



Инженерные науки

и робототехника

в рамках конкурса «Юниор»

Уже в течение 18 лет в Национальном исследовательском ядерном университете «МИФИ» проходит Всероссийский конкурс «Юниор» – конкурс учебных, демонстрационных, инженерных и научных проектов школьников. Все участники (а их обычно бывает 250 – 270 человек со всей России и из стран бывшего СССР) получают возможность приехать в Москву и показать свои проекты квалифицированному и строгому, но при этом объективному и доброжелательному жюри. Лучшие из участников становятся победителями и призёрами конкурса, ну а самые лучшие получают возможность представить свои проекты на международном конкурсе научного и инженерного творчества школьников Интел Айсейф¹, который ежегодно проходит в США.

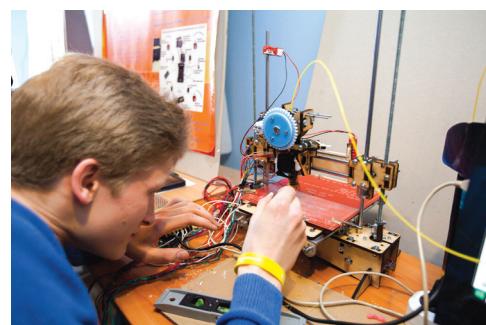
Конкурс «Юниор» проходит в следующем формате. На первом этапе конкурса (ноябрь – декабрь) участники прсылают в адрес оргкомитета конкурса тезисы своих инициативных учебно-исследовательских работ, выполненных под руководством учителей, руководителей научных кружков или преподавателей вузов. Научное жюри выбирает лучшие из представленных работ и приглашает их авторов на очный финальный тур конкурса, который проходит в начале февраля в НИЯУ МИФИ. Проживание школьников-немосквичей и их сопровождающих в Москве оплачивается оргкомитетом конкурса².



Олимпиада по инженерной физике и информатике



Шагающие механизмы А. Скворцовой и Э. Папиашвили



«Последние штрихи» в прототип 3D-принтера. И. Аристов, Москва

¹ Причём абсолютно бесплатно за счёт спонсора конкурса компании «Интел».

² Надо ли говорить, что никакого оргвзноса для участников и сопровождающих не предусмотрено и участие в конкурсе бесплатное.



«Как это работает? Как это посчитать? Как организовать поток информации?»



«Роботы всякие нужны, роботы всякие важны...»

Во время финального этапа конкурса «Юниор» проходит защита представленных на конкурс работ и тестирование участников в виде предметной олимпиады, соответствующей секции конкурса. Итоговая оценка каждого участника складывается из оценки за защиту научной работы и оценки предметной олимпиады. Ну а затем жюри награждает победителей и призёров конкурса «Юниор». И здесь организаторам конкурса «Юниор» помогают его многолетние спонсоры – известные компании «Интел» и «1С».

Конкурс «Юниор» достаточно известен среди организаторов олимпиад, в лицейской школе, в кругу

педагогов, развивающих проектную деятельность учащихся, и заслужил высокую репутацию в олимпиадном движении страны. В 2014 – 2015 году на конкурс представили свои работы школьники из 99 городов и 29 поселков 5 стран – России, Белоруссии, Казахстана, Таджикистана и Украины (в том числе и из Луганской области – такие мероприятия, как конкурс «Юниор», объединяют, а не разделяют народы, страны и континенты).

До этого года конкурс «Юниор» проходил в рамках 5 секций – математики, физики, информатики, биологии и химии¹. В этом году было принято решение организовать проведение ещё одной секции конкурса, посвящённой инженерным наукам и робототехнике. Проект, представленный на конкурс в рамках данной секции, должен быть работающей моделью, макетом, прототипом того или иного инженерного устройства или изготовленного участником робота. Во время защиты проекта участники должны продемонстрировать работу своей модели или робота, обосновать актуальность его создания, пояснить принципы изготовления, область применения и т. д. Отметим, что робототехника на «Юниоре» – не спортивная, когда надо проехать по линии, поднять предмет, вытолкнуть робота-соперника, а «творческая», когда робот является целью, а не средством, и изготавливается для выполнения тех или иных функций.

Так же, как и при проведении конкурса по другим секциям, конкурсная оценка каждого участника складывается из оценки за защиту проекта и оценки предметной олим-

¹ При этом по четырём первым секциям конкурс 2014 – 2015 учебного года входил в Перечень олимпиад школьников, что давало возможность победителям и призёрам конкурса получить значительные льготы при поступлении в вузы (в любые, а не только в НИЯУ МИФИ).



Конкурс «Юниор», секция инженерных наук и робототехники. Защита инженерных проектов

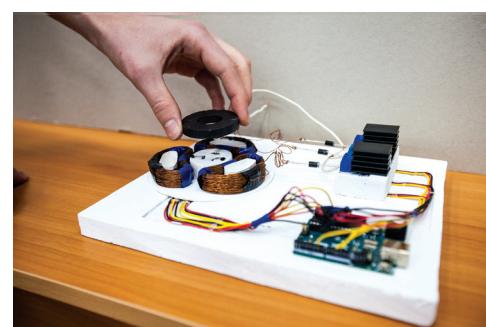
пиады, но олимпиаду мы решили сделать комплексно – по предметам, с которыми наиболее часто приходится сталкиваться современному инженеру – это инженерная физика и информатика. Задание олимпиады мы старались сделать максимально практическим, основанным, конечно, на физике и информатике, но и использующим в значительной степени здравый смысл: «Как это работает?», «Каковы функции этого устройства?», «Как это посчитать?» и «Как организовать информационное сопровождение?». Нам кажется, что такой формат задания, с одной стороны, позволит отобрать наиболее инженерно ориентированных ребят, с другой – не даст затеряться тем, кто ещё не овладел глубоким пониманием физики и информатики, а с третьей – является красивым и интересным. Разбор заданий финальной олимпиады инженерной секции «Юниора» приведён в конце этой статьи.

В отборочном этапе конкурса «Юниор» 2014 – 2015 учебного года по секции «Инженерные науки и робототехника» участвовало 239 школьников 9, 10 и 11 классов (соответственно 91, 105 и 43 участника). Эти школьники представляли Байконур, Владимирскую область, Москву и Московскую область, Нижегородскую область, Пензенскую область, Тамбовскую область, Уд-

муртскую Республику и Ульяновскую область. В заключительном туре олимпиады участвовали школьники из Москвы, Московской, Владимирской, Тамбовской и Пензенской областей, Удмуртской Республики.

Какие же проекты были представлены на финал конкурса? Конечно, разные. Но все они объединены интересом участников к решению тех или иных инженерных проблем, причём часто не «учебных», а вполне «настоящих». Дадим краткий обзор работ победителей и призёров конкурса.

Победитель конкурса И. Аристов (Москва, Предуниверситетский НИЯУ МИФИ, 11 класс) самостоятельно выполнил модель 3D-принтера (естественно, используя целый ряд «покупных» комплектующих –



Инженерный проект И. Егорова – «левитирующий» объект в магнитном поле



моторы, электронику, экструдер). Во время конкурса на принтере была «напечатана» модель Эйфелевой башни.

Ещё один победитель конкурса Александр Саранцев из города Заречный Пензенской области (лицей №230, 10 класс) представил работу, посвящённую использованию светодиодных маячков на одежде, позволяющих сделать всех пешеходов заметными на проезжих частях наших дорог. Александр спроектировал и изготовил прототип «Светодиодный маячок», причём продумал он не только «содержание», но и «форму» исполнения маячка – на магнитах, позволяющих легко закрепить маячок на любом «кусочке» одежды. На устройство «Светодиодный маячок» получены положительные отзывы управления ГИБДД г. Пензы и г. Заречного Пензенской области и даны рекомендации к использованию пешеходами.

Станислав Юрин (г. Ковров Владимирской области, призёр 2-й степени) изготовил простейшего робота, способного двигаться по чёрной полосе, нарисованной на столе. Основной принцип идентификации роботом полосы основан на регистрации световых лучей, отражённых от границы полосы – стол.

Кирилл Сысоев из города Тамбов (лицей №14, 10 класс) создал робота-расчёску, способного самостоятельно причёсывать «клиента» при нажатии всего одной кнопки, включающей самого робота. При работе над расчёской Кириллу пришлось решить ряд задач – преобразовать вращательное движение двигателя в поступательное движение расчёски, создать и запрограммировать плату общего управления.

В работе Дианы Митроховой (город Королёв Московской области, гимназия №5, 9 класс) рассматривается реверсивная цепочка вращательных механизмов П.Л. Чебышёва.



С. Юрин (Ковров) представляет работы проректору НИЯУ МИФИ Е.Б. Весне. Проедет по траектории или не проедет?

Диана, во-первых, в точности воспроизвела «противовращательный» механизм Чебышёва и продемонстрировала, что механизм работает именно так – парадоксально, как и у П.Л. Чебышёва – при вращении ручки механизма в одну сторону механизм вращается в другую. Однако из-за наличия «мёртвых» точек у механизма он испытывал вибрации, большие нагрузки на рычаги и т. д. И тогда Диана и её руководитель профессор Лебедев решили соединить последовательно несколько механизмов – а не будет ли реверсивное движение в этом случае более равномерным, не будет ли «сложение» вращений гасить неравномерности вращения каждого механизма? Представляется, что работа может иметь важный практический выход как способ создания новых принципов реверсивных передач.

Даниил Молодшев (11 класс, гимназия №1552, г. Москва, призёр 2 степени) вместе со своим соавто-



Олимпиады

ром М. Сдобновым предложил систему управления беспилотным летательным аппаратом (БПЛА), позволяющую защитить аппарат от ошибок неопытного оператора и, соответственно, значительно сэкономить на обслуживании и ремонте таких аппаратов. Аппаратная часть системы представляет собой микроконтроллер и набор датчиков, барометров и сонаров. С помощью специальных алгоритмов обрабатываются входные данные, поступающие в формате машинного кода. Один из вариантов обработки – разбиение высоты по динамическим эшелонам, исходя из точки начала снижения. Каждому эшелону ставится в соответствие максимальная скорость снижения и отметки экстренного торможения. Также обрабатывается дистанция до окружающих объектов для предотвращения столкновений БПЛА с ними. Предложенная система в настоящее время используется в авиамодельном агентстве CopterZone.



М. Седов с автоматическим пылесосом



Награждение победителя. Иван Аристов

Кирилл Кондрашкин (Москва, Предуниверситетский НИЯУ МИФИ, 11 класс, призёр 2-й степени) и его соавтор Дарья Жукова создали прототип программно-аппаратного комплекса по управлению транспортными средствами. Комплекс включает в себя ультразвуковые дальномеры («органы чувств» комплекса) и микроконтроллер (его «мозг»), который обрабатывает полученный сигнал и даёт команду управляющей электронике. Созданный в ходе работы над проектом программно-аппаратный комплекс позволяет в режиме реального времени измерять расстояние до объекта, анализировать полученные данные и автоматически следовать за впереди идущей моделью, сохраняя определённое расстояние и направление движения. Работа устройства была протестирована на миниатюрных моделях.

В работе Максима Седова (г. Москва, школа 853, 9 класс, призёр 2-й степени), выполненной на базе ЦТПО МИЭТ, создан прототип робота-пылесоса, предназначенного для автоматического сбора пыли. Робот-пылесос оснащён интеллектуальной системой, которая с помощью датчика определяет расстояние до препятствия для того, чтобы производить уборку комнаты, не натыкаясь на препятствия.

Но дадим слово членам жюри, оценивающим проекты.

А.А. Сысоев, профессор НИЯУ МИФИ, председатель жюри: «Впечатления просто замечательные. Для меня удивительно, что школьники девятого и десятого классов делают такие работы, которые обычно проводит средний студент. Мне кажется, что то, что делают ребята в наших школах, надо широко распространить и над этим надо работать школе, учителю. Поэтому что от настроя учителя многое зависит. Зависит то, как зажечь школьников, чтобы их потом было



не оторвать от любимого дела. Вот тогда мы получим подготовленных и мотивированных студентов, а затем квалифицированных инженеров».

А.Д. Егоров, член жюри, со-трудник Инжинирингового центра НИЯУ МИФИ: «Это по-настоящему интересная конференция, на которой школьники демонстрируют то, что сделано собственными руками. Здорово то, что есть школьники, которые, начиная с седьмого класса, представляют достаточно простые, но с серьёзной задумкой, модели. Наибольшее впечатление произвёл школьник одиннадцатого класса, который собрал за две недели своими руками 3D-принтер. Я считаю, что это – выдающееся достижение. Можно показывать какие угодно результаты, добиватьсяся каких-то вещей в науке или что-то ещё, но у меня вызывали некоторую зависть такие квалификация и уверенность в себе, чтобы за две недели собрать работающий 3D-принтер».

А.В. Берестов, заместитель председателя жюри: «Я хочу сказать, что мы не были готовы к тому уровню работ, с которым столкнулись. Мы считали, что это – школьные поделки, далёкие от реальности, а на самом деле увидели очень широкий спектр работ, в которых представлены и современное программное обеспечение, и микро-

электроника, решены вопросы со-здания сложных механических си-стем. Самое главное, что все эти проектиы нашли своё реальное во-площшение, т. е. мы можем не только посмотреть презентацию, потому что презентаций много, они бывают очень красивыми, с множеством ум-ных слов... А здесь мы видим со-вершенно конкретные, реально вы-полненные работы. Это – одна сто-рона, а вторая, что очень приятно, это – сами школьники, причём школьники и девятого, десятого классов, которые показывают высо-кий уровень подготовки. Впрочем, и это не самое главное, а самое глав-ное – их заинтересованность, моти-вированность, увлечённость».

Оргкомитет конкурса «Юниор» сейчас (весна 2015 года) готовит за-явку в Российской совет олимпиад школьников на включение конкурса «Юниор» по всем шести секциям в Перечень олимпиад школьников будущего года. А всех школьников и педагогов мы приглашаем принять участие в конкурсе будущего года в той секции, которая вам интересна и где вы выполнили какое-то исследо-вание и получили значимые, на ваш взгляд, учебные или научные ре-зультаты. Вся информация о кон-курсе будущего года появится на странице конкурса «Юниор» на официальном сайте НИЯУ МИФИ в начале сентября 2015 года.



**Задания предметной олимпиады
по инженерной физике и информатике конкурса «Юниор»,
секция «Инженерные науки и робототехника»**

1. Инженеры планеты Атлант используют такие единицы измерений. Основными единицами являются: единица температуры – градус атлантского Фаренгейта ($^{\circ}\text{AF}$), мощности – атлантская лошадиная сила ($a\text{hp}$), ускорения – атлантское ускорение свободного падения ($a\text{g}$), которое почти такое же, как на Земле – $1 a\text{g} = 10 \text{ м/с}^2$, длины – атлантский фут ($a\text{ft}$). Какова разомерность удельной теплоёмкости на Атланте? Чему равна удельная теплоёмкость воды на Атланте, если в СИ удельная теплоёмкость воды равна $c = 4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг}\cdot{}^{\circ}\text{C)}$?

Известно, что $1^{\circ}\text{AF} = 0,55^{\circ}\text{C}$, $1 a\text{hp} = 0,73 \text{ кВт}$, $1 a\text{ft} = 0,3 \text{ м}$ (в разомерность удельной теплоёмкости основные единицы измерений могут входить не все).

2. В некоторых технических приспособлениях используют устройства, показанные на правом и левом рисунках (на рис. 1 слева поршень переменного сечения разделяет две жидкости, на рис. 1 справа жидкость в трубе переменного сечения занимает пространство между двумя поршнями разной площади). Одно из этих устройств можно назвать «мультипликатором давления», другое – «мультипликатором силы». Какое – как? Объясните, почему. В каких приспособлениях и как можно использовать «мультипликаторы» давления и силы?

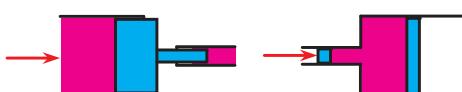


Рис. 1

3. (2 балла) На рис. 2 представлена схема устройства, на которой обозначены входы и выходы. Входы «С», «R1» и «R2» – слева и выходы «1», «2», «4», «8» – справа.

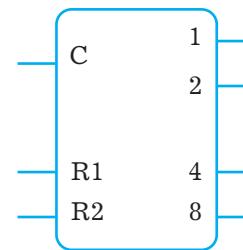


Рис. 2

Определим «такт» как одно изменение значения с логической единицей на логический ноль (или с ноля на единицу) на входе «С». Значение на выходе «1» меняется каждый такт с нуля на единицу. Значение на выходе «2» меняется раз в 2 такта с нуля на единицу или с единицы на ноль. Значения выходов «4» и «8» меняются раз в 4 и 8 тактов соответственно. Начальное значение всех выходов равно 0. Входы R1 и R2 позволяют осуществить сброс значений всех выходов на 0 тогда и только тогда, когда на обоих входах R1 и R2 логический 0. Предположим, что на входе «С» каждую единицу времени происходит смена значения. (1) Сколько различных значений (суммарно) могут принимать выходы? (2) Каким образом и почему можно использовать данное устройство? (3) Используя различные логические элементы с двумя входами («и», «или», «исключающее или») и с одним входом «не», добейтесь того, чтобы было только 7 различных состояний у устройства.

4. На рис. 3 представлены различные элементы, которые можно



использовать при описании алгоритма блок-схемой. С помощью данных элементов нарисуйте блок-схему алгоритма решения задачи: человек автоматически находит объекты на изображении и в реальности, тогда как компьютеру требуется для этого применение специального алгоритма. Предположим, что изображение состоит из 400 пикселей по ширине и 400 пикселей по высоте. Каждый пиксель определяет яркость соответствующей точки изображения на экране (значение каждого пикселя находится в диапазоне от 0 до 255).

Для того чтобы сделать предположение о том, что на изображении есть объект, необходимо рассчитать среднее значение пикселей середины изображения (область для расчёта – на рисунке 4, касание внутреннего и внешнего квадратов происходит в центре сторон внешнего квадрата). Среднее значение рассчитывается как сумма значений пикселей внутри области поиска, делённая на их количество. Если среднее значение:

- больше, чем 200, то объект на изображении присутствует и он светлый;

- меньше, чем 50, то объект на изображении присутствует и он тёмный;

- иначе объект отсутствует.

Определите, какой объект находится на входном изображении.

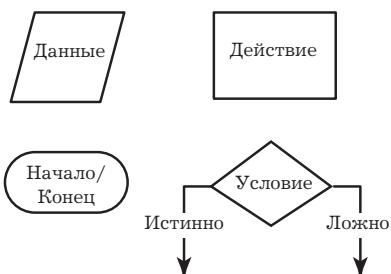


Рис. 3



Рис. 4

Ответы и решения

1. Из данных условия находим

$$1 \text{ (Вт)} = \frac{1 \text{ (ahp)}}{730} = 1,37 \cdot 10^{-3} \text{ (ahp)},$$

$$1 \text{ (м)} = \frac{1 \text{ (aft)}}{0,3} = 3,33 \text{ (aft)},$$

$$1 \text{ (c)} = \sqrt{\frac{10 \text{ (м)}}{1 \text{ (ag)}}} = \sqrt{\frac{33,3 \text{ (aft)}}{1 \text{ (ag)}}} = \\ = 5,77 \left(\sqrt{\frac{\text{aft}}{\text{ag}}} \right).$$

Отсюда

$$1 \text{ (Дж)} = 1 \text{ (Вт)} \cdot 1 \text{ (c)} = \\ = 1,37 \cdot 10 \text{ (ahp)} \cdot 5,77 \left(\sqrt{\frac{\text{aft}}{\text{ag}}} \right) =$$

$$= 7,91 \left(\text{ahp} \cdot \sqrt{\frac{\text{aft}}{\text{ag}}} \right).$$

Далее:

$$1^{\circ}\text{C} = \frac{1}{0,55}^{\circ}\text{AF} = 1,82^{\circ}\text{AF},$$

$$1 \text{ кг} = \frac{1 \text{ Дж} \cdot 1 \text{ с}^2}{1 \text{ м}^2} =$$

$$= \frac{7,91 \left(\text{ahp} \cdot \sqrt{\frac{\text{aft}}{\text{ag}}} \right) \cdot 5,77^2 \left(\frac{\text{aft}}{\text{ag}} \right)}{3,33^2 \text{aft}^2} =$$

$$= 23,7 \frac{\text{ahp}}{\text{aft}^{1/2} \text{ag}^{3/2}}.$$

Отсюда находим удельную теплоёмкость воды на Атланте:



Олимпиады

$$\begin{aligned}
 c &= 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot {}^\circ \text{C}} = \\
 &= 4,2 \cdot 10^3 \frac{7,91 \left(ahp \cdot \sqrt{\frac{aft}{ag}} \right)}{23,7 \frac{ahp}{aft^{1/2} ag^{3/2}} \cdot 1,82 {}^\circ \text{AF}} = \\
 &= 7,7 \cdot 10^2 \frac{ag \cdot aft}{{}^\circ \text{AF}}
 \end{aligned}$$

2. В первом устройстве условие равновесия поршня переменного сечения даёт

$$p_1 S_1 = p_2 S_2,$$

где p_1 и p_2 – давления жидкости в правом и левом отсеках, S_1 и S_2 – площади сечения правого и левого отсеков. Отсюда находим

$$p_2 = \frac{S_1}{S_2} p_1 \Rightarrow p_2 > p_1.$$

Поэтому левый прибор представляет собой мультиплексор (увеличитель, или умножитель давления). Используется в системах, где с помощью жидкости передаётся давление и нужно его увеличивать (например, в тормозной системе автомобиля).

В правом устройстве, поскольку давление жидкости около правого и левого поршней одинаково, то

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2},$$

где F_1 и F_2 – силы, действующие со стороны воды на правый и левый поршни (и поршней на воду), S_1 и S_2 – площади сечения правого и левого отсеков. Отсюда находим

$$F_2 = \frac{S_2}{S_1} F_1 \Rightarrow F_2 > F_1.$$

Поэтому правый прибор следует назвать умножителем силы. Такого рода конструкции используются в гидравлических домкратах (отметим, что написать в правом случае условие равновесия жидкости $F_1 = F_2$ было бы неправильно, поскольку жидкость взаимодействует и с трубой переменного сечения).

3. (1) В соответствии с представленным описанием устройство может принимать 16 различных значений (таблица 1).

Таблица 1. Различные состояния устройства

№	1	2	4	8	Значение
1	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	1
3	0	1	0	0	2
4	1	1	0	0	3
5	0	0	1	0	4
6	1	0	1	0	5
7	0	1	1	0	6
8	1	1	1	0	7
9	0	0	0	1	8
10	1	0	0	1	9
11	0	1	0	1	10
12	1	1	0	1	11
13	0	0	1	1	12
14	1	0	1	1	13
15	0	1	1	1	14
16	1	1	1	1	15

(2) Данное устройство можно использовать как счётчик на 16 значений, а также как делитель частоты.

(3) Для того чтобы устройство принимало только 7 различных значений, необходимо, чтобы в момент

изменения значения с 7 на 8 происходил сброс устройства. Этого можно добиться, используя схему из рисунка 5.

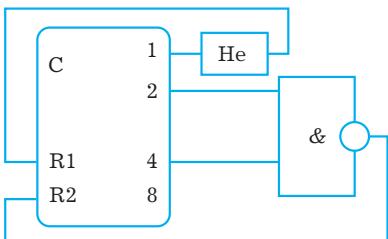


Рис. 5. Решение задачи 3(3)

4. Для решения задачи необходимо правильно выделить область на изображении. Введём две оси X – по горизонтали, Y – по вертикали.

Начальной точкой каждой оси будет являться левый верхний угол рассматриваемого изображения. Введя оси, построим уравнения прямых, которые ограничивают об-

ласть. Уравнения представлены на рисунке 6. После этого необходимо подсчитать сумму значений пикселей в области, разделить эту сумму на количество пикселей. На основании получившегося значения принять решение о наличии или отсутствии объекта. Блок-схема решения представлена на рисунке 7.



Рис. 6

