

Энтина Софья Борисовна

КОНКУРС «КОНСТРУИРУЙ, ИССЛЕДУЙ, ОПТИМИЗИРУЙ» И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ ТВОРЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ ШКОЛЬНИКОВ*

1. КАК ВОЗНИКЛА ИДЕЯ КОНКУРСА «КИО»

Пока ученые, педагоги и родители обсуждают проблемы, связанные с визуализацией образования, а чиновники от образования впадают то в одну, то в другую крайность – от «проводить не более часа за компьютером» до создания МЭШ и РЭШ, информационные технологии пронизывают все стороны общественной, социальной и политической жизни во всех странах мира.

Развитие экономики, медицины, образования, связи, культуры и т. д. уже немыслимы без использования последних достижений ИКТ. Естественным, что информатика стала одним из базовых предметов, представляющих основу школьного образования. Тем не менее, так как этот предмет в школьном образовании существует не так уж давно, то еще не сложились однозначные представления, что это за предмет, чему необходимо обучать школьников. Даже введение ЕГЭ по информатике мало что изменило. В одних школах ограничиваются поиском информации в Интернете (хотя современные дети умеют это делать с младенческого возраста), использованием интерактивных учебни-

ков и задачников по различным предметам, созданием различных презентаций, обучением использования офисных программ. В других школах ребятам преподают основы программирования и дискретной математики. Важным направлением деятельности школьников является их участие в различных конкурсах и олимпиадах, большинство из которых ориентированы на проверку и оценку знаний учащихся в рамках программы школьного курса информатики и ИКТ и на подготовку к ЕГЭ.

Появились серьезные социально-значимые проекты, сделанные школьниками под руководством учителей, в которых применяются современные информационные технологии (см. например [1]), но при этом требуются знания не только информатики, но и других предметов, относящихся к предмету исследования.

Развитие информационных технологий предоставляет новые возможности тем ребятам, которые интересуются исследованиями в различных областях науки, в частности, тем, кто интересуется математикой, информатикой, физикой, логикой, вопросами общественной жизни, культуры и т. п.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-14141: изучение взаимосвязи концептуальных математических понятий, их цифровых представлений и смыслов, как основы трансформации школьного математического образования.

Именно решению таких задач посвящен Международный Конкурс по применению ИКТ в естественных науках, технологиях и математике «Конструируй, Исследуй, Оптимизируй» (КИО), который в этом году проводился в 17 раз.

Впервые конкурс состоялся в 2004 году. В 2004 и 2005 годах задания Конкурса были едиными для всех участников Конкурса, а начиная с 2006 года, Конкурс проводится в двух уровнях: уровень I для учеников до 7 класса включительно и уровень II для всех остальных участников.

Учредители Конкурса – журнал «Компьютерные инструменты в образовании» и Институт продуктивного обучения Российской Академии Образования (ИПО).

Аббревиатура Конкурса совпадает с аббревиатурой журнала «Компьютерные инструменты в образовании». Это не случайно. Журнал начал издаваться в то время, когда персональный компьютер только начал входить в нашу жизнь и его роль чаще всего сводилась к использованию офисных или игровых программ. Журнал стал центром, привлекающим исследователей в области использования моделирующих и инструментальных возможностей компьютера для обучения. Например, были опубликованы электронные учебники-лаборатории, созданные профессором СПбГУ Е. И. Бутиковым, которые позволили наблюдать за действием физических законов движения небесных тел. В самом Институте продуктивного обучения были созданы интерактивные задачки, в которых компьютеру отводилась роль *инструмента*, экспериментально проверяющего верность гипотезы, выдвинутой учеником. Компьютер стал полезным инструментом, с помощью которого существенно повышалась интенсивность и эффективность исследования и появилась возможность ставить эксперименты в виртуальной лаборатории.

Существует много задач в различных областях науки, которые получили свое решение только благодаря использованию компьютера, быстродействие которого позволяет анализировать огромные массивы данных, производить сложнейшие вычисления. Тем не менее, остаются задачи, которые пока не решены до конца, но и частные их реше-



...участникам предлагаются три задачи, при решении которых нужно проявить изобретательность и смекалку...

ния могут быть достаточно интересны. Да и для задач, решение которых известно, могут быть созданы интересные сценарии, позволяющие стимулировать творческую мысль и инициативу ученика.

Возникла идея: обратиться к интересным, познавательным, расширяющим кругозор задачам, иногда не имеющим полного решения, создать необходимое программное обеспечение и предложить школьникам попробовать свои силы в их решении. Естественно, в этих заданиях должна быть игровая составляющая.

Так появился Конкурс «Конструируй, Исследуй, Оптимизируй». В нем участникам предлагаются три задачи, при решении которых нужно проявить изобретательность и смекалку, чтобы получить оптимальное решение, то есть лучшее решение по заданному критерию. Разрешается консультироваться с родителями, учителями, друзьями, и Оргкомитет конкурса уверен, что никакие компьютерные игры не принесут такого удовлетворения, как участие в конкурсе.

В жюри Конкурса вошли видные ученые Санкт-Петербургского государственного университета и Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова-Ленина.

Конкурсные задачи не только способствуют популяризации научных знаний, но и предлагают экспериментальный подход к исследованию интересных, трудных и ещё не решённых в общем виде задач.

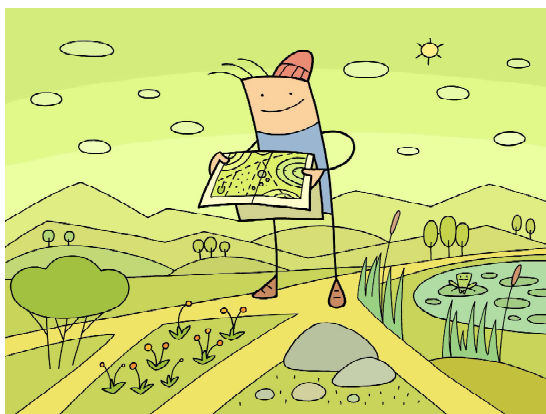
Конкурс проводится ежегодно в последних числах февраля – начале марта. После окончания Конкурса задачи остаются на сайте Конкурса, и их можно использовать для проведения школьных конкурсов, на уроках информатики, а также для подготовки к следующим конкурсам.

География участников Конкурса прошлых лет практически охватывает всю Российскую Федерацию: Иркутск и Новосибирск, Москва и Санкт-Петербург, Астрахань и Липецк, Нижний Тагил и Томск, Тюмень и др. города, Алтайский край, Брянская, Амурская, Челябинская, Пермская, Свердловская, Самарская, Кемеровская, Ленинградская и др. области представлены участниками конкурса КИО.

2. ОСОБЕННОСТИ КОНКУРСА КИО

Первая особенность. Это конкурс-игра, и ребятам должно быть интересно выполнять предложенные задания. Конкурс не проверяет конкретные знания по отдельным предметам, в том числе и по информатике. Его цель – привить ученикам вкус к анализу ситуации, исследованию и принятию решений, дать возможность проявить изобретательность и получить лучшее решение по заданному критерию.

Существует много полезных и популярных конкурсов и олимпиад, в которых проверяется эрудиция и знания участников. Часто эти конкурсы организованы в виде тестов, или участникам предлагаются задачи,



...участник вырабатывает стратегию решения задачи, от которой зависит результат.

и здесь возможны лишь два результата: решил или не решил – других вариантов нет. В конкурсе «КИО», как и должно быть в настоящей игре, участник вырабатывает стратегию решения задачи, от которой зависит результат. При этом он обязательно получит какой-то результат, и, если задача его заинтересовала, будет пытаться его улучшить, а для этого нужно либо что-то почитать, либо с кем-то проконсультироваться, возможно, попробовать другую стратегию.

Естественно, что, в зависимости от общей подготовки, участник может остановиться на любом шаге, но если задание его увлечет, то он постарается сделать следующий шаг.

Вторая особенность. Конкурс продолжается обычно 7–8 дней, поэтому у участника есть возможность обменяться идеями, обсудить их с друзьями, учителями, родителями и т. д.

Будет ли это участие достаточно самостоятельным, не получится ли так, что задания выполняют учителя и родители?

Ребята в любом случае будут участвовать в обсуждении алгоритмов решений поставленных задач, а значит, их кругозор будет расширяться, и именно это является одной из целей Конкурса. Кстати, довольно часто происходит и обратное воздействие: под влиянием ребят расширяют свой кругозор и даже изменяют учебные планы учителя, а дополнительный повод общения родителей с детьми не вызывает сомнения в его пользы.

Третья особенность. Среди предлагаемых задач могут встретиться такие, которые в общем виде никто еще не решал. Участникам предлагается некоторый частный случай этой задачи, точнее, та же задача, но с дополнительными ограничениями. Например, в 2010 году участникам предлагалась задача «Лазерное шоу», решение которой в общем виде не известно, и ребята, получившие лучшие результаты, возможно, получили оптимальный результат. Может быть, успешное решение этой или другой задачи послужит своеобразным толчком к выбору дальнейшей профессии и разовьет вкус к за-

нениям научно-исследовательской деятельностью.

Четвертая особенность. Решая конкурсные задачи, ребята могут *экспериментировать* в предоставленной им среде. Мы думаем, что эта особенность конкурса является его основным отличительным признаком.

Возникла идея – попробовали ее реализовать, проанализировали результат – появилась новая идея и затем ее реализация.

Естественно, что не все ребята могут стать победителями конкурса, и, наверно, не это главное. Главное состоит в том, что каждый участник после окончания конкурса сможет сказать: я узнал то, чего не знал ранее.

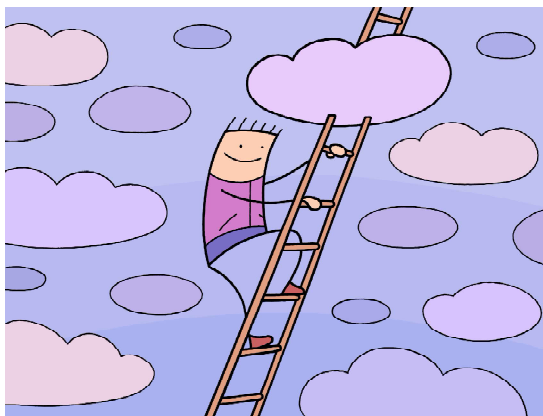
Детям младших классов тоже полезно участвовать в конкурсе. Возможно, если им не сможет никто помочь, их результаты будут незначительны, но некоторый опыт, полезный им в будущем, они приобретут.

Пятая особенность. Несмотря на использование виртуальной лаборатории, которая предоставляется участникам в каждом задании, от них не требуется умения программировать.

Шестая особенность. Вокруг конкурса может быть организована значительная учебно-научная деятельность школьников (обсуждение решений, проведение школьных конкурсов, решение заданий при других критериях оптимизации, поиск и решение близких по смыслу заданий и многое другое), то есть каждое задание конкурса может стать источником для создания индивидуальных и групповых проектов, которые можно предложить ученикам.

Итак идеология Конкурса строится на стимулировании следующих действий участника Конкурса:

- Просто поиграю!
- Постараюсь улучшить решение!
- Попробую различные способы (подходы) к решению, чтобы понять, как можно улучшить результат.
- Нужно изучить теорию, относящуюся к этому заданию.
- Появилась идея!
- Хотелось бы почитать что-нибудь о подобных задачах.



Среди предлагаемых задач могут встретиться такие, которые в общем виде никто еще не решал.

Таким образом, конкурс «КИО» способствует развитию именно таких творческих способностей школьников, как понимание полученной информации, умение ее анализировать и использовать для решения задачи, самостоятельно планировать свои действия.

Ни для кого не секрет, что основной бедой современной школы является то, что, уже начиная с младших классов, когда у детей еще хорошо развита фантазия и они готовы к восприятию любой информации, у них активно отбивают охоту самостоятельно думать, задавать вопросы, предлагать свои варианты решения. Все это делает из наших «почемучек» на выпуске из основной и, тем более, средней школы ребят, которые испытывают большие затруднения при продолжении учебы, особенно там, где творческие способности, умение анализировать, оценивать ситуацию, играют не последнюю роль.

Возможно, конкурс в какой-то степени поможет нейтрализовать этот недостаток.

3. ЗАДАЧИ КОНКУРСА И КАК ОНИ РЕШАЮТСЯ УЧАСТНИКАМИ КОНКУРСА

Как создавались и продолжают создаваться задачи, предлагаемые участникам Конкурса?

Задачи Конкурса должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Это оптимизационные задачи, у которых не очень просто найти лучшее решение. Либо его нахождение требует больших затрат времени, либо не известно, как найти оптимальное решение.

2. Участники, прежде чем прийти к решению, должны экспериментировать с предлагаемыми инструментами для решения задачи и исследовать ее условие.

3. Вся математическая составляющая скрыта под некоторой вполне конкретной и понятной интерпретацией. Большую роль при разработке сюжетов Конкурса «КИО» является выбор метафор и визуализация изучаемых явлений. Как правило, в качестве метафор выбираются либо уже сложившиеся исторически метафоры, либо специально подобранные и понятные школьнику игровые метафоры.

Составителями берётся интересная проблема из математики, информатики, физики и т. д., и для ее решения строится целая компьютерная лаборатория, позволяющая ставить эксперименты и наблюдать за их результатами. Перед участником ставится цель, достижение которой может оценить по определённому критерию как сам участник, так и Жюри Конкурса.

Этот критерий даётся в условии задачи, например «выполнить за наименьшее число ходов», «найти конфигурацию с наименьшей энергией», «перечислить наибольшее число комбинаций», «построить устройство, правильно работающее на максимальном количестве входных комбинаций», «составить конструкцию из минимального числа элементов».

Программа, в которой работает ученик, сама сохраняет лучшие решения, достигнутые им в ходе экспериментов, и автоматиче-

чески готовит файлы решений к передаче в Жюри Конкурса.

В условиях компьютерного конкурса накладывается дополнительное условие – отсутствие возможности использовать мощь компьютера, чтобы решить задачу простым перебором или вычислением. Поэтому задачи конкурса, как правило, относятся к классу NP трудных.

Приведем примеры таких задач.

1. Задача Штейнера. На плоскости даны n точек. Требуется соединить их системой отрезков (дорог), введя, если надо, дополнительные точки (перекрестки) так, чтобы суммарная длина отрезков была минимальной. Имеется программа, которая позволяет ставить и удалять дополнительные точки (перекрестки), соединять точки отрезками и измерять суммарную длину отрезков.

При $n = 3$ и $n = 4$ решение задачи известно. Эти решения можно увидеть на рисунках 1 и 2, соответственно. А в предлагаемой задаче было 15 точек.

Вначале школьники относятся к задаче, как к компьютерной игре, но после достижения некоторого результата без глубокого понимания научной проблемы улучшить результат трудно. В этот момент школьники начинают анализировать ситуацию и использовать свои знания для улучшения результата. По-видимому, лучший результат был получен не только интуитивно, но и после изучения решения задачи для 3 и 4 точек (мы видим три дополнительных точки, соответствующие рисунку 1, и две точки, соответствующие рисунку 2).

2. С задачей Штейнера перекликается и в некотором смысле является обратной

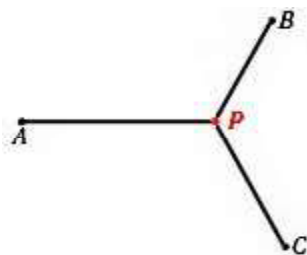


Рис. 1

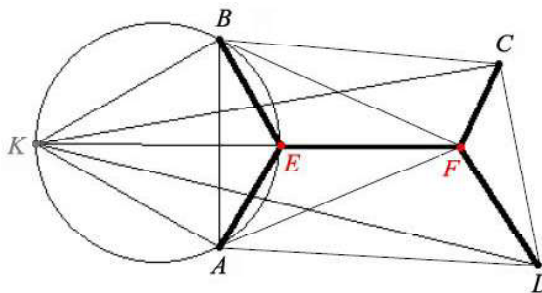


Рис. 2

«Задача отшельников» (КИО-2009, I уровень), которая кратко формулируется следующим образом: необходимо расставить в квадрате N точек так, чтобы длина минимальной соединяющей их сети дорог, составленной из отрезков с концами в этих точках, была как можно больше.

В теории графов такая сеть называется минимальным остовным деревом.

При маленьких n задача решается просто, например, очевидно, что если $n = 4$, то для оптимального решения надо поставить все точки в углы. При $n = 5$ дополнительную пятую точку надо поставить в центр. В предложенной задаче $n = 19$ (рис. 3), и оптимальный вариант найти совсем не просто.

Авторам задачи не было известно ни одного утверждения, которое описывало бы, как устроен оптимальный вариант расположения точек и тем более как этот вариант получить. Например, кажется очевидным, но не ясно, как доказать, что в оптимальном расположении точек в каждом углу квадрата содержится по точке.

Близкой по постановке является задача для II уровня в том же 2009 году «Математическое скалолазание» (рис. 4):

Однажды они устроили соревнование по скалолазанию по необычным правилам. Одна команда забивает в скалу 16 крючьев, а другая соединяет крючья веревкой без пересечений так, чтобы потом как можно скорее пройти по ней весь маршрут. Считается, что по всем участкам маршрута скалолазы движутся с одной скоростью, поэтому вторая команда всегда прокладывает веревку по крючьям так, чтобы минимизировать длину маршрута. Наоборот, команда, забивающая крючья, должна позаботиться о том, чтобы даже самый короткий маршрут, проложенный по ним, был как можно длиннее. Тре-



Рис. 3

буется вбить крючья так, чтобы максимально усложнить задачу сопернику. Роль соперника играет программа, которая сама прокладывает кратчайший маршрут.

Здесь речь идет о нахождении минимальной ломаной, и эта задача является более сложной, чем «Задача отшельников». В предложенной для решения задаче количество точек $n = 16$. Решение, которое на первый взгляд кажется оптимальным, – это расставить точки в виде сетки 4 на 4. Такое решение даст результат 160, который далеко не оптимален. Оптимальное решение выглядит очень непохожим на регулярную сетку.

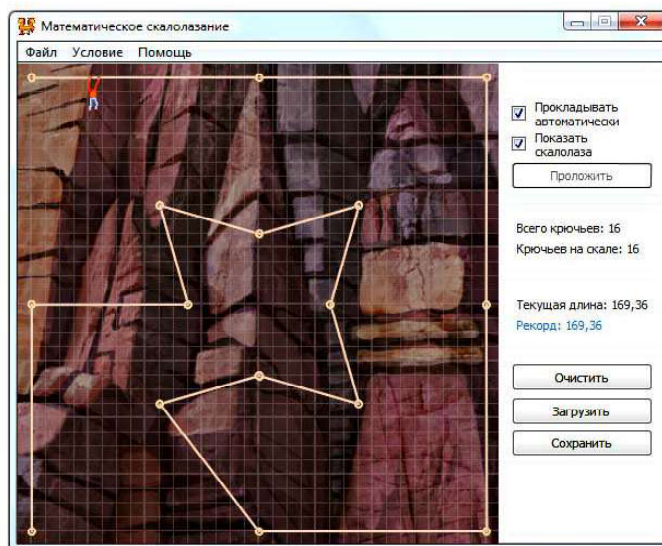


Рис. 4

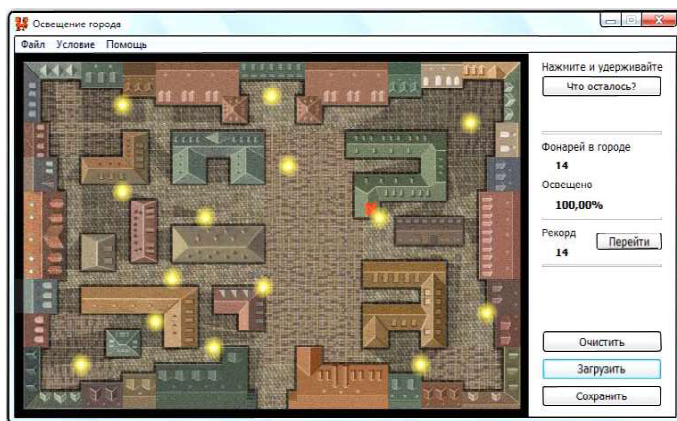


Рис. 5

Разбор и решение этих задач приведен И. Посовым в [2]. Естественно, авторы задач не имели в виду, что ребята могут провести такие рассуждения, требующие знаний теории графов, конкретных алгоритмов и быть искусными в дискретной математике. Но, проводя эксперименты, например, выбрав малое число точек, затем постепенно увеличивая их число или выбирая иную стратегию, на интуитивном уровне они могли приблизиться к оптимальному результату, а возможно, и поинтересоваться, как решаются задачи подобного рода. Ведь 57 участников из разных регионов смогли получить одинаковый лучший результат, похожий на оптимальный, хотя доказательства, что он оптимальный у организаторов Конкурса нет. Вполне возможно, что здесь была помощь старших и опытных учителей или специалистов, тем не менее, причастность к решению такой задачи была полезной для всех участников.

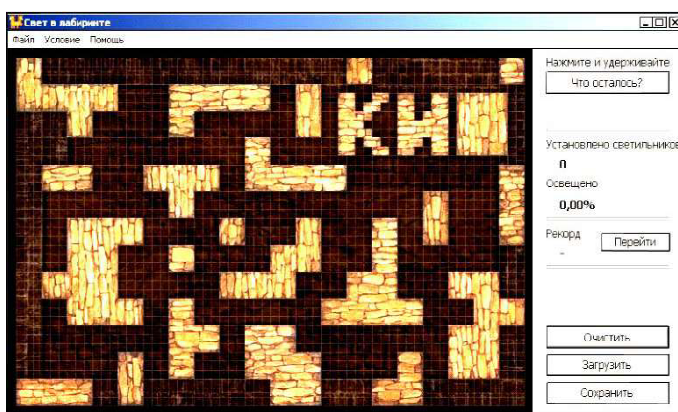


Рис. 6

3. Задача «Освещение города» (рис. 5) и «Свет в лабиринте» (рис. 6) – обе КИО-2009, соответственно для I и II уровня – знакомят участников с вычислительной геометрией и проблемой освещения многоугольных областей, для некоторых таких областей ответ математиками найден, а для других (многоугольников с «дырками», которые использовались в задачах Конкурса) – нет. Эти задачи связаны с разделом информатики, занимающимся решением

геометрических задач. Предложенная задача является вариантом задачи о картинной галерее, в которой необходимо расставить внутри многоугольника минимальное количество точек-охранников так, чтобы каждая другая точка внутри многоугольника находилась в прямой видимости хотя бы от одной из точек-охранников. Известно, что задача является NP-полной, то есть вряд ли существует алгоритм, который эффективно находит минимальное число охранников. Известны и другие факты об этой задаче, например, чтобы наблюдать за всей галереей, всегда достаточно количество охранников, равное трети количества вершин многоугольника (представляющего план помещения галереи). При этом оценка является точной, то есть в некоторых случаях меньше чем таким количеством охранников не обойтись. В предложенной задаче внутри многоугольников были дыры, то есть препятствия, мешающие расстановке охранников. Для многоугольников с дырами точные оценки на необходимое количество охранников неизвестны.

В той постановке, которая предлагалась на Конкурсе (все углы прямые, стороны «зданий» располагаются либо по горизонтали, либо по вертикали) задача для участников оказалась несложной. Многие участники I уровня предложили 14 фонарей для освещения города. В разборе задачи доказывается, что 12 фонарей точно не хватит, а вопрос о 13 фонарях ос-

тался открытым: никто из участников такого решения не предложил, но и никто не доказал, что такого быть не может.

Подробный разбор этой задачи дан в статье И. Посова [3]. Решение, представленное на рис. 5, является лучшим решением.

4. Комбинаторная и, возможно, до сих пор не решенная задача «**Меандры**» (рис. 7), поставленная В. И. Арнольдом.

Шоссе, идущее с запада на восток, пересекает несколько раз реку, текущую с юго-запада на восток. Занумеруем мосты в порядке их следования вдоль шоссе (с запада на восток). Проплывая под мостами вниз по реке, мы будем встречать их, вообще говоря, в другом порядке. Например, 3, 4, 5, 2, 1. Таким образом, эта река определяет перестановку. Другая река могла бы задавать другую перестановку. Но далеко не любая перестановка чисел (мостов) может быть реализована таким образом. Например, не придумать реку, проходящую через мосты в порядке 2, 1, 3, 4, 5. Будем называть перестановку меандром, если ее можно задать с помощью подходящей реки. Сколько существует различных меандров в зависимости от n ?

Список задач, связанных с самыми различными областями знаний, в которых в общем виде результат не известен, но частные случаи доступны школьникам для исследований, можно продолжить.

Это и задача, предложенная физиками и являющаяся частным случаем не решенной до конца так называемой «**Задачи Томсона**» (КИО-2005).

На сфере участник располагает данные электрические заряды (рис. 8) так, чтобы сделать потенциальную энергию шара как можно меньше, то есть в переводе на математический язык необходимо минимизировать сумму величин, обратно пропорциональных рас-

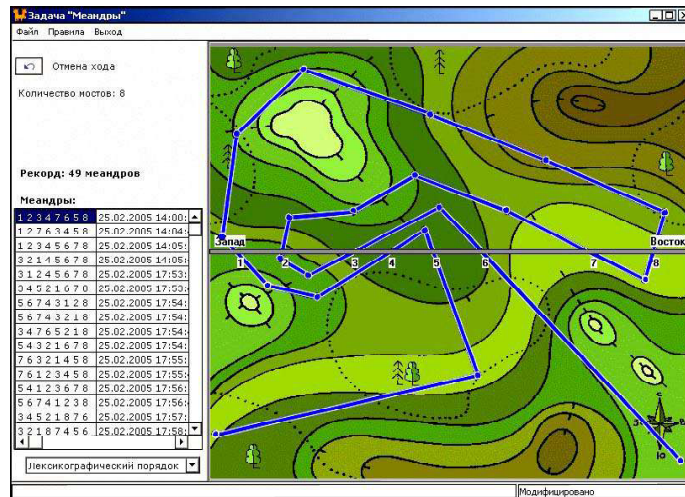


Рис. 7

стояниям между каждой парой зарядов. Задача легко решается, если имеются два одинаковых заряда. Известны решения, если имеется 2, 3, 4, 6, 12 одинаковых зарядов. В отличие от классической задачи Томсона, участникам предлагались не одинаковые заряды. Участники могли вращать сферу, измерять потенциальную энергию, перераспределять заряды по ее поверхности и таким образом улучшать свой результат. Интуиция и знание школьного материала по физике позволяли приблизиться к оптимальному результату.

Это и задача «Сезам, откройся», связанная со взвешиванием монет (КИО-2009), разбор которой дан И. Посовым в [4] и задача

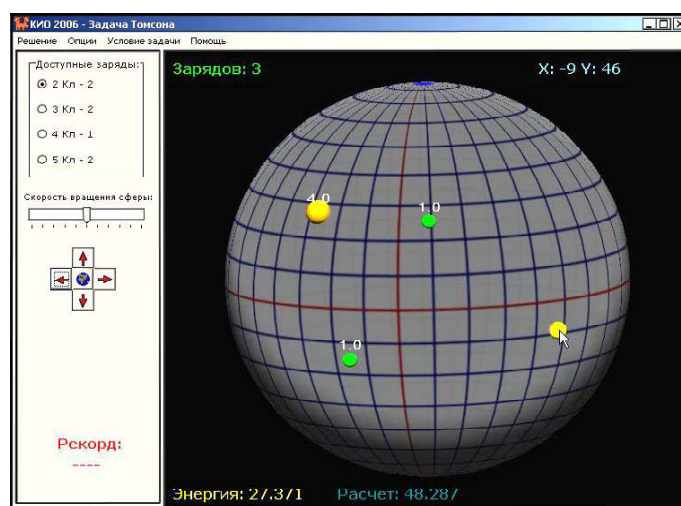
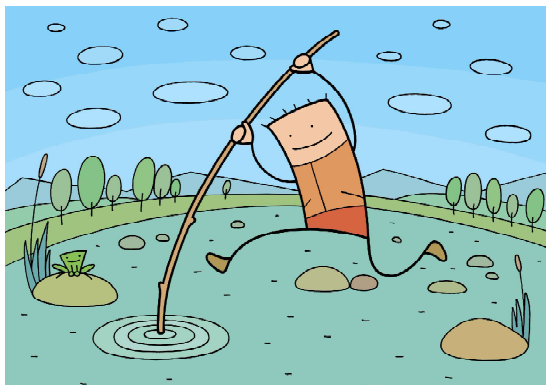


Рис. 8



...решая задачу только на основании жизненного опыта, можно при желании подробно изучить описываемое явление ...

«Флипы» (КИО-2008) [5], и «Сортирующая схема» [6], «Лазерное шоу» [7] и др.

5. Остановимся на задаче, которая была предложена в 2008 году под названием «Качели» (рис. 9). Эта задача относится к классу задач оптимального управления и заключается в минимизации времени до поворота с помощью изменения положения робота на качелях.

В задаче участникам требовалось написать программу для робота, сидящего на качелях, с помощью которой он сможет как можно быстрее раскачать качели и сделать на них полный оборот.

Чтобы роботу было проще раскачать качели, на другой стороне держателя находится

ся противовес, его масса соизмерима с массой корзины. Для раскачивания робот использует программу, которую можно редактировать. В программе используются значения параметров f_1 , f_2 , w_1 , w_2 , где f_1 – угол отклонения держателя, f_2 – угол наклона корзины к держателю, w_1 , w_2 – скорости изменения углов f_1 , f_2 . В зависимости от задания параметров робот перемещался по заданным правилам в одну из позиций 1–6.

Программа состоит из правил. Каждое правило содержит в себе условие на параметры и позицию робота в корзине, куда ему нужно переместиться, если условия выполнялись. В каждый момент времени робот просматривает правила и ищет первое из них, в котором условия на параметры выполняются. Если такое правило нашлось, он перемещается в указанную в нем позицию. Предполагалось, что участники будут руководствоваться житейским опытом, например подталкиванием качелей в тот момент, когда они достигали высшей точки траектории и их скорость движения приближалась к нулю. Этой идеей руководствовались все участники, получившие хорошие результаты.

Так, решая задачу только на основании жизненного опыта, можно при желании подробно изучить описываемое явление и связанные с этим явлением вопросы.

Разбору этой задачи посвящена статья И. Посова и Е. Собко [8]. Авторы подробно разбирают, какие вопросы могут возникнуть у решающих эту задачу, как и почему раскачиваются качели без приложения внешней силы, в чем проявляется закон сохранения энергии, в чем состоит явление резонанса, а также знакомят читателей с явлением параметрического резонанса.

Задачи оптимального управления могут встретиться в самых разных областях, им посвящена обширная литература, которая может заинтересовать пытливых школьников.

Авторы задач ставили цель – сделать так, чтобы задачи были интересными, давали материал для размышлений, исследования, про-

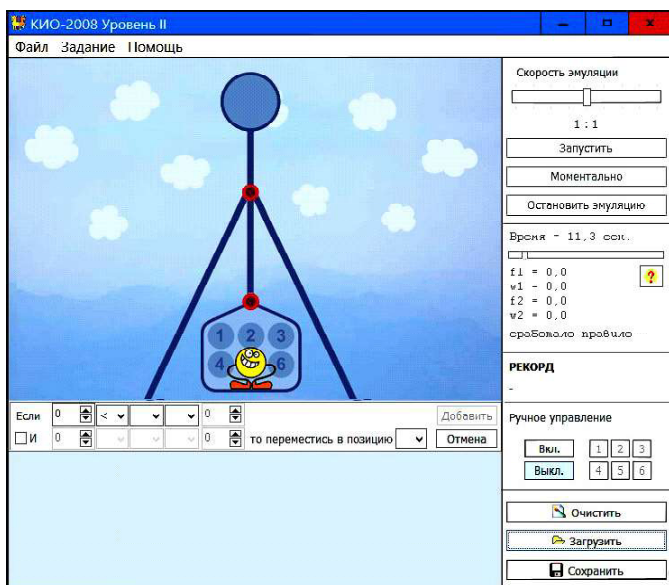


Рис. 9



Рис. 10

явления интуиции, но вместе с тем они должны были быть понятными и доступными как ученику 1 класса, так и старшекласснику.

Начиная с 2012 года, Конкурс КИО проходит по трем уровням: 0, I и II. Нулевой уровень адресован учащимся начальной школы. Им предлагались те же задания, но с более простыми критериями и в меньшем количестве.

4. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕДЛАГАЕМЫХ ЗАДАНИЙ ВНЕ КОНКУРСА

Сюжеты конкурса «КИО» многофункциональны и могут использоваться как на уроках, так и во внеклассной деятельности.

1. Соревнования в школе

Можно предложить одну понравившуюся задачу для командного решения в течение определенного времени. Затем разобрать

эту задачу, выяснить, какие идеи лежат в ее реализации. Такие соревнования были, например, проведены в гимназии № 177 Санкт-Петербурга (рис. 10).

2. Методические возможности

Интерес учеников к задачам конкурса КИО составил основу постановки другой педагогической задачи: как использовать игровые лаборатории для знакомства учеников с базовыми алгоритмами, которые встречаются в теоретической информатике, дискретной математике.

Работа по задачам конкурса КИО открывает учителям новое поле методического творчества.

Приведем несложную задачу «**Возведение в степень**» (КИО-2006), которая многими участниками была правильно решена (рис. 11).

Имеется конструктор с двумя видами автоматов. Автоматы первого вида умно-

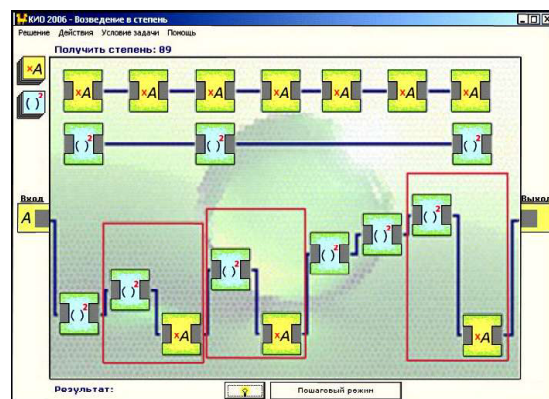
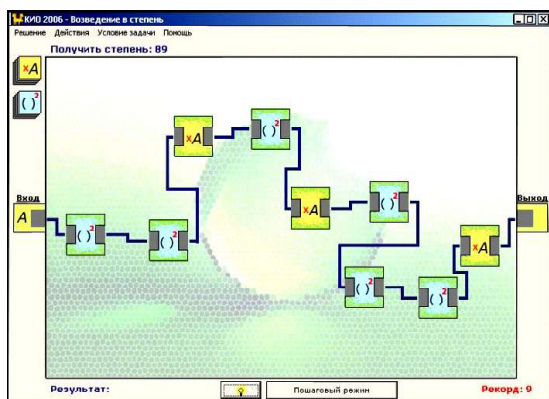


Рис. 11

жают входное выражение на A , а автоматы второго вида – возводят его в квадрат. Число автоматов каждого вида не ограничено. Их можно перетягивать мышкой на рабочее поле и расставлять в удобном порядке. У каждого автомата слева имеется вход, а справа – выход. Перетягиванием мышкой можно соединять вход одного автомата с выходом другого. Задача – создать из автоматов цепочку, которая возводит A в 89 степень.

Число автоматов должно быть как можно меньше.

С помощью этого сюжета можно иллюстрировать понятие степени, композиции алгебраических операций, показать, как можно один и тот же результат получить различными способами и как оптимизировать эти вычисления.

А учителя информатики могут иллюстрировать двоичную систему счисления (рис. 12) и озадачить ребят вопросом, почему так получается, разобрать другие примеры.

Вот еще одна задача Конкурса «Часы – ежедневник» (КИО-13), которая может использоваться не только по своему прямому назначению (рис. 13).

Почему вращение одной шестеренки вызывает вращение другой шестеренки?

Как количество зубьев у шестеренок связано с умножением чисел и разложением их на множители, с нахождением НОК?

Как можно с помощью шестеренок иллюстрировать наилучшие приближения действительных чисел?

Как связать вращение шестеренок с цепными дробями?

Такие понятия теоретической информатики и дискретной математики, как графы, конечные автоматы (машина Тьюринга), алгоритмы, логические схемы и логические исчисления (мир Тарского) можно изучать, решая задачи «Занятой Бобер» (КИО-2007), «Схемы» и «Автоматы» (КИО-2017), «Мир Тарского» (КИО-2014), «Глазастый робот» (КИО-2011) и др.

Например, в задаче «Занятой Бобёр» (КИО-2007) машину Тьюринга представляет Бобёр (рис. 14), который может двигаться вдоль реки и опускать бревно в реку, если его там нет, или вынимать бревно из реки, если оно там есть, или не делать ни того, ни другого. При совершении действия Бобёр меняет свое состояние, которых у него пять (одно из них – начальное состояние, одно означает конец работы). Участник пишет для Бобра программу-инструкцию, что ему делать в каждом состоянии и куда идти – налево или направо или остаться на месте. К этому заданию предлагаются два критерия: либо положить как можно больше бревен в реку (один вариант), либо сделать как можно больше шагов, перед тем как он придет в состояние «конец работы». То есть мы имеем Машину Тьюринга, для которой ал-

$$A^{89} = (((((A^5)^2 \cdot A)^2)^2)^2 \cdot A = ((((((A)^2)^2 \cdot A)^2 \cdot A)^2)^2)^2 \cdot A$$

$$(89)_{10} = (1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1)_2$$

Рис. 12

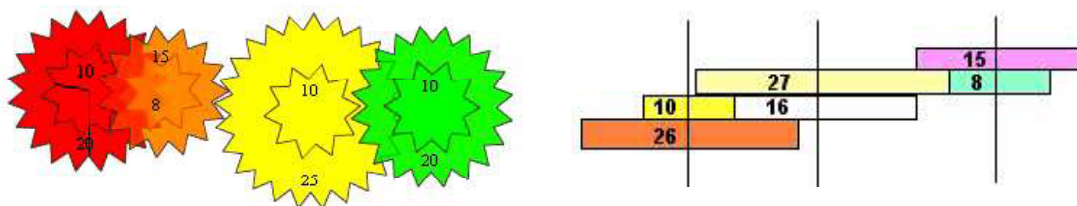


Рис. 13

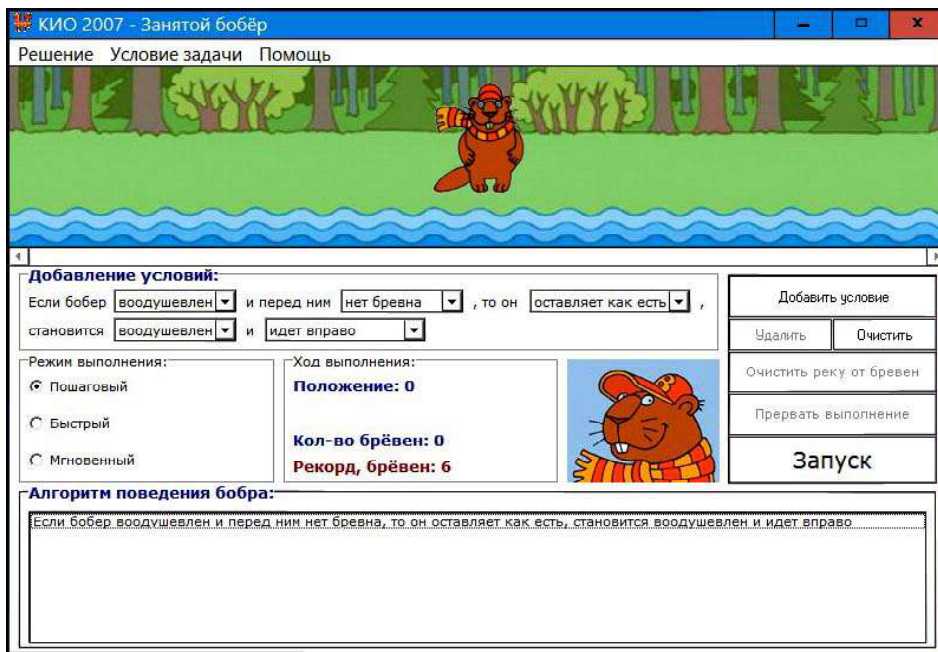


Рис. 14

фавит и число состояний машины ограничены, поэтому задача хорошо определена. При этом не предполагается, что участники знакомы с машиной Тьюринга.

В одной из своих лекций научный руководитель Конкурса С. Н. Поздняков привел примеры простых и не совсем простых логических задач, которые можно предлагать учащимся, используя лабораторию задачи «Глазастый робот» (рис. 15):

Какие значения даст собранная схема на (элементе И) для всех цифр? Тот же вопрос для элемента ИЛИ.

Собрать схему из элементов И и ИЛИ так, чтобы она правильно определяла «0» и не давала выходной сигнал на остальных цифрах. Почему не получается, какие цифры не удается различить?

Как собрать исходную схему, если можно использовать, кроме И и ИЛИ, элемент НЕ?

Исследовательские задания с помощью той же лаборатории:

Можно ли собрать схему распознавания «0» из менее чем 4 логических элементов?

Правило ле Моргана. Можно ли собрать схему распознавания

«0» из менее чем 4 логических элементов, если нельзя использовать связку И?

Знакомство с СДНФ. Предложить общий метод: как по заданной цифре построить логическую схему, распознающую только эту цифру?

Наверно, квалифицированный учитель информатики сможет придумать свои вопросы, отвечать на которые можно будет с использованием этой лаборатории.

В задаче «Мир Тарского» (КИО-2014) сюжет сделан по мотивам программного продукта, созданного для обучения логике

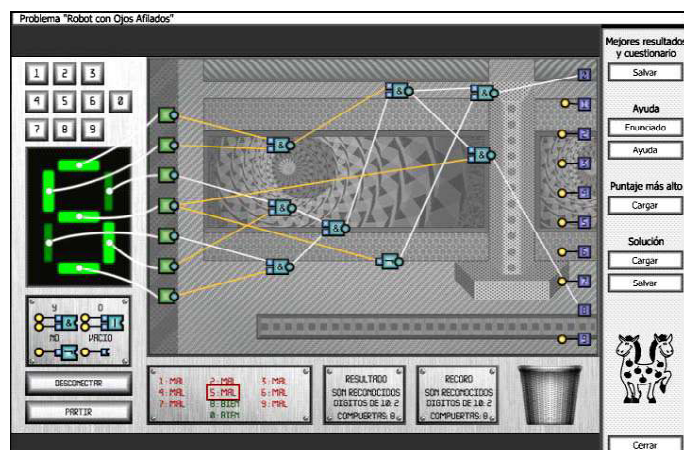


Рис. 15



Рис. 16

и названного в честь известного математика Альфреда Тарского, основателя формальной теории истинности (рис. 16).

Замечательным результатом этого учёного является алгоритм Тарского, который, в частности, даёт способ автоматического доказательства всех теорем «элементарной» геометрии через введенный Рене Декартом «метод координат».

Об алгоритме Тарского можно узнать, прослушав популярную лекцию известного Санкт-Петербургского ученого Юрия Владимировича Матиясевича (рис. 17) – заведующего лабораторией математической логики Санкт-Петербургского отделения Математического института им. В. А. Стеклова РАН, который внес существенный вклад в теорию вычислимости, завершив решение десятой проблемы Гильберта <http://www.lektorium.tv/course/?id=22752>.



Рис. 17

Важные вопросы теории программирования поможет рассмотреть задача «Погрузка контейнеров» (КИО-2013). С помощью подходящей расстановки контейнеров можно предлагать ребятам найти «хорошие» конфигурации, на которых короткие циклические программы дают интересные результаты.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассказ о задачах можно было бы продолжать до бесконечности, так как прошло уже 17 Конкурсов, а это более 50 задач (в первые годы задания для ребят разных уровней отличались не только критериями, но и содержанием). Самое лучшее знакомство с Конкурсом – это участие в нем.

Приведем некоторые отзывы учителей и ребят о Конкурсе.

«...Коллектив Конкурса! Еще раз спасибо за Ваши идеи и такие интересные и нестандартные задачи. Мои школьники воодушевились, что можно реально достичь результатов, скачали задачи этого и прошлого года, обещали к следующему конкурсу тренироваться и принять участие...»

«...В нашей школе этот конкурс очень популярен. Об этом говорит тот факт, что есть ребята, которые участвуют 5 лет, 4 года, 3–2 года. В школе работали все выходные, так нравятся ваши интересные задачи. Заканчивая конкурс, мы уже думаем, а что вы нам предложите в следующий раз.

Хотелось, чтобы почаще проходил он (не один раз в год).

От имени всех участников огромное спасибо за интересный, познавательный конкурс...»

«Огромное спасибо Оргкомитету за такой интересный конкурс. Мы много раз принимали участие в дистанционных конкурсах и олимпиадах, но таких доступных инструкций, доброжелательного отношения и оперативности я не припомню. Еще раз большое спасибо»

«Спасибо за конкурс! Ребятам очень понравилось решать нестандартные задачи»

«Большое спасибо Вам за такой замечательный конкурс!... Ваши задачи особенные, они отличаются от всех остальных»,

«Я очень рад, что участвовал в этом конкурсе, но очень жаль, что конкурс проводится один раз в год!»,

«Предложенные Вами задания были представлены мною... всем учащимся нашей школы с 5 по 11 классы и вызвали немалый

интерес у школьников, порою соперничая по популярности с компьютерными играми»

«Спасибо! Ребятам понравилось, задачи перерешали уже всей школой. Она у нас небольшая, всего 45 учеников»

и т. д.

Литература

1. «Личный помощник покупателя»: чтобы шопинг сделать легким // Компьютерные инструменты в школе. 2019. № 3. С. 24–34.
2. *Посов И. А.* Разбор задач «Задача отшельников» и «Математическое скалалазанье» Конкурса КИО-2009 // Компьютерные инструменты в школе. 2009. № 4. С. 20–27.
3. *Посов И. А.* Разбор задач «Освещение города» или «Свет в лабиринте» Конкурса КИО-2009 // Компьютерные инструменты в школе. 2009. № 3. С. 32–36.
4. *Посов И. А.* Разбор задачи «Сезам, откройся» Конкурса КИО-2009 // Компьютерные инструменты в школе. 2009. № 2. С. 42–37.
5. *Посов И. А.* Разбор задачи «Флипы» Конкурса КИО-2008 // Компьютерные инструменты в школе. 2008. № 1. С. 17–20.
6. *Посов И. А.* Разбор задачи «Сортирующая схема» Конкурса КИО-2008 // Компьютерные инструменты в школе. 2008. № 2. С. 33–38.
7. *Посов И. А.* Разбор задачи «Лазерное шоу» Конкурса КИО-2010 // Компьютерные инструменты в школе. 2010. № 4. С. 34–38.
8. *Посов И. А., Собко Е. М.* Задача «Качели» Конкурса КИО-2008 // Компьютерные инструменты в школе. 2008. № 3. С. 19–23.

Энтина Софья Борисовна,
кандидат физико-математических
наук, доцент кафедры
алгоритмической математики
СПбГЭТУ «ЛЭТИ»,
член орг-комитета Конкурса «КИО».



**Наши
Авторы**