне тяжёлого и опасного труда.

## Некоторые неожиданные применения роботов

**1. Роботы в сельском хозяйстве.** Роботы оказались способными трудиться даже в такой «непредсказуемой» области, как сельское хозяйство. Назовём ещё лишь несколько видов сельскохозяйственной деятельности, которые могут быть «переданы» робототехническим устройствам. Это прополка и прореживание посадок овощей; сортировка практически любых плодов и погрузка их в ящики, контейнеры и другую тару; обслуживание животноводческих ферм, включая раздачу кормов, уборку навоза, складирование сена, силоса, удобрений и даже отпугивание птиц. Для отпугивания создан робот-пугало. Так же создан робот — упаковщик яиц для птицеферм, робот — парикмахер для стрижки овец, робот-скотник, робот-тракторист, робот-сборщик огурцов и помидоров в теплицах.

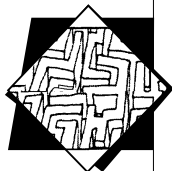
**2. Роботы в медицине.** Ещё одна, казалось бы нероботизированная область человеческой деятельности — это медицина. Сразу, даже трудно представить себе, что могут делать в ней роботы. Оказалось, как и в других областях, довольно многое. Например, миниатюрные манипуляторы для микрохирургии, хирургии для некоторых внутренних органов, для проведения операций дистанционно.

**3. Бытовые роботы.** Современные бытовые роботы, выпускаемые пока в малых количествах, могут делать многое: убирать квартиру, ставить предметы на место, вытирать пыль, мыть поверхности несложных конфигураций, стирать, сушить и гладить бельё, выносить мусор, чистить овощи, готовить на плите пищу, накрывать на стол, мыть посуду, а так же множество других мелких услуг по хозяйству.

**4. Роботы и сфера обслуживания.** Для обслуживания торговых предприятий роботы применяются уже довольно широко. Например: торговые автоматы, поставленные в наиболее людных местах и продающие штучные товары: печенье, шоколад, бутерброды и т.д., робот-пекарь, который сам печёт оладьи.

**5. Роботы и спорт.** Задача роботов здесь — усовершенствование процесса физической подготовки, тренировки, приобретение спортивного мастерства. Например, создан робот-боксёр, робот-горнолыжник, робот-спелеолог.

**6. Семейство роботов-кукол.** Создано огромное количество роботов-кукол и роботов-игрушек. От роботов-музыкантов



и роботов-актёров до роботов-зверюшек. Все они созданы для того, чтобы развлекать детей и взрослых.

Классификация роботов по областям применения весьма условна: научные принципы и их техническая реализация в конструкции роботов одной области применения с успехом используется и в других областях, вследствие чего необыкновенно высок темп прогресса роботостроения, стремительно проникновение роботов во все новые сферы человеческой деятельности.

Такова картина сегодня. А каковы перспективы развития робототехники? Что она обещает человеку?

## **Перспективы робототехники**

Быстрое развитие робототехники идёт по трём магистральным направлениям: искусственный интеллект; — системы сенсорной обратной связи механические системы манипуляторов.

### **Искусственный интеллект**

Главные усилия учёных и инженеров во всех странах сосредоточены сейчас на проблемах формирования «интеллектуальных способностей» роботов. Поэтому предпринимаются настойчивые попытки создать «совершенный» робот — такой, который по своему «умению» выполнять различные действия не уступал бы человеку. Умение ориентироваться в обстановке, принимать нужные решения в соответствии с конкретными обстоятельствами, обучение правильным действиям на основе накопленного опыта их выполнения — вот те функции человека, которые будут переданы роботам нового поколения.

### **Системы сенсорной обратной связи**

Усилия учёных так же сосредоточены над разработкой более совершенных «органов чувств» роботов. Он должен хорошо видеть, слышать, осязать, улыбаться, удивляться, грустить, изображать гнев, испуг и отвращение к чему-либо, воспринимать различные сигналы от объектов, с которыми возможно его взаимодействие. Для этого необходимы более чувствительные, точные и надёжные органы «чувств» — датчики, входящие в сенсорную систему робота и информирующие его о состоянии и особенностях окружающей среды.

### **Механические системы манипуляторов**

Третье направление в роботостроении — это усовершенствование систем манипуляторов. И в этой области идут пер-

спективные разработки и используются принципиально новые технические находки.

Современные приводы (электрические, гидравлические и пневматические) дополняются сейчас новым видом, основанным на использовании оболочек направленной деформации. Принципиальное отличие оболочек направленных деформацией от других приводных устройств заключается в том, что они могут лучше любых иных приводов имитировать действие мышц человеческой руки, что очень ценно для создания «гибких» (плавных и сложных по конфигурации) движений манипулятора.

Вот по этим трём основным направлениям и ведётся бурное и стремительное развитие робототехники. Робототехника — это такая отрасль науки и техники, вершина развития которой ещё впереди.

## Модели роботов, которые я сделал сам

### Роботы из бумаги

Для изготовления этих роботов я использовал игру — конструктор. Она развивает аккуратность, абстрактное и пространственное мышление, мелкую моторику рук, художественные способности, прививает любовь к труду и творчеству. В процессе работы я использовал ножницы и клей ПВА.



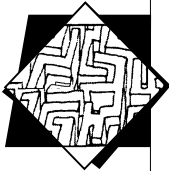
### Семейство роботов из Лего-конструктора

Для сборки моделей «Венуа» и «Ануа» я использовал Лего-конструктор. Способ соединения: надёжное сцепление между деталями конструктора.

Самая моя любимая модель — это робот-клоун. Для изготовления модели робота-клоуна я так же взял конструктор Лего. Мой робот умеет двигаться. При движении он поднимает и опускает руки, и одновременно поворачивает голову влево и вправо. Движение головы достигается при вращении конического зубчатого колеса и обычной шестерёнки. Коническое зубчатое колесо изменяет направление вращения на  $90^\circ$ . Движение рук







осуществляется через кривошипно-шатунный механизм. Механизм соединён с задним колесом. Поворот передних колёс происходит с помощью червячной передачи.

Сборка выполнена таким образом, что жёлтая рукоятка входит в непосредственный контакт с протектором шины, в результате достигается характерный звуковой эффект.

## **Новинки со всего света**

### **Домашний охранник**

Корпорация Sony выпустила в продажу компактного робота для охраны дома. По своему внешнему виду Robotig напоминает человеческое глазное яблоко размером с небольшой арбуз. Оснащённый цифровой камерой, инфракрасными датчиками и видеодфоном, робот способен уведомить своего хозяина о происходящем в доме.

### **Военные роботы**

Компания Irobots представила целый спектр новых боевых машин, начиная с миниатюрных роботов-саперов, заканчивая вездеходами с пушками 30-го калибра. По мнению разработчиков, эти роботы смогут использоваться в спасательных операциях.

### **Офисный работник**

Японская компания Fujitsu спроектировала офисного работника. Этот гуманоидный робот ENON может принимать клиентов, отвечать на телефонные звонки, принимать грузы, охранять помещения, не требуя при этом никакой заработной платы.

### **Полицейский**

На выставке Security Show – 2004 был продемонстрирован робот – полицейский. Это машина на колёсах может медленно двигаться (до 7 км/ч) рассматривая. Например, прохожих, фотографировать их и сверять с базой данных на преступников. Такой новый охранник по имени ОФРО уже работает в аэропорту Франкфурта. ОФРО разъезжает по аэропорту, следит за порядком и определяет опасные ситуации.

### **Умный пылесос**

Группа американских учёных из Массачусетского технологического института разработала модель «умного» пылесоса

под названием «Румба». Круглый «ползающий объект» (35 см в диаметре и 2 кг весом) тщательно вычищает от пыли пространство комнаты, двигаясь по расширяющейся спирали, а наткнувшись на стену, идёт вдоль неё и сам обходит препятствия. Обработав всю комнату, сам отключается.

### **Ещё один помощник**

В Америке изобретён робот, который создан для того, чтобы открывать пивные бутылки с завинчивающейся крышкой.

### **Одной заботой меньше**

Недавно английские инженеры приступили к разработке робота — гладильщика. Машина будет не только гладить, но и складывать выглаженное бельё и одежду.

### **Помощник для туристов**

В Японии на основе КПК был создан карманный переводчик — робот по имени Рареги. Благодаря новой технологии компании NEC он способен слышать, видеть и поддерживать беседу.

### **Электронная няня**

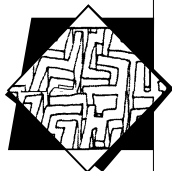
В Южной Корее разработан робот — няня. Электронная няня оснащённая видеокамерой и имеет связь с Интернетом. Фактически родители могут постоянно контролировать своё чадо и всё, что происходит дома. Похожий робот-сотрудник создан и американской компанией «Irobot».

### **Женщина — робот**

Американский инженер — электронщик Крис Виллис разработал человеческого робота в женском облике, равно которому нет в мире. Валери — именно так названо устройство — способна уверенно передвигаться и даже выполнять точную механическую работу.

### **Маленький летающий робот**

Японская компания Seiko Epson разработала небольшое — весом 10 кг и длиной 7 см — летающее устройство с видеокамерой Mikro Flying Robot. Аппарат предназначен для съёмок труднодоступных для человека мест.



## **Робот — футболист**

Андроид Robo Sapien (фирма Sony) умеет ходить, танцевать, играть в футбол и даже демонстрировать приёмы кун-фу, а а так же он умеет петь и издавать различные звуки (свистеть, храпеть).

## **Робот — собака**

В 1999 году фирма «Сони» выпустила в продажу «робота-собаку» ЛИБО. Машина слушается команд хозяина, лает на чужих, бежит за мячиком.

## **Самый «умный» робот — гуманоид**

В Японии создан самый «умный» робот — гуманоид — «кьюрио» японской корпорацией «Сони». Его мозг способен просчитывать триллионы операций в секунду. Создатели рассчитывают, что уже в скором времени он сможет не только выполнять приказы, но станет первым роботом с искусственным интеллектом — будет рассуждать и принимать решения.

## **Рыба — робот**

Лондонский аквариум обзавёлся первой в мире автономной рыбой роботом. Её создатели — инженеры из Эссекского университета. Робот-рыба снабжён электронным мозгом и полностью самостоятелен. Робот точно копирует волнообразные движения и резкие повороты настоящей рыбы, так что посетители часто принимают его за живое существо.

## **Новинки робототехники с отечественных выставок**

С 18 по 21 октября 2005 г. в Москве на ВВЦ прошла 1-ая объединённая выставка «Российские технологические сезоны — 2005 г.» «Российские технологические сезоны — 2005 г.» объединили 4 выставки. Одна из них — «Робототехника».

Наиболее интересные разработки:

1. ОАО «Авто ВАЗ» (Тольяти) представило: ряд универсальных промышленных роботов серии ПР 125/150/200 и ПР 350 (рис. 47). Область применения контактная, лазерная, дуговая и гибридная сварка, нанесение клеев, герметиков, складирование и транспортировка грузов, лазерная и плазменная резка и др.

2. ГНЦ РФ ЦНИИИ робототехники и кибернетики (Санкт-Петербург):

1). Разработан робот-манипулятор. Внешне робот напоминает локвую человеческую руку. Он предназначен для сборки, стыковки, транспортирования, осмотра объектов и т.д. в экстремальных условиях, том числе в космосе.

2). Робототехнический комплекс РТК – 03 способен найти, безопасно эвакуировать и обезвредить источник гамма-излучения. Такой помощник окажется незаменимым при устранении последствий аварий на ядерных установках, при восстановлении разрушений в результате природных катаклизмов.

3). РНЦ «Курчатовский институт» (Москва), ОАО «Камов» представили перспективные разработки:

- беспилотные автоматизированные робототехнические комплексы: БАРК – для проведения экологического мониторинга объектов и трубопроводов нефтегазодобывающей отрасли;
- БАРК-ЭКО – для экологического контроля территорий;
- БАРК-САПЕР – для решения специальных задач;
- БАРК-4С – для проведения разведки в условиях чрезвычайных ситуаций;
- система «НЕПТУН» – для обнаружения скрытых закладок, перевозимых в жидких средах.

4) ЗАО «СТИЛФОСТ» (Ставрополь) – роботизированный комплекс «Видеолокатор – БОТ – 67 (Рис. 48), осуществляющий круговой обзор при помощи 4-х цветных видеокамер. Комплекс предназначен для видеонаблюдения и охраны помещений больших площадей и территорий предприятий.

5) Ижевский государственный технический университет – высокоманевренный транспортный робот – для перемещения объектов в стеснённых условиях автоматизированных промышленных производств, складов.

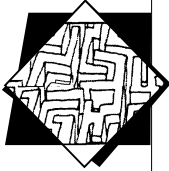
6) Курский государственный технический университет:

- мобильный ползающий робот – змея «X – SNAKE» для перемещения по горизонтальной или наклонной, под небольшим углом (до 15°) плоскости;
- мобильная колёсная платформа – многоцелевой, мобильный робот, ориентирующийся в пространстве по ИК-маякам.

7) ООО «Геологоразведка» (Москва): универсальные роботизированные комплексы для выявления локальных неоднородностей технического характера в грунтовом массиве.

8) Компания «Электростиль» (Москва) – промышленные роботы «MELFA» грузоподъёмностью от 1 до 12 кг японской компании MITSUBISHI ELECTRIC – широкий спектр применения. Особенно многолюдно было у стендов роботизированных игрушек, представленных Объединением робототехники Центра детского творчества «Родник», манипуляторы, мобильные платформы, программное обеспечение (Рис. 49).

9) ЗАО «Андроидные роботы» (Москва) – вездеход, гусеничная машина высокой проходимости; скоростной робот;



робот-футболист-машина; луноход; механический робот «Сороконожка»; эксклюзивные модели роботов-игрушек, похожих на человека.

Выставка «Робототехника» стала заметным событием в науке и технике, продемонстрировав новые разработки в области отечественной робототехники, подтвердила, что робототехническое направление занимает важное место в развитии отечественной науки и промышленности и является одним из основных составляющих экономического развития нашей страны.

## **Вывод**

В результате знакомства с роботами я понял, что умные машины нужны повсюду. Они приносят очень много пользы, они сплошь и рядом готовы заменить человека. Ведь наши физические возможности ограничены, а умная машина — робот — со многими работами справится лучше человека. И я верю, что через какой-то промежуток времени появятся такие роботы, которые внешне будут очень привлекательными и будут приносить огромную пользу людям. Будущее за умными машинами.

## **Список литературы**

1. *Русецкий А.Ю.* В мире роботов. М: «Просвещение», 1990.
2. Журналы:
  - Наука и религия. 2005. № 1, 6, 10.
  - Химия и жизнь. XXI век. 2005. № 12; 2004. № 9; 2006. № 1.
  - Огонек. 2005. № 37, 38.
  - Мир ПК. 2004. № 5, 7, 9; 2006. № 7.
  - PC Magazine. 2004. № 7, 9.
  - Домашний компьютер. 2005. № 1.
  - Наука и жизнь. 2005. № 4, 7.
  - Знание — сила. 2004. № 10, 11.
  - Эхо планеты. 2005. № 48.
  - Вестник машиностроения. 2006. № 1.
  - Технология машиностроения. 2006. № 1.
  - Техника молодежи. 2005. № 5. 