

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет»

Лаборатория цифровых образовательных ресурсов и педагогического проектирования

12 +

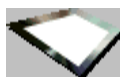
ВЕСТНИК
ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия

**«Информационные компьютерные технологии
в образовании»**

ВЫПУСК 15 / 2019

Электронный научный журнал



Пермь
ПГГПУ
2019

Учредитель и издатель:

ФГБОУ ВО «Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет»

Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия «Информационные компьютерные технологии в образовании»: электронный научный журнал [Электронный ресурс] / Е.В. Оспенникова (гл. ред.), Е.А. Еремин; Перм. гос. гуманит.-пед. ун-т. – Пермь, 2019. – Вып. 15 – 161 с. – 24,2, Мб.

Представлены результаты педагогических исследований по актуальным проблемам информатизации образования. Обсуждаются структура и содержание виртуальной среды обучения, перспективы ее развития. Рассматриваются вопросы методики применения цифровых информационных ресурсов в учебном процессе средней общеобразовательной школы и вуза. Анализируются направления инновационного обновления учебной практики в условиях непрерывно развивающейся системы ресурсов и инструментов виртуальной среды. Излагаются научно-методические подходы к разработке учебных занятий и особенности их организации с применением средств ИКТ, дано описание опыта работы учителей средних общеобразовательных школ и преподавателей вузов по использованию компьютерных технологий в обучении.

Издание адресовано научным сотрудникам и преподавателям вузов, аспирантам, магистрантам и бакалаврам педагогических университетов, учителям средних общеобразовательных школ.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР ВЕСТНИКА ПГГПУ:

А.М. БЕЛАВИН – проректор по научной работе и внешним связям, д-р ист. наук, проф.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ:

Е.В. ОСПЕННИКОВА – д-р пед. наук, проф. (главный редактор)

Е.А. ЕРЕМИН – канд. физ.-мат. наук, доц. (зам. главного редактора)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ВЫПУСКА:

Е.В. ОСПЕННИКОВА – д-р пед. наук, проф. (главный редактор)

Е.А. ЕРЕМИН – канд. физ.-мат. наук, доц. (зам. главного редактора)

И.В. ИЛЬИН – канд. пед. наук (выпускающий редактор)

А.А. ОСПЕННИКОВ – канд. пед. наук, доц. (выпускающий редактор)

Журнал включен в «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ)

(договор № 270-04/2014, дата регистрации 28.04.2014)

Журнал зарегистрирован как сериальное сетевое издание в международном регистрационном каталоге (ISSN International Centre. Франция, Париж)

Сайт журнала Вестник ПГГПУ. Серия «Информационные компьютерные технологии в образовании»

URL: <http://pspu.ru/university/fakultety-i-instituty/fizicheskij/laboratorii/>

laboratoriya-cor-i-pedagogicheskogo-proektirovaniya/vestnik-pggpu-serija-ikt-v-obrazovanii

Электронная почта журнала: e-mail: ospennikova_ev@pspu.ru; evos@bk.ru – Оспенниковой Елене Васильевне

Издается по решению редакционно-издательского совета

Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета

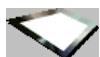


АВТОРЫ

- ♦ **АНТОНОВА Дарья Андреевна** • преподаватель кафедры английского языка и межкультурной коммуникации Пермского государственного национального исследовательского университета.
- ♦ **БАЯНДИН Дмитрий Владиславович** • кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики Пермского национального исследовательского политехнического университета.
- ♦ **БУТОВА Наталья Валерьевна** • магистрант факультета информатики и экономики Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета, направление подготовки 440401 – «Педагогическое образование», профиль – «Информационные технологии в образовании и корпоративном обучении».
- ♦ **ЕРЕМИН Е.А.** • кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной информатики, информационных систем и технологий Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета.
- ♦ **ЗЕНЦОВА Инна Михайловна** • кандидат педагогических наук, доцент кафедры математических и естественнонаучных дисциплин Соликамского государственного педагогического института (филиала Пермского государственного национального исследовательского университета).
- ♦ **ИЛЬИН Иван Вадимович** • кандидат педагогических наук, доцент кафедры прикладной информатики, информационных систем и технологий Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета; доцент кафедры информационных систем и математических методов в экономике Пермского государственного национального исследовательского университета (совместитель).
- ♦ **КОРЫТОВ Глеб Викторович** • студент физического факультета Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета, направление подготовки 09.03.02 – «Информационные системы и технологии», профиль – «Информационные технологии в образовании» (выпуск 2018 г.).
- ♦ **МУХИН Олег Игоревич** • кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и автоматизированных систем Пермского национального исследовательского политехнического университета; доцент кафедры прикладной информатики, информационных систем и технологий Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета (совместитель).
- ♦ **ОСПЕННИКОВ Андрей Анатольевич** • кандидат педагогических наук, доцент кафедры прикладной информатики, информационных систем и технологий Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета.
- ♦ **ОСПЕННИКОВА Елена Васильевна** • доктор педагогических наук, профессор кафедры прикладной информатики, информационных систем и технологий Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета; зав. лабораторией ЦОР и педагогического проектирования ПГГПУ, научный руководитель НОЦ «Техноинтеллект» ПГГПУ.

- ♦ **ПОЛЯКОВ Константин Юрьевич** • доктор технических наук, учитель высшей категории, победитель Всероссийского конкурса для педагогов по включению ресурсов Единой коллекции ЦОР в образовательный процесс, лауреат профессиональной премии «Лучший учитель Санкт-Петербурга».
- ♦ **САРМАНАЕВА Алина Риназовна** • студентка физического факультета Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета, направление подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование», профиль «Физика и информатика» (выпуск 2019 г.).
- ♦ **ТЕРЕХИН Алексей Дмитриевич** • учитель информатики и робототехники МАОУ СОШ № 135 г. Перми с углубленным изучением предметов образовательной области «Технология»; аспирант кафедры прикладной информатики, информационных систем и технологий Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета.
- ♦ **ФИНСКИЙ Анатолий Евгеньевич** • студент факультета информатики и экономики Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета, направление подготовки 09.03.02 – «Информационные системы и технологии», профиль – «Информационные технологии в образовании» (выпуск 2019 г.)
- ♦ **ЯКИМОВА Юлия Викторовна** • педагог дополнительного образования (робототехника) МАОУ СОШ № 135 г. Перми с углубленным изучением предметов образовательной области «Технология»; аспирант кафедры прикладной информатики, информационных систем и технологий Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета, учитель физики.

СОДЕРЖАНИЕ



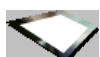
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СРЕДНЕЙ И ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

ПОЛЯКОВ К.Ю., ЕРЕМИН Е.А.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ПОНЯТИЯ ПЕРЕМЕННОЙ
В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ • С. 7–23

ИЛЬИН И.В., ОСПЕННИКОВА Е.В.

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАПРЕДМЕТНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ЗНАНИЯ
В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОБЛАСТИ «ИНФОРМАТИКА» • С. 24–39



ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ. АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ. МОДЕЛИРОВАНИЕ

МУХИН О.И.

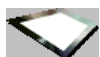
ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: ЦЕЛИ, МЕТОДЫ
И СРЕДСТВА. ЧАСТЬ 1 • С. 40–51

МУХИН О.И.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОСТЬ КАК СПОСОБНОСТЬ К ПРЕОБРАЗОВАНИЮ ЗНАКОВ,
МОДЕЛИРОВАНИЮ И МЫСЛЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ. ЧАСТЬ 2 • С. 52–65

МУХИН О.И.

УСИЛИТЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОСТИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
МЫСЛЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ. ЧАСТЬ 3 • С. 66–79



КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ В СРЕДНЕЙ И ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

ОСПЕННИКОВА Е.В. , ОСПЕННИКОВ А.А., БУТОВА Н.В., АНТОНОВА Д.А.

ПРИМЕНЕНИЕ РЕСУРСОВ ГЛОБАЛЬНОЙ СЕТИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ
ТЕХНОЛОГИИ КОНТЕКСТНОГО ОБУЧЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ РЕШЕНИЮ
ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ • С. 80–96

БАЯНДИН Д.В., ФИНСКИЙ А.Е.

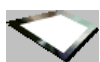
ИНТЕРАКТИВНЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ
ГИДРОСТАТИКИ И ГИДРОДИНАМИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ • С. 97–110

ЗЕНЦОВА И. М.

ОРГАНИЗАЦИЯ НА ОСНОВЕ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ
СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ
МАТЕМАТИКИ» • С. 111-118

САРМАНАЕВА А.Р.

РАЗРАБОТКА НА БАЗЕ ANDROID STUDIO ЦИФРОВОГО МОБИЛЬНОГО
ПРИЛОЖЕНИЯ К УЧЕБНИКУ ФИЗИКИ 7 КЛАССА (УЧЕБНАЯ ТЕМА
«ГИДРО - И АЭРОСТАТИКА») • С. 119-129



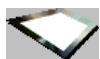
**РОБОТОТЕХНИКА В ПРЕДМЕТНОМ ОБУЧЕНИИ
И ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ**

ТЕРЕХИН А.Д.

РОБОТИЗИРОВАННЫЙ ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ
КАК ОБЪЕКТ ПРОЕКТНОЙ ВНЕУРОЧНОЙ ДЕТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ
СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ • С. 130-137

ЯКИМОВА Ю.В.

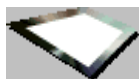
ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КАК СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНИЧЕСКИМ ТВОРЧЕСТВОМ УЧАЩИХСЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАНЯТИЙ
ПО РОБОТОТЕХНИКЕ • С. 138-145



ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В БИЗНЕСЕ

КОРЫТОВ Г.В., ИЛЬИН И.В.

КОМПОНЕНТЫ ERP-СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ
СКЛАДСКОГО УЧЕТА НА ПРЕДПРИЯТИИ МАЛОГО БИЗНЕСА • С. 146-160



УДК 004 (07)
ББК Ч426.32

К.Ю. Поляков, Е.А. Еремин

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ПОНЯТИЯ ПЕРЕМЕННОЙ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ

Современные языки программирования становятся все сложнее, что неизбежно ведет к появлению методических трудностей в их преподавании. В статье рассмотрены вопросы, связанные с формированием у учеников фундаментального понятия переменной. На примере сравнения языков Паскаль и Питон показано, что классических представлений, принятых в Паскале, оказывается недостаточно при изучении переменных в более позднем языке Питон. Подробно описаны механизмы работы с переменными в обоих языках программирования; выделены наиболее важные идеи, о которых необходимо рассказывать при изучении курса информатики в школе.

К л ю ч е в ы е с л о в а : переменная, программирование, адрес, память, указатель, обучение, информатика, методика преподавания.

1. Введение

Переменная – это одно из важнейших понятий при изучении любого языка программирования. На первый взгляд может показаться, что оно простое и не нуждается в разработке какой-то специальной методики изложения. Однако внимательный анализ опыта преподавания показывает, что для студентов, сталкивающихся с переменными во вводных курсах программирования, формирование эффективных представлений о переменных оказывается весьма сложной задачей. В частности, как следует из описанных в [13] экспериментов, только 40–50 % от общего числа студентов при выполнении анализа коротких фрагментов программ демонстрируют полностью правильное понимание работы с переменными.

В известной статье [9], посвященной анализу трудностей в изучении основ программирования, описан ряд заблуждений, которые могут возникать у учеников в случае непродуманного изложения материала. В частности, негативные эффекты часто являются следствием чрезмерного увлечения примитивными бытовыми аналогиями без глубоких объяснений. Когда ученикам представляют переменную в виде коробочки или выдвижного ящичка, где снаружи наклеена этикетка с именем, есть опасность, что их живое воображение сформирует неправильный вывод о сохранении в переменной полного списка всех когда-либо присвоенных ей значений или приведет к ложному убеждению о возможности *одновременного* сохранения в таком контейнере нескольких значений переменной. Более того, образ ящичка у некоторых учеников неожиданным

образом формирует уверенность, что если в переменную еще не помещено никакое значение, то оно равно нулю, поскольку пустая емкость воспринимается как разновидность нулевого значения.

В то же время обходиться в обучении совсем без моделей абстрактных понятий тоже не лучший вариант. Даже если учитель не предложил на уроке никакой модели, она все равно стихийно формируется в сознании учащихся [9]. Пока все идет хорошо, это не имеет особого значения. Но при анализе возникших ошибок некорректность внутренней ментальной модели часто проявляет себя. Сошлемся здесь также на мнение М. Бен-Ари, который, проанализировав роль ментальных моделей в усвоении учебного материала, пришел к выводу, что при объяснении абстрактных понятий обязательно требуется сформулировать подходящую модель на один уровень ниже, чем вы учите сейчас [7]. Применительно к нашему случаю это означает, что модель устройства переменной при объяснении материала необходима.

Значение рассматриваемой проблемы в настоящее время существенно возрастает, поскольку типы и структура переменных становятся все более сложными, и, следовательно, правильно их себе представить становится все труднее. В частности, для переменных, которые являются объектами, возникают дополнительные специфические проблемы при усвоении материала [12].

Можно привести и еще один факт, подтверждающий потребность в совершенствовании методики формирования рассматриваемого понятия. Для облегчения усвоения применения переменных финские преподаватели предложили показывать новичкам все основные роли переменных, которые встречаются в программах [15]. Оказалось, что для описания почти 99 % случаев использования переменных в классическом языке вроде Паскаля достаточно всего десяти ролей. В то же время для более современного языка Питон список ролей пришлось усовершенствовать [14], что подтверждает изменение концепций использования переменных в новых языках.

В данной статье предлагается вводить понятие переменной на базе некоторых наиболее важных сведений о реальном размещении данных в памяти компьютера. Сначала приводятся подробные сведения по данной теме для того, чтобы сформировать у **учителя** некоторую целостную картину по данному вопросу. Затем отбираются наиболее важные идеи, и строится упрощенное описание для **учеников**. В завершение на примерах показано, как предложенная модель позволяет лучше понять те или иные особенности использования переменных в современных языках программирования, таких как, например, Питон.

Реализация переменных в разных языках программирования может иметь свои особенности. Авторы не ставили себе целью написать профессиональный обзор устройства трансляторов, а попытались отобрать и сформулировать наиболее важные и типичные сведения о хранении переменных на примере двух языков: классического **Паскаля** и современного языка **Питон** (Python, по-английски правильнее читать «Пайтон»). Надеемся, что понимание описанных принципов будет полезно и при изучении других языков.

2. Хранение данных в памяти компьютера

2.1. Устройство памяти

После появления в 1946 г. «пионерской» работы по архитектуре вычислительных устройств [8], ставшей впоследствии классической, память всех машин строилась и сейчас продол-

жают строиться по единому принципу, который часто называют **принципом адресности**. Суть его заключается в том, что память состоит из отдельных **ячеек**, каждая из которых имеет свой уникальный порядковый номер, называемый **адресом**¹. Идея оказалась настолько удачной, что никакие последующие революционные изменения технологий производства компьютеров до сих пор не сумели вызвать к жизни что-либо лучшее.

Единственное усовершенствование принципа адресности коснулось размера ячеек памяти. Первоначально компьютеры (тогда их называли ЭВМ – электронно-вычислительные машины) использовались исключительно для вычислений, иначе говоря, обрабатывали только числа. Естественно, что ради точности вычислений ячейки под числа делались длинными – более 30 двоичных разрядов. Следующим видом обрабатываемых данных стали символы². Для них большие ячейки памяти оказались плохо подходящими: для кодирования одного символа в то время требовалось всего 7–8 бит, следовательно, в одну «числовую» ячейку входило не менее 4–5 символов. Поэтому, начиная с третьего поколения ЭВМ, размер одной ячейки памяти был выбран равным 8 двоичным разрядам. Байт, равный 8 битам, стал при этом аппаратно реализуемой ячейкой памяти, имеющей уникальный адрес, а все объемы информации начали измеряться в пропорциональных байту величинах.

После перехода к байтовому разделению памяти стало удобно хранить символы. Но то, что хорошо для символов, не совсем подходит для чисел: каждое из них теперь занимает несколько последовательно расположенных в памяти байтов. Чтобы ускорить чтение, инженерам пришлось научить процессор извлекать байты из памяти не только по одному, но и одновременно по несколько, начиная с заданного адреса.

Таким образом, при обращении к памяти компьютера, строго говоря, необходимо указать не только *адрес* нужных данных, но и *количество байтов* в них. При дальнейшем изложении, даже если ради упрощения рассуждений где-то будет умалчиваться о последней подробности, все равно будет подразумеваться необходимость чтения одного или нескольких байтов в зависимости от размера данных.

2.2. Об адресации данных в памяти

В программе, написанной для процессора, должна быть предусмотрена возможность как-то указывать, где находятся обрабатываемые каждой командой данные. Команды современного процессора могут включать в себя константы, содержимое ячеек ОЗУ, а также значения *регистров* (собственных ячеек памяти процессора). Вне зависимости от конкретных деталей, любые участвующие в операции данные принято называть *операндами*, а способы описания операндов в команде – *методами адресации*.

Методы адресации у процессоров довольно разнообразны (наглядным примером может служить четко организованная и гибкая система адресации компьютеров семейств PDP [3]). Картина дополнительно осложняется тем, что названия методов в разных изданиях не всегда одинаково переводятся на русский язык. К счастью, для целей данной статьи не требуется де-

¹ Заметим, что в цитируемой нами работе использовалось труднопереводимое название *memory location-number*; термин *адрес* появился позднее.

² Изначально символы предназначались для того, чтобы добавлять поясняющие подписи к напечатанным числам; до текстовых процессоров тогда было еще очень и очень далеко!

тально разбираться в особенностях адресации – достаточно четко понять всего один важный принцип, излагаемый далее.

Существуют два разных пути указания местоположения операнда в команде [5]. Допустим, что нам требуется задать в операции сложения одно из слагаемых. Тогда, во-первых, можно с помощью любого существующего в процессоре метода адресации указать на само значение слагаемого. Но если слагаемое находится в ОЗУ, то есть и другой способ: задать в команде расположение не самого нужного нам значения, а его адреса. В последнем случае извлечение операнда будет происходить в два этапа: сначала прочесть двоичный код, который является адресом операнда, а затем, используя полученный адрес, извлечь из памяти непосредственное значение операнда. Такой усложненный механизм чтения данных называется *косвенным*. Его сложность компенсируется тем, что он дает программисту дополнительные возможности: поскольку здесь адрес не входит в команду, его легче изменять и можно создавать более гибкие структуры данных.

Заметим, что в принципе косвенный метод адресации может быть построен от любого сколь угодно сложного метода адресации. Например, если в команде задается константа, то при косвенной адресации будет указываться адрес этой константы в ОЗУ. Если обрабатываемая величина задается в регистре, то можно вместо этого записать ее в некоторый адрес ОЗУ, а сам адрес для организации косвенного обращения занести в регистр. Наконец, даже если данные уже и так лежат в некоторой ячейке ОЗУ, строго говоря, можно занести этот адрес в другую ячейку, а адрес последней включить в команду. Такую косвенность принято называть *двойной*: команда достает код из входящего в нее адреса ОЗУ, а затем с помощью этого нового адреса читаются данные (помните стихотворение про синицу, которая ворует пшеницу в доме, который построил Джек?)

Рассмотрим простейший пример. В процессорах семейства Intel среди прочих имеются регистры AX и BX. Пусть в рассматриваемый момент времени $AX = 5$, а $BX = 400$. Примем также, что в ячейке с адресом 400 сейчас хранится число 2. Тогда команда, записанная на языке ассемблера в виде `ADD AX,BX`, просуммирует содержимое регистров и получит ответ 405. Но если к тем же самым исходным данным применить команду `ADD AX,[BX]`, то вычисления пойдут по-другому. Наличие скобок говорит о том, что адресация косвенная, следовательно, в BX находится не само число, а его адрес. Поэтому сначала из ячейки с адресом 400 будет прочитано лежащее там число 2, а затем в результате суммирования получится ответ 7.

Итак, в конструкцию процессора заложено два механизма извлечения данных из памяти.

1. В команде задано местоположение *собственно* данных, назовем этот вариант **операнд-значение**.

2. В команде задано местоположение *адреса* данных – **операнд-адрес**, т.е. косвенная адресация данных. На основе косвенной адресации построен особый тип переменных под названием указатели, о котором будет подробно рассказано далее.

2.3. Связь переменных с адресами памяти

Главная идея размещения переменных в памяти заключается в следующем. В тексте программы на языке высокого уровня программист дает всем величинам символические имена

(в технической литературе их часто называют *идентификаторами*). В результате запись формул для вычислений приобретает, например, такой достаточно естественный для восприятия вид:

$$sred := (a+b+c)/3.$$

Транслятор с языка высокого уровня разбирает текст программы и выделяет каждой переменной некоторую область памяти, **связывая** тем самым **имя переменной с определенным адресом памяти**. Установленное соответствие заносится в специальную таблицу (будем называть ее *таблицей имен*), пользуясь которой транслятор фактически заменяет любое встретившееся в программе имя обращением к соответствующим адресам ОЗУ. Заметим попутно, что в этой же таблице может храниться некоторая дополнительная информация о переменных, например, их тип.

Как известно, существуют трансляторы двух основных типов: компиляторы и интерпретаторы. *Компилятор* анализирует всю программу целиком и строит исполняемый файл – программу в машинных кодах. *Интерпретатор* же разбирает программу по частям, немедленно выполняя те действия, которые записаны в только что расшифрованной части программы. Существуют также некоторые смешанные схемы трансляции, когда текст программы преобразуется компилятором в программу на некотором промежуточном языке (например, в Java и Python такая программа называется *байт-кодом*), а затем полученная программа выполняется интерпретатором.

Таблица имен используется при любом способе трансляции. Принципиальное отличие состоит в том, что интерпретатор работает с ней постоянно, а компилятору после окончания трансляции таблица становится ненужной.

3. Виды переменных и их размещение в памяти

В современных языках программирования используются разные виды переменных. Уточним, что речь сейчас идет не о типах данных (числовых, символьных, логических и других переменных), а о способах размещения переменных в памяти компьютера. Чтобы в дальнейшем избежать путаницы, будем далее четко различать термины *тип* и *вид* переменной.

Понимание механизмов выделения памяти под переменные важно для преподавания, ибо оно позволит нам увидеть наиболее существенные черты хранения значений переменных и сформировать максимально простую модель, которую можно использовать при обучении школьников основам программирования.

Подчеркнем, что материал данного раздела статьи гораздо шире, чем требуется знать среднестатистическому школьнику. Подробное изложение предназначено для того, чтобы сформировать у учителя правильное представление о современных способах организации переменных в памяти, например, на случай вопросов учеников, серьезно интересующихся программированием. Упрощенная модель для рассказа на уроке будет описана в разделе 5.

3.1. Статические и динамические переменные

В классических языках программирования (вспомним для примера Паскаль) простейшие переменные представляют собой область памяти определенного размера: переменная каждого типа данных занимает фиксированное количество байтов. При выделении памяти под переменную транслятор запоминает адрес байта, соответствующего началу этой области ОЗУ. В даль-

нейшем, когда нужно прочитать или записать значение переменной, компьютер просто читает (записывает) нужное количество байтов с заданного адреса. Никакой информации об имени переменной, ее типе или размере в ОЗУ рядом со значением не хранится.

Такой способ выделения памяти под переменные принято называть **статическим**. Его характерные особенности таковы:

- переменные создаются транслятором в момент обработки их описаний;
- выделенная под переменную память не меняет своего назначения при работе программы (иначе говоря, переменные программы «жестко привязаны» к определенным ячейкам памяти);
- изменение значения переменной сводится к записи в отведенную область памяти нового значения (старое при этом стирается).

В ходе трансляции строится специальная таблица, в которой запоминаются имена всех переменных и их адреса. Пользуясь этой таблицей, транслятор производит замену каждого встретившегося в программе имени на соответствующий адрес ОЗУ. Если имя переменной в таблице отсутствует, это признак ошибки (переменная не была предварительно описана или имя было набрано неверно). Заметим, что после окончания компиляции таблица становится ненужной.

Для статических массивов известной размерности, состоящих из однотипных элементов, картина качественно не меняется: значения элементов массива, скажем, числа, размещаются в памяти друг за другом. Адрес начала нужного значения вычисляется по несложной формуле, смысл которой состоит в пропуске необходимого числа байтов ОЗУ, в которых лежат все предыдущие элементы массива.

Заметим, что строковые переменные не слишком хорошо сочетаются со статическим распределением памяти. Конечно, можно выделять под каждую такую переменную фиксированное число байтов (например, 256, как делали по умолчанию классические компиляторы Паскаля). Но это неудобно по двум причинам: во-первых, возникает неестественное ограничение на допустимую длину строки, а во-вторых, в случае коротких строк память расходуется неэкономно.

Итак, возникает желание иметь какой-то другой способ выделения памяти. Он существует и называется **динамическим**. Его особенности следующие:

- переменные создаются при выполнении программы (а не при трансляции, как было в статическом случае!);
- под значения динамических переменных отведена специальная область памяти (ее часто называют *heap* – куча); работающая программа находит в ней свободное место и резервирует его под значение создаваемой переменной;
- *адрес* выбранной области заносится в переменную; таким образом, в ней хранится не само значение (как в статическом случае), а его адрес в ОЗУ; саму переменную, в которой хранится адрес, принято называть *указателем*;
- если размер памяти, требуемой для хранения значения динамической переменной, не меняется, то новое значение, как вариант, может помещаться в те же самые ячейки ОЗУ;
- если же размер значения динамической переменной меняется (например, в строку помещают текст большей длины), то остается единственная возможность: сначала создать но-

вое значение, а затем указатель заменить на адрес этого значения; память со старым значением автоматически будет освобождена³;

- подчеркнем, что хотя местоположение **значения** динамической переменной может меняться в процессе выполнения программы, положение самих **переменных**-указателей остается в ОЗУ неизменным.

Очевидно, что способ доступа к переменным через указатели сложнее, а значит, он работает медленнее. Но, с другой стороны, он более гибкий и позволяет обслуживать переменные, длина значений у которых в ходе программы изменяется.

В современных языках программирования, например, в Питоне, идея динамических переменных получает дальнейшее развитие. В частности, в этом языке большинство переменных (в том числе все простые!) реализуется динамически, что приводит к существованию у переменных некоторых принципиально новых свойств. Конкретные детали организации переменных в Питоне будут изложены в разделе 4.

3.2. Глобальные и локальные переменные

По мере увеличения объема программы ее обозримость ухудшается, что ведет к росту количества ошибок. Уже в классических языках программирования было предложено выносить фрагменты, выполняющие некоторое законченное действие, в особые самостоятельные блоки: *процедуры* или *функции* (будем в дальнейшем для краткости объединять обе этих конструкции термином *подпрограммы*). В современном программировании они используются очень широко. Дополнительно появилась возможность размещать наборы функций в отдельных файлах, называемых *модулями*.

Каждая процедура или функция, по сути, представляет собой небольшую автономную программу, получающую извне значения переменных-аргументов и возвращающую после их обработки значения переменных-результатов. Кроме того, как и в любой программе, в процедурах и функциях могут быть описаны собственные рабочие переменные.

Таким образом, возникает еще одно разделение переменных: на **глобальные** (доступные всем подпрограммам) и **локальные** (описанные в подпрограммах). Свойства этих двух видов переменных существенно отличаются. Глобальные переменные существуют в течение всего времени работы программы; их значения доступны (часто говорят «видны») из любой процедуры или функции. Локальные же переменные создаются в процессе работы подпрограммы, а при выходе из нее исчезают; очевидно, что вне процедуры ее переменные не видны.

В классических языках программирования локальные переменные организованы в памяти компьютера принципиально иначе, чем глобальные (реализация в Питоне требует отдельного обсуждения). Главная и не совсем очевидная причина появления этой разницы состоит в том, чтобы обеспечить возможность подпрограмме корректно вызывать другие подпрограммы и особенно саму себя. Последний случай в программировании настолько востребован, что даже имеет специальное название – *рекурсия*. Рекурсия – это тема для самостоятельной статьи. Здесь же для нас важно, что если локальную переменную «привязать» к определенному адресу, то повторный

³ Свободные области памяти, разбросанные между используемыми значениями, порождают техническую проблему, решение которой часто называют «сборкой мусора» (garbage collection); во многих языках такая процедура реализована.

вызов этой процедуры будет невозможным. В самом деле, при такой организации памяти локальные переменные при вложенном вызове подпрограмм просто совпадут; в результате одна из них потеряет свои значения. Поэтому для локальных переменных (а также для аргументов и результатов) используется особая организация памяти, гарантирующая корректное выполнение вложенных подпрограмм. Такая организация называется *стеком*.

Итак, мы видим, что организация в памяти локальных переменных может иметь определенные особенности. В рамках дальнейшего обсуждения мы не будем их рассматривать.

3.3. Сложные типы данных

Для простых типов данных (например, числовых), когда требуемый размер памяти известен заранее, чтение значения переменной не требует никаких дополнительных данных. В этом случае достаточно указать адрес переменной в памяти и прочитывать стандартное число байтов. Для более сложных типов понять картину труднее.

Рассмотрим в качестве примера тип `STRING` в классическом Паскале⁴. Его значением является строка символов, каждый из которых занимает один байт. Главная проблема заключается в том, что длина строки заранее неизвестна и компилятор языка программирования «не знает», сколько выделить памяти под строковую переменную. Классическое решение проблемы было таким: по умолчанию под каждую строковую переменную отводилось 256 байт. Немедленно возникал вопрос: какая часть строки реально занята. Например, если присвоить переменной значение «ДОМ», то из всей отведенной памяти занято будет всего 3 байта. Было принято правило, что реально используемая длина строки хранилась в нулевом байте отведенной памяти. Поэтому нумерация символов начиналась с единицы, а длина строки не могла превышать 255 байт. Для экономии памяти было разрешено создавать более короткие строки. Например, описание `VAR s: STRING[5];` создавало в памяти строку из 5, а не из 255 символов.

Описанный пример показывает, что для сложных данных в памяти может храниться не только само значение, но и некоторые дополнительные сведения о нем, в частности, его размер.

Существуют и еще более сложные структуры данных. В частности, в Delphi и Visual BASIC имеется особый тип данных `VARIANT`, который может в разных участках программы помещать в одну и ту же переменную значения *разного* типа: например, сначала `INTEGER`, а затем `STRING`. В классическом Паскале такое вообще невозможно.

Рассмотрим кратко, как устроен этот необычный тип данных в Delphi. Каждая переменная типа `VARIANT` состоит из 16 байт, причем первая их половина хранит служебную информацию, а вторая – значение переменной или ссылку на это значение. Самые первые 2 байта переменной содержат целое число, характеризующее тип значения, которое в данный момент лежит в переменной. Полный список возможных типов содержит около 20 разных значений, начиная с целых и вещественных чисел и кончая символьными строками и даже массивами. Например, для числа типа `INTEGER` характеристическое значение равняется 3, для вещественного числа типа `DOUBLE` – 5, а для `STRING` – $100_{16} = 256_{10}$.

⁴ В современных версиях Delphi строки реализованы динамически, поэтому там приведенное далее описание к типу `STRING` неприменимо; для совместимости с прежними версиями Паскаля предусмотрен тип `SHORTSTRING`, совпадающий с классическим.

Таким образом, внутри выделенной под переменную области ОЗУ кроме собственно значения (или ссылки на него) есть еще служебная информация, в том числе и о типе текущего значения. Благодаря такому устройству в переменную можно поместить значение *любого допустимого типа*. Но и это еще не все. Возможность изменять тип значения позволяет в нужных случаях делать это автоматически. Например, если в результате арифметического действия ответ перестает помещаться в 2-байтовое целое, можно перейти к 4-байтовому. А когда «ассортимент» целых типов закончится, то вообще преобразовать результат в вещественное число. Предусмотрены и более неожиданные преобразования типов. Например, если V1 и V2 типа VARIANT имеют значения V1=12.5, V2='12', то V1+V2 будет равно 24.5, потому что строка '12' перед сложением будет автоматически преобразована в число.

Любопытно, что переменные типа VARIANT нельзя вводить с клавиатуры, поскольку компьютер не всегда способен однозначно определить, какого именно типа набранное значение (сравните со вводом в ячейки электронных таблиц).

Вершиной сложности структур данных на сегодняшний день является *объект*, в котором объединены не только данные, но и методы работы с ними (реализованные в виде процедур и функций). Рассмотрение принципов хранения объектов слишком далеко уведет нас от обсуждаемого материала, поэтому отметим только, что служебная информация о распределении памяти внутри объекта значительно больше и сложнее, чем для обычных переменных. Вся эта информация размещается вместе с данными в некотором выделенном под объект участке ОЗУ, а ссылка на этот участок выполняется с помощью адреса начала этой области.

4. Переменные в языке Питон

В Питоне при обсуждении переменных вводится новое понятие – *изменяемое* (англ. *mutable*) или *неизменяемое* (англ. *immutable*) значение. В первом случае переменная работает по классическому механизму, и новое значение записывается в ОЗУ на место старого. Так, например, устроен тип данных список, с помощью которого в Питоне моделируется массив. Во втором случае новое значение создается в свободной области памяти, а затем в указатель записывается новый адрес. Иными словами, хотя конкретное значение в памяти изменять нельзя, но зато можно переопределить ссылку на новое значение, хранимое в другом месте ОЗУ. Так работает большая часть типов в Питоне, в том числе все простые типы, в частности, числа и строки. В данном разделе мы будем обсуждать именно такие переменные.

Переменная, создаваемая динамически, может иметь любой тип. Чтобы при выполнении программы можно было определять, к какому типу принадлежит текущее значение переменной, информацию об этом помещают рядом со значением [6]. Таким образом, каждому значению переменной в памяти предшествует код ее типа, что позволяет правильно распознавать и обрабатывать это значение в программе.

Поскольку теперь значение переменной может иметь произвольный тип, предварительное объявление типов становится не только бесполезным, но даже невозможным: переменная в каждый момент работы программы имеет тот тип, который записан вместе с ее значением.

Кроме того, в области памяти, отведенной под переменную и служебные данные о ней, хранится еще одно дополнительное число [4]. Понять его назначение можно на следующем про-

стом примере. В Питоне можно присваивать одно и то же значение сразу нескольким переменным. Например, $x = y = z = 300$.

После выполнения этой строки все переменные получают одно и то же значение. Задумаемся над вопросом, будут ли указатели в x , y и z одинаковыми, или же каждый из них будет показывать на «свое собственное» значение (вспомним, что при статическом методе организации переменных в памяти действительно будут лежать три числа, равные 300). Оказывается [4, 6], в Питоне данная строка программы выполняется так: сначала создается числовое значение 300, а затем ссылка на него помещается во все три переменные. Если теперь поменять значения переменных, например, так

$$x = 1, y = 2, z = 3,$$

то все указатели будут переопределены на новое значение, а «утратившее силу» значение 300 станет ненужным.

Если подумать еще немного, то возникает следующий вопрос: а как программа узнает, в какой момент начальное значение перестанет быть нужным? В самом деле, после присвоения нового значения x ссылки в y и z еще остаются! Оказывается, решение проблемы очень простое: около каждого значения в памяти хранится счетчик количества ссылок на него. При изменении значения переменной ссылка переопределяется на новое значение, а из счетчика старого вычитается единица. В тот момент, когда счетчик обратится в ноль (в нашем примере это произойдет только после изменения указателя на переменную z), значение больше не используется и его можно удалить из памяти⁵.

Итак, анализ показывает, что переменные в языках Паскаль и Питон существенно отличаются. В Паскале в переменной всегда хранится значение строго определенного типа. В Питоне же тип переменной не фиксируется, и ей могут присваиваться значения произвольного типа (независимо от того, какое значение в переменной хранилось ранее, и даже существовала ли до этого данная переменная). Кроме того, в отличие от Паскаля, в Питоне большинство переменных (в том числе все простые) динамические. Так что в переменной всегда располагается не само значение, а ссылка на область ОЗУ, где находятся это значение и код его типа, а также счетчик ссылок на данное значение.

С одной стороны, возможность присвоить переменной значение любого типа дает программисту возможность не тратить время на описание переменных. А с другой – менее жесткий контроль транслятора может пропускать специфические ошибки, которые не всегда удастся быстро найти. В частности, при работе с программой на Питоне следует соблюдать следующие предосторожности:

- при написании и при наборе текста программы тщательно следить за правильностью имен переменных, иначе вместо одной переменной можно получить две разных⁶ (см. пример 1 в разделе 6);

⁵ Точно такой же механизм используется во всех операционных системах семейства Unix, где файл может принадлежать нескольким каталогам одновременно.

⁶ Такого рода ошибки уже встречались в практике программирования на языке BASIC, где тоже не обязательно объявлять переменные.

- при написании программы очень внимательно контролировать типы присваиваемых значений и применяемые к ним операции (см. пример 2);
- во избежание путаницы без необходимости не изменять по ходу программы тип переменной.

Совместное хранение в переменных значения и его типа позволяют интерпретатору Питона обеспечивать более гибкую обработку данных. Рассмотрим это на примере целых чисел [11]. Пока значение числа невелико, оно хранится и обрабатывается обычным образом. Но (в последних версиях Питона) как только значение превысит допустимое для целых хотя бы на единицу, число автоматически преобразуется в новый формат: к его области хранения добавляется еще несколько байтов, и тем самым верхняя граница числового диапазона отодвигается. Переменная при этом получает другой тип, который обрабатывается по собственным правилам арифметики, заложенным в Питон-машину. Если и добавочных байтов становится недостаточно, то область хранения числа снова будет увеличена и т.д. Таким образом, количество битов для хранения числа все время автоматически добавляется и переполнения не происходит. Получается, что величина целых чисел в Питоне ограничена только объемом свободной памяти.

Заметим, что указанный механизм автоматического расширения диапазона представления целых чисел в Питоне на вещественные числа не распространяется (по крайней мере, пока).

5. Что рассказывать школьникам

5.1. Основные идеи

Проведенный нами анализ показывает, что понятие переменных со времени возникновения первых классических языков программирования существенным образом расширилось. Способы хранения переменных в ОЗУ также значительно модифицировались. Сформулируем наиболее важные выводы, полученные из нашего анализа.

1. Классическое представление о переменной как об области памяти фиксированного размера с постоянным адресом устарело. В некоторых современных языках, например, в языке Питон, подобных переменных нет вообще.

2. В современных языках программирования существует два вида переменных: фиксированной длины (например, целое число с заданным диапазоном значений) и переменной длины (например, строки).

3. Память для хранения переменных может выделяться как статически (компилятором во время трансляции программы в машинный код), так и динамически (во время выполнения программы). Для переменных, длина которых изменяется во время работы программы, память обычно выделяется динамически.

4. Существуют два основных способа доступа к значению переменной: прямой и косвенный. При прямом обращении в переменной хранится непосредственно ее значение. При косвенном обращении переменная является указателем, т.е. в ней хранится ссылка – адрес той области ОЗУ, где находится нужное значение.

5. Статический способ размещения переменных в памяти проще, операции с переменными выполняются быстрее. Но он подходит только для переменных, размер которых фиксирован и заранее известен.

6. Для обращения к переменным, память под которые выделена динамически, всегда используется косвенная адресация, т.е. обращение через указатель. Такой способ доступа сложнее и медленнее. Зато он более гибкий: позволяет работать с данными изменяющейся длины и даже менять тип значений, хранимых в переменной.

7. Изменение значения динамической переменной происходит следующим образом. Сначала в ОЗУ размещается новое значение, затем адрес этой области заносится в указатель, который используется для обращения к данным. При этом предыдущее значение указателя стирается, и ссылка на «старое» значение переменной в памяти теряется⁷.

8. Если в языке поддерживаются и статические, и динамические переменные (например, в Паскале), то возможен компромиссный вариант: переменная фиксированной длины создается динамически, а затем работа с ней идет как с обычной переменной. Иными словами, адрес ОЗУ при записи новых значений не изменяется.

9. В современных языках программирования при необходимости вместе со значением переменной хранится служебная информация о ней, например, размер переменной.

5.2. Классическая переменная

Рассмотрим для начала простейший случай организации переменных, как это делается в классических языках типа Паскаля или Си. Если использовать введенную ранее в разделе 3 терминологию, речь здесь идет о глобальных статических переменных простейших типов данных, значения которых имеют постоянный размер области хранения. В этом случае в памяти хранится только значение переменной без всякой служебной информации о ней (см. рисунок, изображение а).

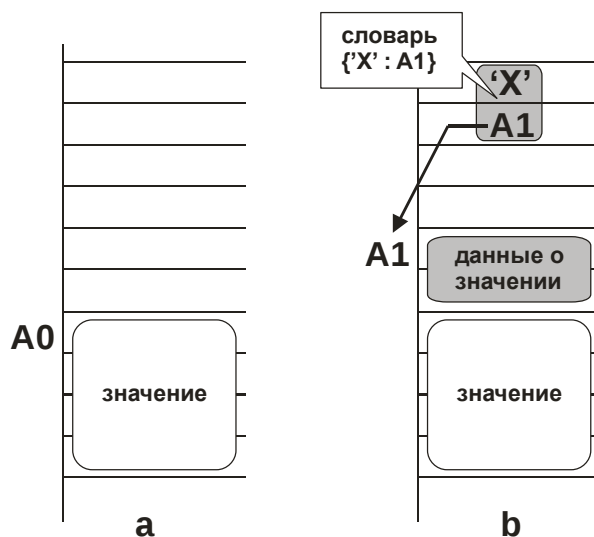


Рис. Классическая переменная (а) и переменная в языке Питон (б)

Как работают такие переменные? Пусть в программе на языке Паскаль объявлена целочисленная переменная X . При этом транслятор заносит имя X в таблицу имен переменных и связывает это имя с некоторым адресом $A0$ в ОЗУ. Теперь оператор $X := 2000$ будет заменен одной

⁷ В языках программирования, в которых нет автоматического «сборщика мусора» (например, в С и С++), программист должен сам освободить область памяти, в которой хранилось предыдущее значение динамической переменной.

или несколькими командами, которые записывают двоичный код числа 2000 в память, начиная с адреса $A0$. Размер записываемого значения равен размеру переменной типа INTEGER. Значение, хранившееся ранее в этой части ОЗУ, как обычно будет стерто.

В любой части программы можно читать и изменять значение переменной X , обращаясь к ОЗУ по адресу $A0$.

Таким образом, в рассматриваемом случае переменная есть просто фиксированная область памяти, где непосредственно хранится значение переменной.

5.3. Переменная в Питоне

Переменная в Питоне устроена значительно сложнее. Рассмотрим, как работает в этом языке тот же самый пример присвоения переменной X начального значения $X = 2000$. Будем предполагать, что ранее с переменной X никакие действия не производились, а значит, она еще не была создана. В этом случае Питон-машина выполнит следующие основные действия (см. рисунок, изображение б).

1. В области памяти, где хранятся значения для переменных, будет найден свободный участок, достаточный для размещения значения и сведений о нем (адрес $A1$ на изображении б).

2. В найденную область будет помещено целочисленное значение 2000 и служебные данные о нем (в частности, что это значение именно типа `int` – данный факт определяется непосредственно по записи числа)⁸.

3. Интерпретатор Питона (Питон-машина) всегда ищет переменные по имени⁹, поэтому прежде всего он просмотрит список уже существующих переменных. В рассматриваемом нами случае переменной X там еще не будет. Тогда в таблицу переменных (в языке Питон она организована в виде словаря) добавится новая запись вида $\{X : A\}$, т.е. очередная пара $\{<имя> : <адрес>\}$, где A – это адрес места, зарезервированного под ссылку на значение переменной. В дальнейшем, когда поле адреса заполнится, будет легко извлечь из памяти значение требуемой переменной.

4. Во вторую часть записи словаря заносится значение адреса $A1$.

Тем, кому описанная схема кажется сложной, дополнительно сообщим, что на самом деле она, напротив, была упрощена (см., например, описание [10]).

Чтобы теперь прочитать из памяти значение переменной X , интерпретатор Питона будет действовать так. В словаре он найдет имя переменной X , извлечет соответствующий ему адрес $A1$, а затем, используя его в качестве начального адреса ОЗУ, добавит необходимое смещение и извлечет из памяти число 2000.

При повторной записи в переменную X нового значения цепочка действий очень похожа на ту, которая была описана выше для присвоения самого первого значения. Разница только в том, что в пункте 3 переменная X найдется среди уже имеющихся, так что расширять словарь не потребуется. Заметим, что при изменении значения X в пункте 4, прежде чем заменить указатель новым значением, у старого «счетчик использований» (см. раздел 4) будет уменьшен

⁸ Если в памяти уже существует нужное для присвоения значение 2000, то пункты 1 и 2 выполняться не будут.

⁹ Строго говоря, компилятор текста программы в байт-код мог бы в качестве альтернативы организовать более короткий доступ к значениям: без промежуточного поиска по строковому имени.

на единицу. Это позднее позволит системе в случае нулевого счетчика освободить память, убрав такое неиспользуемое значение.

6. Несколько практических примеров

Практика показывает, что именно понимание механизмов работы программы отличает хорошего специалиста от посредственного ремесленника. Причем пока все идет хорошо, эти различия не так заметны. Зато при возникновении ошибки умение проанализировать, как именно компьютер выполняет отслеживаемую программу, приносит неоценимую пользу и существенную экономию времени [7, 9].

Для языка Питон, рассматриваемого в данной статье в качестве образца современного языка программирования, понимание внутреннего устройства переменных становится еще актуальнее по следующей причине. В связи с отсутствием четких описаний переменных, свойственных, скажем, Паскалю, компилятор Питона не имеет возможности заранее жестко контролировать текст программы на предмет типа присваиваемых переменным значений или применяемых к ним операций. В результате полученная программа может работать, но совсем не так, как задумал ее автор, а некоторым альтернативным способом. Нахождение ошибок в таких ситуациях часто отнимает много времени.

Ниже приводится несколько максимально простых примеров, подтверждающих этот тезис. Показано, что из-за ошибок или неточностей результат работы программы может неожиданно отличаться от того, что задумал программист.

Пример 1

Невнимательный школьник набрал следующую программу.

```
temp = 0
tem = temp + 1
x = 10 * temp
print(x)
```

При ее наборе он поторопился и сделал ошибку во второй строке, написав в левой части оператора имя переменной *tem* вместо *temp*. Программа все равно работает, только выдает неправильный ответ (0 вместо 10). Ошибки такого рода замечают далеко не все, но даже если ученик догадался, что ответ неправильный, найти такую простую, казалось бы, ошибку в тексте на экране удастся не каждому.

Пример 2

А теперь продемонстрируем пример, когда ошибка возникает из-за неаккуратного обращения с типами данных. И, к нашему сожалению, транслятор, не имея описаний типов переменных, не способен заметить ее вовремя.

Вот небольшой фрагмент программы.

```
a = 64
b = a/2
c = chr(b)
```

Казалось бы, здесь все просто: число 64 делится пополам, а получившееся значение 32 с помощью функции *chr()* преобразуется в символ (ожидается, что в пробел). Однако программа не работает, выдавая в последней строке сообщение о несоответствии типа аргумента функции.

Но истинная причина ошибки находится в предыдущей строке: там к целым числам применена операция «вещественного» деления; результат такой операции всегда является вещественным числом, даже если ответом является целое значение. В итоге компьютер, «не подозревая ничего плохого», запишет в переменную b вещественное значение, и только при попытке преобразовать вещественное число в символ ошибка станет фатальной и выполнение программы прекратится.

Замените операцию делением нацело ($b = a // 2$) и все заработает правильно.

Отметим, что в языке со строгими описаниями типов вроде Паскаля такая ошибка была бы обнаружена на этапе трансляции.

Пример 3

У начинающих осваивать Питон часто возникают ошибки, связанные с тем, что любая вводимая с клавиатуры информация является строкой. Если же требуется ввести число, то строку необходимо дополнительно преобразовывать. Вот пример типичной ошибки.

```
a = input()
b = input()
c = a + b
print(c)
x = c / 2
```

Пусть мы ввели 21 и 35. Но это пока не числа, а строки из цифр. Следовательно, результат сложения строк даст результат 2135 (а не 56, как было бы для чисел!) Более того, сумма по-прежнему остается строкой, а значит, при попытке вычислить x путем деления будет ошибка.

Пример 4

Не зная, как работает механизм ссылок, часто бывает трудно понять получаемый программой результат. Рассмотрим такой пример.

```
A = [1, 2, 3, 4]
B = A
A[0] = 0
print(A, B)
```

В приведенной выше программе ссылки на массивы A и B одинаковы. Следовательно, если поменять значение в одном из них, то это автоматически означает такое же изменение в другом. В итоге элемент $B[0]$ тоже станет равным нулю.

Заметим, что так получается только для массивов. Для простых переменных все работает по другой схеме, которая была описана ранее.

```
A = 1
B = A
A = 0
print(A, B)
```

Здесь B сохранит свое значение 1 (см. раздел 4).

В чем принципиальная разница между этими двумя случаями?

Напомним, что простые переменные являются неизменяемыми; для них присваиваемое значение создается в новом месте памяти и ссылка в переменной (во втором случае в переменной A) соответствующим образом изменяется. В результате A и B становятся разными.

Переменные, хранящие ссылку на списки, напротив, изменяемы. Хотя их значения состоят из заменяемых ссылок, но сама ссылка на весь список остается постоянной. В итоге в первом случае при присвоении нового значения $A[0]$ ссылки, хранящиеся в переменных A и B , не обновляются, а значит, $B[0]$ будет по-прежнему совпадать с $A[0]$.

7. Заключение

Таким образом, классические представления о переменных, заложенные в язык Паскаль, в настоящее время далеко не всегда позволяют понять, как ведут себя переменные в современных языках, таких как Питон. Конкретные примеры, подтверждающие это положение, приведены в разделе 6.

Для правильного и глубокого понимания поведения переменных необходимо дать школьникам некоторую модель этого понятия. В данной статье предлагается при рассмотрении проблемы уделять внимание в первую очередь особенностям хранения переменных в памяти.

Авторы считают, что даже в рамках преподавания вводного курса программирования учителя должны четко осознать суть понятия переменной. Это важно как для корректного изложения основных теоретических идей, так и для ответов на практические вопросы, неизбежно возникающие при поиске и исправлении ошибок в программах. В связи с этим очень полезны эксперименты по изучению идей хранения переменных, подобные описанным, например, в публикациях [1, 2, 4, 10, 11].



Список цитируемых источников

1. Еремин Е.А. Изучение средствами Delphi способов хранения в компьютерной памяти различных данных // Информатика («Первое сентября»). – 2010. – № 19. – С. 4–23.
2. Еремин Е.А. Представление информации в ЭВМ средствами Turbo Pascal // Информатика и образование. – 1999. – № 3. – С. 47–58.
3. Лин В. PDP-11 и VAX-11. Архитектура ЭВМ и программирование на языке ассемблера. – М.: Радио и связь, 1989.
4. Романов С. Использование памяти в Python [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/post/193890/> (дата обращения: 31.03.2019).
5. Столлингс В. Структурная организация и архитектура компьютерных систем. – М.: Вильямс, 2002.
6. Харрисон М. Как устроен Python. Гид для разработчиков, программистов и интересующихся. – СПб.: Питер, 2019.
7. Ben-Ari M. Constructivism in Computer Science Education // Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching. – 2001. – Vol. 20, № 1. – P. 45–73.
8. Burks A.W., Goldstine H.H., von Neumann J. Preliminary Discussion of the Logical Design of an Electronic Computing Instrument. – 1946 [Электронный ресурс]. – URL: http://research.microsoft.com/users/gbell/Computer_Structures_Readings_and_Examples/00000112.htm (дата обращения: 31.03.2019). [Русский перевод: Беркс А., Голдстейн Г., Нейман Дж. Предва-

рительное рассмотрение логической конструкции электронного вычислительного устройства // Кибернетический сборник. – М.: Мир, 1964. – Вып. 9. – С. 7–67].

9. Du Boulay B. Some Difficulties of Learning to Program // Journal of Educational Computing Research. – 1986. – Vol. 2, № 1. – P. 57–73.

10. Goldsborough P. Disassembling Python Bytecode [Электронный ресурс]. – URL: http://www.goldsborough.me/python/low-level/2016/10/04/00-31-30-disassembling_python_bytecode/ (дата обращения: 31.03.2019).

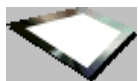
11. Golubin A. Python Internals: Arbitrary-precision Integer Implementation [Электронный ресурс]. – URL: <https://rushter.com/blog/python-integer-implementation/> (дата обращения: 31.03.19).

12. Holland S., Griffiths R., Woodman M. Avoiding Object Misconceptions // Proc. of the 28th SIGCSE Technical Symposium on CS Education. – 1997. – Vol. 29, № 1. – P. 131–134.

13. Jimoyiannis A. Using SOLO Taxonomy to Explore Students' Mental Models of the Programming Variable and the Assignment Statement // Themes in Science and Technology Education. – 2011. – Vol. 4, № 2. – P. 53–74.

14. Nikula U., Sajaniemi J., Tedre M., Wray S. Python and Roles of Variables in Introductory Programming: Experiences from Three Educational Institutions // Journal of Information Technology Education. – 2007. – Vol. 6. – P. 199–214.

15. Sajaniemi J. An Empirical Analysis of Roles of Variables in Novice-level Procedural Programs // Proc. of IEEE Symposia on Human Centric Computing Languages and Environments. – 2002. – P. 37–39.



УДК 004 (07)
ББК Ч426.32

И.В. Ильин, Е.В. Оспенникова

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАПРЕДМЕТНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ЗНАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОБЛАСТИ «ИНФОРМАТИКА»

Обсуждается проблема обеспечения метапредметных результатов обучения при реализации требований ФГОС на примере изучения прикладных (технических) вопросов образовательной области «Информатика». Раскрыто содержание составляющей технического знания в данной области. Приводится примерный перечень объектов компьютерной техники для изучения в курсе «Информатика и ИКТ» в средней общеобразовательной школе. Обоснована необходимость систематизации и обобщения технического знания, включая его метауровень. Обсуждается специфика реализации принципов дидактики при формировании у учащихся метатехнического знания. Изложены основные положения методики его формирования в курсе «Информатика» (средняя общеобразовательная школа, среднее профессиональное образование). Доказывается необходимость использования в обучении обобщенных алгоритмических предписаний изучения объектов техники (в том числе компьютерной) и применение средств ИКТ. Делается вывод о том, что комплексные знания о техносфере и каждом высокотехнологическом объекте в ее составе обеспечивают более высокий уровень технической культуры учащихся, результатом формирования которой являются глубокое понимание роли науки и человека в развитии современной техносреды и осознание возможных последствий технической деятельности социума.

К л ю ч е в ы е с л о в а : метапредметное знание, принципы дидактики, теория и методика обучения информатике, политехническая направленность обучения.

Знакомство молодого поколения с высокотехнологичной техникой в предметном обучении в средней общеобразовательной школе – важная часть общей политехнической подготовки современного школьника. На сегодняшний день изучение технических вопросов в рамках различных учебных дисциплин сводится к эпизодическому рассмотрению отдельных объектов техники, что не является достаточным в образовательном отношении. Должна ставиться комплексная задача формирования у учащихся системы знаний о техносфере в целом.

На важность политехнической направленности школьного обучения указывает действующий ФГОС общего среднего образования (от 17 мая 2012 г. № 413) [14]. Реализация политехнической направленности обучения обеспечивается содержанием целого ряда учебных предметов (рис. 1). Так, в рамках курса «Информатика и ИКТ» (базового, профильного), кроме прочих, ставится задача усвоения учащимися знаний об устройстве современных компьютеров, о тенденциях развития компьютерных технологий, базовых принципах организации и функционирования компьютерных сетей, способах и средствах обеспечения надежного функционирования средств ИКТ, умений соблюдать требования техники безопасности, гигиены и ресурсосбе-

режения при работе со средствами информатизации. Кроме того, на метауровне обобщения ставится задача сформированности представлений о роли компьютерных сетей в современном мире и вкладе информатики в формирование современной научной картины мира. Отмечается на необходимость формирования «...представлений о влиянии информационных технологий на жизнь человека в обществе и понимания социального, экономического, политического, культурного, юридического, природного, эргономического, медицинского и физиологического контекстов информационных технологий» [14, с. 15–16].



Рис. 1. Дисциплины, обеспечивающие политехническую направленность обучения в системе общего среднего образования

Кроме того, ФГОС общего среднего образования устанавливает требования к результатам освоения обучающимися основной образовательной программы, в том числе предметные, личностные и метапредметные. В частности, к метапредметным результатам относят, кроме прочих, формируемые «межпредметные понятия... умение использовать средства ИКТ в решении... задач с соблюдением требований эргономики, техники безопасности, гигиены, ресурсосбережения, правовых и этических норм, норм информационной безопасности...» [14, с. 5–7].

Важным результатом обучения должно стать формирование у учащихся предметного технического знания широкой степени общности (метатехнического знания (МТЗ)) [2, 3, 4, 12]. Знания этого уровня обеспечиваются становление у обучаемых *технической культуры (ТК)*, соответствующей современному этапу развития техносферы. Основу формирования метапредметного (метатехнического) знания в средней школе составляют такие учебные предметы, как «Физика», «Технология», «Информатика и ИКТ».

Рассмотрим основные положения методики формирования у учащихся метатехнического знания в курсах образовательной области «Информатика».

I. Комплексный подход к формированию содержания технического материала

Формирование у учащихся метатехнического знания будет обеспечено, если при изучении школьного курса «Информатика и ИКТ» будет реализован целенаправленный отбор материала прикладного характера в соответствии с представлениями о структуре техносферы

и структуре ее отдельных составляющих [3]. Такой подход ориентирован на формирование представлений учащихся о технической картине мира, создание «многогранного образа техносферы» (по А.Е. Забавникову) как высшего уровня обобщения технического знания.

Базой для формирования МТЗ является конкретное техническое знание и прежде всего знание о важнейших технических объектах (ТО), наполняющих техносферу. Отбор технических объектов для изучения следует проводить с учетом:

1) различных оснований классификации: ТО, имеющие различную естественнонаучную основу работы; ТО современных отраслей производства; ТО, отражающие ключевые направления НТП, на основе которых развивается (обновляется) существующая система производств (например, современная высокотехнологичная цифровая техника);

2) особенностей и тенденций развития техносреды повседневного окружения, а также региона, государства, мирового сообщества;

3) содержания стандартов образования по предмету и примерной программы по предмету «Информатика и ИКТ» для средней школы (основной, старшей).

Отбор материала для уже избранных для изучения объектов техники осуществляется на основе других критериев. Конкретное представление о критериях такого отбора дает обобщенный план изучения объекта компьютерной техники (ОКТ), разработанный на основе представлений о структуре техносферы и содержании ее составляющих (см. методическое положение III).

Ниже приведен примерный перечень ОКТ (более 100 единиц) для изучения в курсе «Информатика и ИКТ» (табл. 1).

Таблица 1

**Примерный перечень ОКТ для изучения в курсе «Информатика и ИКТ»
средней общеобразовательной школы**

Раздел	Тема	Объект компьютерной техники (ОКТ)
Информация и информационные процессы	Обработка информации	Технические средства обработки данных
	Передача информации	Технические средства передачи данных
	Хранение информации	Технические средства хранения данных
Кодирование информации	Дискретность	Аналоговые компьютеры и устройства Усилитель постоянного тока для аналоговых машин
	Кодирование графической информации	Фильтр Байера
	Кодирование звуковой и видеoinформации	Аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) Цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) Микрофон, динамик, аудио- и видеотехника
	Кодирование числовой информации Системы счисления	Тройная ЭВМ
Логические основы компьютеров	Логические элементы компьютера	Базовые логические элементы НЕ, И, ИЛИ Логические элементы И-НЕ, ИЛИ-НЕ и др. Триггер Полусумматор, сумматор
Компьютерная арифметика	Операции с вещественными числами	Математический сопроцессор

Продолжение табл. 1

Устройство компьютера	История развития вычислительной техники	Счетная машина Лейбница Счетная машина Паскаля Абак Машина Бэббиджа Машина Холлерита Станок Жаккарда Арифмометр Колмера Арифмометр «Феликс»
	Поколения ЭВМ	Электронно-вакуумная лампа Транзистор Интегральная микросхема Мэйнфрейм Большие и сверхбольшие интегральные схемы (БИС, СБИС) Микропроцессор Многопроцессорные системы Многоядерные процессоры Суперкомпьютер Проект компьютера V поколения Квантовые компьютеры Оптические компьютеры Биокомпьютеры
	Магистрально-модульная организация ЭВМ	Шина (или магистраль) Контроллер
	Процессор	АЛУ УУ Генератор тактовых импульсов
	Память	Внутренняя память (ОЗУ, ПЗУ) Память на триггерах (статическая) Память на полупроводниковых конденсаторах (динамическая) Кеш-память Регистр Внешняя память: перфоленты, перфокарты, магнитные ленты, магнитные диски, оптический диск, флеш-память, HDD, SSD
	Устройства ввода	Клавиатура Манипулятор Сканер Микрофон Цифровая камера Графический планшет Сенсорный экран
	Устройства вывода	АЦПУ Плоттер Монитор с электронно-лучевой трубкой ЖК-монитор Плазменный экран Светодиодный экран Принтеры (матричные, струйные, лазерные, сублимационные и др.)
Моделирование	Компьютерное моделирование	3D-принтер Станок с ЧПУ Тренажеры виртуальной реальности

Окончание табл. 1

Компьютерные сети	Основы сетей передачи данных	Аппаратные устройства сетей с коммутацией каналов Аппаратные устройства сетей с коммутацией пакетов Клиент Сервер Терминальный сервер Радиопередатчик и радиоприемник Электронный усилитель для аналоговых систем Фильтр радиоприемника Радиотелефонная связь GPS-навигация Точка доступа Wi-Fi Точка Bluetooth Сетевая карта Коннектор Сетевой кабель: коаксиальный, витая пара Волоконно-оптические линии связи Концентратор Коммутатор Маршрутизатор Модем Сплиттер
Информационная безопасность	Шифрование	Шифровальная машина Аппаратные средства защиты информации
ИКТ	Искусственный интеллект. Нанотехнологии	Робототехника (в том числе образовательная [7]) Системы компактного хранения информации (по Р. Фейману) Нанотехника (хранение и обработка информации)

II. Вариативность логики формирования МТЗ (индуктивный и дедуктивный подходы)

Конкретные технические знания составляют основу формирования у учащихся обобщенных технических понятий. Метатехническое знание образуют следующие технические понятия: техносфера, техника (технические объекты и их виды, технологические процессы, техническое знание и его виды, техническая деятельность и ее виды), система отношений «общество (человек) – техника – природа» и следствия технической деятельности (изменения в природе и социуме), технический менталитет общества, техническая культура. Каждое из этих понятий имеет собственную структуру и включает в себя понятия меньшей степени общности (см. структуру МТЗ [3]). Возможны два подхода к формированию у учащихся метатехнического знания.

Индуктивный подход (от частного к общему). Обучение при данном подходе осуществляется в три этапа.

Первый этап связан с началом изучения курса «Информатика и ИКТ» и включает в себя приобретение учащимися начальных представлений о роли естественных наук в развитии техники и последовательное изучение в рамках первых учебных тем некоторой совокупности технических объектов (ТО). Учитель организует деятельность учащихся по изучению объектов техники на основе обобщенного плана, отражающего все составляющие структуры техносферы на доступном для учащихся уровне. При последовательном изучении различных ТО на основе обобщенного плана осуществляется системное накопление конкретных знаний о каждой составляющей техносферы, что позволит школьникам впоследствии подойти к осознанию общей струк-

туры техносферы и освоить содержание технических понятий широкой степени общности. Первый этап обучения относится к начальной и основной школе (1–9-й классы).

Второй этап включает в себя проведение обобщающих занятий в конце учебного раздела/темы (и/или в конце обучения в 9-м классе). Цель обобщающих занятий – систематизировать и обобщить конкретные технические знания учащихся и в итоге дать им общие представления о техносфере и особенностях ее развития. Анализ каждой составляющей техносферы осуществляется в определенной последовательности: общая характеристика, описание структуры, иллюстрация на примере конкретных ТО, уже известных учащимся, и (возможно) некоторых новых. Для обобщающих занятий подбираются материалы по таким объектам техники, которые позволяют наиболее полно и ярко, доступно и интересно раскрыть содержание составляющих техносферы, продемонстрировать учащимся современный уровень и перспективы ее развития.

Третий этап связан с уточнением и конкретизацией технических понятий, образующих МТЗ. Это происходит при изучении последующих разделов курса «Информатика и ИКТ» (10–11-й классы). Последовательное изучение объектов техники в старшей школе способствует постепенному наполнению конкретным знанием еще не вполне «сложившихся» в сознании учащихся обобщенных представлений о техносфере и ее понятийном аппарате. Уточняются объем технических понятий, связи и отношения между понятиями разной степени общности. Завершается третий этап обобщающими занятиями (в конце обучения в 11-м классе), на которых раскрываются все компоненты метатехнического знания (структура и содержание основных составляющих техносферы, факторы и закономерности ее развития, следствия и прогнозы технической деятельности социума и их комплексная оценка, роль науки в эффективном развитии техносферы и социума, а также сохранении биосферы Земли).

Дедуктивный подход (от общего к частному). Обучение при данном подходе также осуществляется в три этапа.

На первом этапе обучения, в начале изучения курса «Информатика и ИКТ», на вводном занятии учащимся в доступной форме демонстрируется общая структура техносферы, раскрывается содержание основных составляющих техносферы и дается их краткая обобщенная характеристика. Вводится и анализируется обобщенный план изучения конкретных ТО.

С целью иллюстрации содержания обобщенного плана на вводном занятии используются учебные материалы по конкретным ТО, известным школьникам из повседневной практики. Уровень изложения метатехнической информации должен быть максимально простым и доступным, сопровождаться наглядными и убедительными примерами.

На втором этапе преподаватель организует деятельность учащихся по освоению объектов техники на основе обобщенного плана. Такой подход позволяет конкретизировать представления учащихся о содержании и обобщенных характеристиках составляющих техносферы. Постепенно учащиеся выходят на новый уровень знаний о техносфере и содержании ее составляющих (наполненный, конкретизированный). Первый и второй этапы обучения рекомендуется связывать с основной школой (7–9-й классы).

Третий этап связан с организацией занятий обобщающего повторения. Эти занятия целесообразно проводить в конце 9-го и 11-го классов. Цель занятий – уточнить на основе имеющихся у учащихся конкретных знаний о ТО, их месте и роли в социуме приобретенные на первом этапе обучения первоначальные представления о структуре и содержании техносферы.

В рамках этих обобщающих занятий раскрывается структура всех блоков обобщенного плана изучения технического объекта. Приводятся наиболее яркие и доступные пониманию учащихся примеры по конкретным ТО с целью иллюстрации содержания обобщенного плана. Сформированные ранее понятия метатехники наполняются обновленным конкретным содержанием, вновь уточняется их содержание и объем. В рамках заключительных занятий целесообразно организовать работу учащихся по подготовке рефератов и докладов для устных выступлений.

Выбор логики формирования МТЗ определяется уровнем готовности учащихся, профилем обучения, отчасти методическими предпочтениями учителя и его профессиональным опытом.

III. Применение при изучении вопросов техники обобщенных алгоритмических предписаний

В педагогических исследованиях уже были предприняты попытки обобщенного подхода к описанию объектов техники и технической деятельности (П.Р. Атутов, В.П. Беспалько, В.А. Поляков, В.С. Леднев, А.Я. Сова, С.У. Калюга, А.А. Шаповалов и др.). Вместе с тем предложенные ранее планы охватывают далеко не все аспекты изучения объектов техники. Ниже приведен обобщенный план изучения объекта компьютерной техники, разработанный на основе представлений о составляющих техносферы и их обобщенной структуре [1, 9]. Это позволяет изучить содержательные линии [6, 8, 10, 11, 13] курса «Информатики и ИКТ» через изучение ОКТ по представленному ниже ОП (табл. 2).

Таблица 2

Обобщенный план изучения объекта компьютерной техники (ОКТ) в курсе «Информатика и ИКТ»

Категория знания	Содержание
I. Научно-технические знания об объекте	1. Назначение и область применения объекта компьютерной техники (ОКТ), в том числе отрасли производства и промышленные технологические процессы. Тип ОКТ согласно классификации техники 2. Основные части (устройство) ОКТ и их назначение 3. Алгоритмы процессов функционирования ОКТ (взаимодействие основных элементов устройства и последовательность протекания процессов, определяющих это взаимодействие). Элементы реализации алгоритмов управления (блок схема, программа, псевдокод, естественный язык) 4. Краткая историческая справка об изобретении ОКТ
II. Рецептурно-технические знания об объекте	5. Общие правила использования ОКТ (правила обращения) и формируемые на этой основе нормы «технического поведения» человека. Обоснование необходимости соблюдения правил использования ОКТ как нормы поведения 6. Способы и приемы применения ОКТ в трудовой и повседневной деятельности (специфика правил работы с ОКТ в связи с конкретной областью применения; инструктивные указания применения ОКТ в конкретной сфере деятельности)
III. Знания о системе взаимодействий «общество – техника – природа» при использовании объекта	7. Демонстрация влияния ОКТ как посредника и источника формирования определенного типа взаимодействия: а) «техника → природа», б) «природа → техника», в) «техника → человек», г) «человек → техника», д) «техника → общество», е) «общество → техника»
IV. Знания о влиянии менталитета социума на жизненный цикл объекта	8. Факторы влияния менталитета (потребностей, мотивов, устремлений) социума (различных социальных групп) на развитие техносферы

Описание ОКТ по данному обобщенному плану может быть как очень пространным, так и вполне лаконичным. Выбор уровня глубины и полноты описания ОКТ на основе обобщенного плана определяется уровнем образования, профилем обучения и степенью познавательной подготовки учащихся. Важно отметить, что данный план является «инструментом» методической работы учителя (подготовка к учебным занятиям, разработка учебных материалов для самостоятельной работы учащихся, определение тематики реферативных работ, планирование работы учащихся по отдельным направлениям ИТ-подготовки и др.).

Содержание и последовательность изучения материала прикладной направленности (от элементов ОКТ до сложных программно-технических систем) должны соответствовать основному курсу «Информатика и ИКТ». Важно обеспечить органическую взаимосвязь технического материала с содержанием основного курса информатики, не нарушив систему и логику его освоения учащимися.

Изложение учебного материала о техническом объекте на основе обобщенного плана обеспечивает: полноту представления информации о конкретных ТО как объектах техносферы; демонстрацию их места и роли в современной техносфере; систематизацию и обобщение технического знания (о конкретных ТО, компонентах техносферы и техносфере в целом); рациональную и эффективную организацию самостоятельной деятельности учащихся по изучению ТО; методически грамотное руководство работой учащихся по изучению объектов техники [2].

Обобщенные планы технической деятельности (а также отдельных наиболее сложных технических операций) составляют основу формирования у учащихся представлений о нормах технического поведения и деятельности в современной техносфере.

IV. Учет специфики реализации принципов дидактики при формировании у учащихся МТЗ

Организация учебного процесса по освоению учащимися конкретных вопросов техники и содержания метатехнического знания должна осуществляться в соответствии с основными принципами дидактики, определяющими общие закономерности организации учебного процесса. Вместе с тем для некоторых из принципов методы и приемы их реализации требуют уточнения в соответствии с задачами и особенностями формирования у учащихся метатехнического знания.

Принцип научности. Учебный материал прикладной направленности должен соответствовать современному этапу развития техносферы, учитывать достижения науки и техники. Как отмечается в федеральном государственном образовательном стандарте среднего (полного) общего образования [14] в рамках курса информатики (базового, профильного), кроме прочих, ставится задача усвоения учащимися знаний об устройстве современных компьютеров, о тенденциях развития компьютерных технологий, базовых принципов организации и функционирования компьютерных сетей, способах и средствах обеспечения надежного функционирования средств ИКТ, умений соблюдать требования техники безопасности, гигиены и ресурсосбережения при работе со средствами информатизации. Кроме того, на метауровне обобщения ставится задача формирования представлений о «роли компьютерных сетей в современном мире и вкладе информатики в формирование современной научной картины мира... влиянии информационных технологий на жизнь человека в обществе и понимания социального, экономического, политического, культурного, юридического, природного, эргономического, медицинского

и физиологического контекстов информационных технологий». Систематизация и обобщение конкретного знания об объектах компьютерной техники на метауровне обобщения требует от учителя знания философских и социально-экономических основ развития техники, владения терминологическим аппаратом метатехники.

Принцип доступности. Содержание прикладного учебного материала (конкретные и метазнания, глубина освоения и объем), методы, формы и средства обучения должны удовлетворять возрастным особенностям учащихся, уровню их развития и быть доступными для понимания. Учебный материал и методы его освоения должны соответствовать «зоне ближайшего развития» учащихся. Допустимы различные уровни освоения естественнонаучных основ работы ОКТ (объем и глубина):

- 1) *полный, в рамках одной темы;*
- 2) *полный, в рамках совокупности учебных тем;*
- 3) *частичный, как в рамках одной темы, так и в рамках совокупности тем.*

Для реализации какого-либо из этих уровней необходимо первоначально выделить все наиболее значимые естественнонаучные явления и законы, лежащие в основе принципа действия ОКТ как сложной системы взаимосвязанных элементов (основных, второстепенных). Далее следует определить, какие из них целесообразно рассмотреть в качестве основы работы объекта в рамках выбранной темы. Выбор определяется этапом обучения, уровнем подготовленности школьников к восприятию учебного материала, реализуемой вариативной практикой обучения (базовый курс, курс по выбору, элективный курс, факультатив и др.).

При систематизации и обобщении технических знаний следует с целью повышения доступности изложения использовать средства инфографики (ИГ) (см. далее принцип наглядности). Инфографика позволяет в сжатом систематизированном виде и доступными для понимания средствами раскрыть учащимся содержание как конкретных, так и общих технических понятий. Усвоение материала будет выше, если сочетать индуктивный и дедуктивный подходы в освоении учащимися метапредметного знания.

Принцип наглядности. Традиционные способы реализации принципа наглядности в обучении учащихся включают использование натуральных ОКТ, их макетов и моделей, а также плакатов, схем и видеофильмов, демонстрирующих внешний вид, внутреннюю структуру ОКТ, особенности его работы. Возможна наглядная демонстрация использования ОКТ в различных сферах деятельности (показ видеофильмов и анимаций, проведение экскурсий).

Для демонстрации ОКТ можно вполне эффективно использовать потенциал виртуальной среды (визуализация ОКТ с помощью компьютерной графики, показ видеоматериалов, анимации, моделей, в том числе интерактивных). Достоинством виртуальной среды является возможность наглядной демонстрации скрытых от прямого наблюдения внутренней структуры ОКТ, процессов его функционирования.

Следует отметить, что компьютерные анимации и модели представляют собой средства динамической, в целом ряде случаев интерактивной наглядности, что, безусловно, способствует более глубокому и прочному усвоению учебной информации.

Указанные средства наглядности позволяют полно и с необходимой степенью ясности донести до учащихся конкретное техническое знание.

При решении задачи систематизации и обобщения конкретных технических знаний полезно использовать инфографику: таблицы, диаграммы и графики различных типов, качественные ИГ-визуализации (дерево, ментальные карты, формализованные структурные диаграммы, тематические карты, картограммы, стиль комикса, формализованные и неформализованные блок-схемы, иконические и символические пиктограммы и др.).

Визуализация системы знаний об ОКТ при использовании ИГ может осуществляться как традиционным образом (рисунки, схемы и др.), так и с помощью виртуальных объектов различных медиаформатов (интерактивная графика, гипермедиа технологии, zoom-технологии) согласно принципам мультимедийного обучения. Достоинством виртуальной среды является возможность в полном объеме и динамике представить всю систему знаний об ОКТ и показать взаимосвязи между элементами системы знаний.

Принцип сознательности и активности. Сознательное усвоение знаний учащимися зависит от ряда условий: наличия мотивов учения, связанных с ними уровня и характера познавательной активности учащихся, а также применяемых учителем методов и средств обучения, общей организации учебно-воспитательного процесса [5]. Кроме того, сознательному усвоению материала способствует понимание его значимости, ясное видение целей учебной работы.

Констатирующий эксперимент показал, что учащиеся проявляют большой интерес к изучению ОКТ на занятиях по информатике. Это позволяет вполне успешно организовывать работу учащихся по их изучению. Однако познавательная активность вскоре снизится, если не предложить учащимся для самостоятельной работы интересные учебные задания прикладной направленности (в том числе с использованием современных гаджетов, объектов образовательной робототехники). Система заданий должна включать работу школьников с различными источниками информации, обеспечивать развитие самостоятельности учащихся. Важной характеристикой этой системы должно быть наличие в ней заданий как по работе с конкретным техническим материалом, так и ориентированных на систематизацию и обобщение технического знания, на усвоение технических понятий широкой степени общности.

При изучении технического материала необходимо сочетать пассивные, репродуктивные и активные методы обучения. Так, например, при изучении устройства, алгоритмов работы, рецептурно-технических знаний об ОКТ должны применяться активные методы обучения. Пассивные и репродуктивные методы обучения чаще используются при освещении прочих составляющих системы знаний о ОКТ (экологические, социально-экономические следствия применения техники, влияние техники на здоровье человека, его менталитет и др.).

Важным условием сознательности и активности учащихся является создание педагогических ситуаций самоконтроля и самооценки уровня их технической подготовки. Это обеспечивается разработкой и использованием в учебном процессе контрольно-измерительных материалов, позволяющих учащимся оценить уровень их технического знания (конкретный и метауровни усвоения). С целью самоконтроля полезны и интересны для учащихся интерактивные мультимедиа тесты по вопросам техники (для входного, текущего и итогового этапов обучения).

Принципы систематичности и последовательности. Систематичность в изучении вопросов техники, с одной стороны, обеспечивается целенаправленным и запланированным с необходимой периодичностью изучением материала технического содержания, позволяющим школьникам приобрести необходимый объем знаний о составляющих современной техносферы,

с другой – связана с доведением накопленного конкретного технического знания до уровня организованной в сознании учащихся структуры (системы), со свойственными ей связями и иерархией элементов, соотношений частного (конкретного) технического знания и его обобщений разного уровня, в том числе на метауровне.

Первая задача решается за счет выбора и организации учителем одной из вариативных практик освоения вопросов техники и реализации соответствующей программы обучения (например, программы курса по выбору для основной школы и элективного курса для старшей школы). Решение второй задачи основано на использовании различных способов и приемов систематизации и обобщения материала технического содержания, а именно: структурирования технического материала по разным основаниям, демонстрации структуры технического знания с применением традиционных средств визуализации системы знаний (таблицы, графы, опорные конспекты и сигналы, схемы, знаково-описательные, логико-смысловые модели представления информации), а также применения средств ИКТ.

Итогом реализации принципа систематичности в обучения являются сформированные у учащихся ключевые метапонятия и способность видеть любой ОКТ в структуре техносферы, готовность к самостоятельной систематизации и обобщению прикладного технического знания.

Принцип связи теории с практикой. Готовность к практической деятельности является одним из важнейших критериев качества обучения школьников. Недооценка прикладного материала в школьных дисциплинах приводит к формализму в знаниях и оторванности их от жизни. В общем случае реализация связи теории с практикой в курсе информатики осуществляется в том числе и через изучение вопросов компьютерной техники: алгоритмов работы ОКТ, способов и приемов их использования в соответствующих сферах деятельности. Как известно, реализация принципа связи теории с практикой обеспечивается не только через содержание обучения, но и через соответствующие методы обучения и формы его организации. В связи с этим является целесообразным организация различных видов деятельности (наблюдений за ОКТ и процессом их работы; выполнение заданий с применением ОКТ, а также проблемно-поисковых и исследовательских заданий с элементами изобретения и рационализации; решения задач, связанных природоохранной практикой и др.). Существенный вклад в это направление учебной работы, согласно традиционной дидактике, вносит разнообразие форм учебных занятий, направленных на знакомство с применением полученных знаний на практике (экскурсии в технопарки, лабораторные работы технической направленности, практикумы по моделированию и конструированию, конкурсы технического творчества учащихся по образовательной робототехнике и др.).

V. Уровневый подход к освоению МТЗ и вариативные практики обучения

Содержание вопросов прикладного характера в обучении предмету «Информатика и ИКТ» может быть представлено в учебном процессе в разном объеме и с различной степенью глубины и сложности изложения. Это определяется выбором вариативной практики обучения.

Первый уровень – наличие ограниченного круга преимущественно конкретных технических знаний, отсутствие обобщенных представлений о техносфере и ее компонентах.

Второй уровень – наличие более развитой системы конкретных технических знаний, базовый уровень сформированности обобщенных представлений об отдельных составляющих техносферы.

Третий уровень – наличие развитой системы конкретных технических знаний, представлений о структуре техносферы и обобщенной структуре ее отдельных составляющих. Для третьего уровня МТЗ характерны формирование у учащихся представлений о современной технической картине мира (ТКМ) и развитие глобального технического мышления.

Отметим, что каждый из последующих уровней включает в себя результаты предыдущих. Мы полагаем, что основная часть учащихся к концу обучения в средней школе должны достичь 2-го уровня развития. Переходная фаза (2-й → 3-й уровни) характерна для школьников, интересующихся современной компьютерной техникой. Третий уровень – это уровень подготовки учащихся, активно занимающихся самообразованием, посещающих элективные и факультативные курсы по технике, технические кружки и занятия системы дополнительного образования.

В рамках основного курса «Информатика и ИКТ» средней школы формирование МТЗ в полной мере – достаточно трудноосуществимая задача. Сложность ее решения зачастую связана с временными ограничениями. Вместе с тем в основном курсе физики средней школы все же могут рассматриваться базовые элементы МТЗ. Совокупность знаний о техносфере должна изучаться в составе основной учебной программы в органичной связи с изучением основных частей (устройства), алгоритмов функционирования ОКТ (процесс функционирования – взаимодействие основных элементов устройства и последовательность протекания процессов, определяющих это взаимодействие), элементов программной реализации алгоритмов управления, а также выступать в качестве дополнительной информации к учебному материалу.

Курсы по выбору в основной школе и элективные курсы в старшей школе на сегодняшний день представляют существенное подспорье в реализации принципа политехнизма. Элективные курсы технической направленности достаточно четко обозначили себя в настоящее время как самостоятельное направление в реализации составляющих принципа политехнизма. Ключевой особенностью политехнической подготовки учащихся в этом случае является возможность освоения МТЗ как системы знаний о техносфере и закономерностях ее развития. Достаточность учебного времени в рамках элективных курсов позволяет подробно рассматривать широкий спектр ТО и их место в структуре современной техносферы, осуществлять систематизацию и обобщение технических знаний учащихся в заключительном цикле каждого курса, вводить и развивать понятия метатехники.

Во внеурочной деятельности в составе целого ряда ее направлений выделяются научно-познавательное направление и проектная работа школьников. В рамках этих направлений могут быть вполне успешно организованы занятия, связанные с политехнической подготовкой учащихся. Особенностью внеурочных занятий является включение учащихся в активную деятельность по выполнению практических заданий и творческих проектов. Данную учебную практику трудно связать с целенаправленной работой по формированию у учащихся МТЗ как системы знаний. Тем не менее она является базой для накопления фактических знаний о технике, приобретения опыта технической деятельности, которые впоследствии могут подлежать систематизации и обобщению в предметных курсах или элективных курсах. В результате может быть обеспечено освоение на разных уровнях различных составляющих МТЗ с учетом интересов и склонностей учащихся.

Система самообразования, сопровождающаяся дистанционными технологиями поддержки обучения, базируется на организации самостоятельной познавательной и практической дея-

тельности учащихся. В этом случае источниками информации для учащихся преимущественно являются учебники разных авторских коллективов, дополнительная литература по прикладным (техническим) вопросам, образовательные сайты Интернета, ЭОР (CD/DVD) ресурсы по технике. Применение дистанционных технологий позволяет осуществлять дидактическое сопровождение самообразования школьников в форме консультаций и координирования последовательности, объема и сложности работы. В содержании учебных материалов дистанционной формы поддержки самообразования может быть в полном объеме реализована методика формирования у учащихся метатехнического знания. Следует отметить, что данная практика обучения ориентирована только на тех школьников, которые проявляют интерес к технике.

Комбинированная практика обучения предполагает различные сочетания приведенных выше практик политехнической подготовки учащихся. Самой распространенной комбинацией является сочетание основного курса и курсов по выбору. Данное сочетание обеспечивает наибольший успех в политехнической подготовке учащихся в целом и формировании МТЗ в частности.

VI. Применение в обучении средств ИКТ

С целью предъявления технического знания, его систематизации и обобщения, а также организации деятельности учащихся по изучению вопросов техники вполне успешно может быть использована виртуальная образовательная среда (рис. 2–7). Учащиеся могут быть привлечены к разработке цифровых ресурсов, иллюстрирующих различные технические аспекты изучения и освоения компьютерной техники.



Рис. 2. Компьютерная анимация «I поколение ЭВМ». «Информатика. Библиотека электронных наглядных пособий»

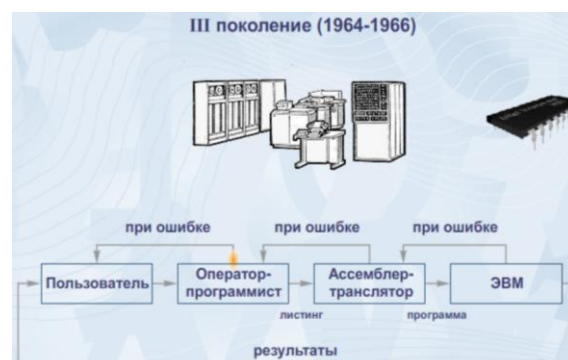


Рис. 3. Компьютерная анимация «III поколение ЭВМ». «Информатика. Библиотека электронных наглядных пособий»

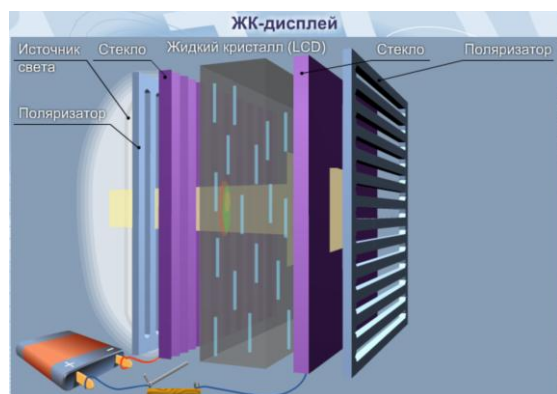


Рис. 4. Компьютерная анимация «ЖК-дисплей». «Информатика. Библиотека электронных наглядных пособий»

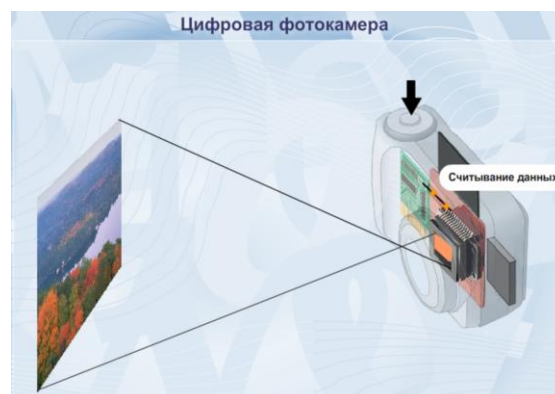


Рис. 5. Компьютерная анимация «Цифровая фотокамера». «Информатика. Библиотека электронных наглядных пособий»

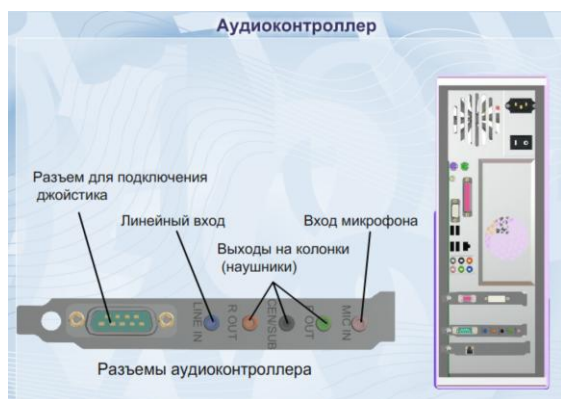


Рис. 6. Компьютерная анимация «Аудиоконтроллер». «Информатика. Библиотека электронных наглядных пособий»

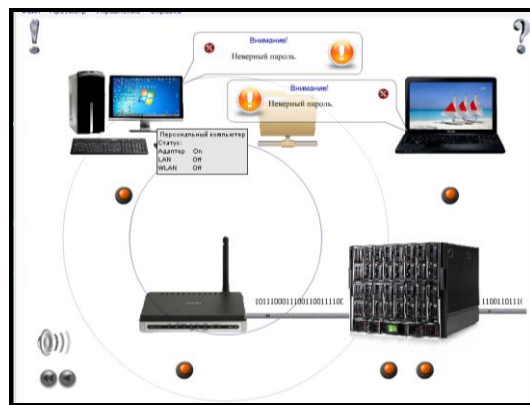


Рис. 7. Компьютерная модель «Точка доступа Wi-Fi». «Лаборатория ЦОР и педагогического проектирования, ПГГПУ, г. Пермь»

VII. Ориентация учебного процесса на комплексный образовательный результат (предметный, метапредметный, личностный)

Обновленный подход к изучению вопросов техники в предметном обучении средней школы (в том числе в курсе «Информатика и ИКТ») находит отражение в конкретных результатах обучения: общих и частных предметных, метапредметных и личностных (см. ФГОС). В связи с этим в данном контексте имеет смысл уточнить основные результаты политехнической подготовки учащихся по дисциплине «Информатика и ИКТ» как следствия целенаправленного формирования у них метатехнического знания:

Частные предметные результаты: 1) знания о важнейших научных закономерностях, используемых в «объектах компьютерной техники»; 2) понимание естественнонаучных основ работы наиболее распространенных видов современной компьютерной техники и способов обеспечения безопасности их использования.

Общие предметные результаты: 1) осознание учащимися связи и взаимовлияния науки и техники; понимание того, что развитие техники возможно благодаря развитию естественнонаучных дисциплин; 2) знания об основных технических приложениях естественной науки; 3) знания о различных аспектах взаимодействий «общество (человек) – техника – природа» и их следствий; 4) приобретение умений в решении типовых практических задач, связанных с использованием предметных и технических знаний в различных видах учебной деятельности по предмету, осознание и готовность к освоению общих моделей технического поведения и деятельности в рамках конкретного учебного предмета.

Метапредметные результаты: 1) овладение системой знаний о технике на метауровне их систематизации и обобщения – формирование метатехнического знания (системы знаний о техносфере и закономерностях его развития); 2) приобретение обобщенных умений в решении практических задач, связанных с использованием технических знаний в различных видах деятельности; 3) развитие представлений об общих нормах и моделях технического поведения и деятельности в различных сферах социальной практики.

Личностные результаты: 1) развитие представлений учащихся о современной технической картине мира (ТКМ) как составляющей мировоззрения учащегося; 2) формирование адекватной оценки системы взаимодействий «общество (человек) – техника – природа» с учетом

возможных следствий этих взаимодействий; развитие рационального отношения к техносфере на основе понимания региональных и глобальных проблем современности, связанных с технической деятельностью общества; 3) становление ценностно-мировоззренческих, нравственных и эстетических качеств личности учащегося в контексте их отношения к окружающей биотехносфере; 4) формирование интереса к науке и технике; 5) развитие технического мышления (анализ, синтез, обобщение, абстрагирование, конкретизация и др.); 6) развитие технической культуры (технической грамотности и компетентности), готовности к соблюдению норм технического поведения и деятельности; 7) развитие мотивации к деятельности по техническому самообразованию и последующему выбору технической профессии.

Важной составляющей данного подхода к реализации принципа политехнизма является его соответствующее учебно-методическое обеспечение.

В ходе настоящего исследования разрабатывается учебно-методическое обеспечение к курсу по выбору для основной школы и элективному курсу для старшей профильной школы «Объекты современной техносферы», ориентированному на формирование у учащихся системы технического знания (конкретного, обобщенного, в том числе метатехнического). В его состав входят:

1) рабочие программы (общие положения, цели и задачи, требования к обязательному минимуму содержания программы, взаимосвязь с основными учебными курсами, требования к обязательному объему учебных часов на изучение курса, требования к обязательному уровню и объему подготовки учащихся по курсу, список литературы и цифровые ресурсы, формы текущего и итогового контроля, методические рекомендации учителю);

2) электронный образовательный ресурс «Объекты современной техносферы», поддерживающий формирование у учащихся системы конкретного технического знания и МТЗ в предметном обучении.

Итогом обновленного подхода к формированию у учащихся системы технического знания в предметном обучении являются новообразования в содержании их технической культуры. Сформированные у учащихся конкретные и обобщенные технические знания, включая метатехническое знание, образуют более совершенную базовую составляющую их технической культуры.

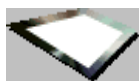


Список цитируемых источников

1. Ильин И.В. Обучение студентов педагогического вуза формированию у учащихся метатехнического знания в учебном процессе по физике: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02. – Пермь, 2013. – 421 с. : ил.

2. Ильин И.В., Оспенникова Е.В. Систематизация и метауровень обобщения технического знания как одно из направлений реализации принципа политехнизма в обучении физике // European Social Science Journal. – 2012. – № 3 (19). – С. 111–118.

3. Ильин И.В., Оспенникова Е.В. Формирование системы метатехнического знания как базовой составляющей технической культуры современного школьника // Педагогическое образование в России. – 2011. – № 3. – С. 208–216.
4. Имамичи Т. Моральный кризис и метатехнические проблемы // Вопросы философии. – 1995. – № 3. – С. 73–82.
5. Коджаспирова Г.М., Коджаспиров А.Ю. Словарь по педагогике. – М.: MapT, 2005. – 448 с.
6. Кузнецов А.А. Общая методика обучения информатике. Ч. 1: учеб. пособие для студентов пед. вузов. – М.: Прометей, 2016. – 300 с.
7. Оспенникова Е.В., Ершов М.Г. Образовательная робототехника как инновационная технология реализации политехнической направленности обучения физике в средней школе // Педагогическое образование в России. – 2015. – № 3. – С. 33–40.
8. Подготовка кадров высшей квалификации по методике обучения информатике [Электронный ресурс]: метод. пособие / А.С. Захаров [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – М.: Прометей, 2016. – 244 с. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/58171.html>
9. Принцип политехнизма в обучении физике: современная интерпретация и технологии реализации в средней школе: моногр. / Е.В. Оспенникова, И.В. Ильин, М.Г. Ершов, А.А. Оспенников; [под общ. ред. Е.В. Оспенниковой]; Перм. гос. гуманитар.-пед. ун-т. – Пермь, 2014. – 504 с.
10. Рихтер Т.В. Избранные вопросы методики преподавания информатики: метод. пособие. – Соликамск: Соликам. гос. пед. ин-т, 2010. – 115 с.
11. Софронова Н.В. Теория и методика обучения информатике. – М.: Высш. шк., 2003. – 186 с.
12. Тавризян Г.М. «Метатехническое» обоснование сущности техники М. Хайдеггером (Научно-технический прогресс в оценке буржуазных философов) // Вопросы философии. – 1971. – № 12. – С. 122–130.
13. Теория и методика обучения информатике / М.П. Лапчик, И.Г. Семакин, Е.К. Хеннер и др.; под ред. М.П. Лапчика. – М.: Академия, 2008. – 592 с.
14. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования (от 17 мая 2012 г. № 413). – М., 2012. – 45 с.



УДК 336.74 (07)
ББК У050

О.И. Мухин

ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: ЦЕЛИ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА. ЧАСТЬ 1

Для успешного построения цифровой экономики необходимо преодоление современного кризиса управления, связанного с резким ростом сложности производственных, экономических, социальных систем. Это требует как формализации мышления, так и последующей автоматизации дисциплины мышления, резко повышающей в итоге производительность общественного труда. Основой и единицей мыследеятельности является модель.

К л ю ч е в ы е с л о в а : цифровая экономика, усилители, искусственный интеллект, Интернет 2.0, технологии мышления, автоматизация управления, моделирование.

1. Усилители и этапы развития цивилизации

Человек выделился из мира природы, где он хуже всех бегал, прыгал, видел, слышал, благодаря своей способности изобретать и использовать *усилители*. Очки, бинокль, телескоп, радиотелескоп, телега, автомобиль, самолет, ракета – все это ряды усилителей, демонстрирующие *увеличение коэффициента усиления* возможностей человека (КПД). К пятому этапу технологического развития общества люди сумели усилить собственные способности в 10 000 раз и благодаря этому создали все, что мы видим вокруг, – цивилизацию.

Река образуется и течет, куда ей предписывают физические законы и параметры окружающей среды. Человек выкапывает отводной канал, ставит водяное колесо, передает вращение колеса на генератор, передает энергию на большие расстояния в любых направлениях. Изгибает провода, делит и преобразует энергию посредством трансформаторов и переключателей. И вот в квартире скромное усилие при нажатии пальцем выключателя приводит в действие освещение и нагрев мощностью в сотни ватт, гарантируя результат здесь и сейчас, защищая нас от превратностей слепой природы.

Были пройдены *дикость* (здесь человек находится один на один с природой), *аграрное* общество, где усилителями стали орудия труда (мотыги, рычаги, колеса), *промышленное* общество с машинами, манипулирующими этими орудиями труда, *индустриальное* общество, где уже машины делали машины, которые манипулировали орудиями труда. В результате такой надстройки человек получал все больше благ из природы со все меньшими при этом собственными усилиями.

При переходе от одного общества к другому КПД неизменно вырастал в 10 раз, а риск гибели индивидуума, который составлял максимум в диком обществе, уменьшался каждый раз вдвое.

Разумеется, КПД в закрытой системе всегда меньше 1. Но в открытых системах ничто не мешает ему стать больше этого числа без нарушения закона сохранения энергии. Способ, с помощью которого человек взял верх над царством природы, прост – собрать, сконцентрировать гигантские рассеянные в природе потоки энергии, направить их в нужное ему русло, а за собой оставить управление направлением этих потоков и их количественную регулировку. Так были созданы энергоснабжение, водоснабжение, транспортные сети, сети магазинов, банков, аптек и т.д.

Каждый этап развития человечества, стабилизируя процессы предыдущего этапа, уменьшал неопределенность достижения результатов. «Человек один на один с природой», потом «человек управляет рычагом», который компенсирует недостаток его силы, потом «человек управляет машиной, которая управляет рычагом», потом «человек управляет машиной, которая строит машины, которые управляют рычагами». Все это все больше упрощает нашу жизнь, экономит усилия, затрачиваемые нами лично. Сквозь это рассуждение отчетливо проглядывает понятие вложенности, рождение иерархических систем и процессов регулирования и управления. (Регулирование процесса – это стабилизация запланированной траектории движения объекта к цели, которая все время норовит отклониться от заданной под воздействием суровой и непредсказуемой окружающей среды, возврат на траекторию, борьба с энтропией. Управление – процесс, направленный на уменьшение неопределенности будущего, вычисление новой плановой траектории достижения цели в моменты, когда реальная траектория сильно разошлась с ранее запланированной и возврат на старую траекторию не рационален, борьба с энтропией на более широком множестве возможных решений.)

И, наконец, XXI в. ознаменовался появлением *информационного* общества с его системами управления комплексами машин, пришедшими к нам из индустриального общества и ставшими к этому времени гибкими, разнообразными, параметрическими, поточными, конвейерными. Сам конвейер стал превращаться в гибкое автоматизированное производство (ГАП), преобразовавшись из технологической линии в сеть (т.е. бесконечно разветвленную топологию, не имеющую какой-либо четкой границы). В отдельных случаях в последнее время сеть даже превращается в «рой» роботов (гибких машин), который, не имея структуры вовсе, мгновенно выстраивает ее временно и заново под выполнение новой задачи или изменившиеся условия. По сути, «регулирование», перейдя в «управление», развивается далее в «структурирование» (часто как синоним используют слово «организация» – компоновка связей и соотношения органов, элементов системы с целью постоянного получения от нее общего задуманного эффекта предположительно в максимальной степени в независимости от воздействий агрессивной окружающей среды).

Фактически мы стоим на пороге математики, которая будет заниматься не только расчетом поведения систем, но и вычислением структур (свойств, элементов и связей), которые обеспечивают достижение целей, их свойства и поведение, нужные нам.

Пример 1. Направленно синтезировать химическое соединение, которое будет заведомо электропроводным, прозрачным, химически инертным, пластичным, сладким, скользким. Сегодня специалист не в состоянии вычислить исходные химические вещества и способ их связывания, приводящие к такому соединению.

Пример 2. Построить экономику (правила взаимодействия, связи, структуру) со стабильным ростом, компенсирующую неравенство ее элементов (людей, территорий), гарантирующую сохранение жизни и ее развитие. Сегодня известны теории (социализм, капитализм, либерализм, национализм, патернализм), но все они не удовлетворяют поставленным требованиям. Появляется понимание того, что требуется построение модели, содержащей множество взаимодействующих между собой элементов, генерирующих поведение отдельных людей, которая поможет вычислить структуру, обеспечивающую заданный набор будущих свойств за счет манипуляции связями и свойствами элементов. Подбор именно лучшей структуры обусловлен тем, что чем лучше управление, тем меньше требуется регулировать действия ее составляющих, чем лучше проведено структурирование, тем меньше требуется управляющих воздействий на множестве внешних сигналов.

Структурирование – это построение абстрактного «роя» в такой порядок и соотнесение поведения его отдельных элементов таким образом, которое обеспечит достижение поставленных в дальнейшем целей и требуемых свойств полученной системы даже при неожиданных и сильных внешних воздействиях. Как теория регулирования привела к теории управления (кибернетике, науке об отрицательных обратных связях), так и кибернетика подводит нас сегодня к синергетике, науке о положительных обратных связях в системе, разрушающих ее и синтезирующих новые структуры. В обществе идет активный (но слепой) поиск фундаментальных принципов и структур, обеспечивающих стабильность и развитие глобального сложного мира, – невозможно не заметить участвовавшие в обществе переходы от одной системы управления к другой.

Все большую роль, наряду с материей (территории, инфраструктура, полезные ископаемые) и энергией (атомная, газовая, нефтяная промышленность), стала играть информация (деньги, акции, инсайды, биржи, знания, Интернет, коммуникации, спутники, карты), благодаря которой стала возможна оптимизация использования материи и энергии, т.е. повышение КПД.

Вернемся к эволюции человечества.

На этапе информационного общества машины стали объединять в системы, глобальные сети. Гибкость (произвольность соединения) была обеспечена универсальным способом преобразования информации, ее цифровым представлением. По сути, современное общество представляет собой сегодня глобальный цифровой хаб, всепроникающую сеть, обеспечивающую множество гибких транзакций в ней.

2. Цифровая экономика: цель, основа и способ формирования

Обратимся к содержанию понятия «цифровая экономика».

Во-первых, цифровая информация (в отличие от словесной, визуальной, аналоговой) легко архивируется, трансформируется, конвертируется из любого ее состояния в любое другое. За счет универсализации цифрового интерфейса «рой» машин, людей стал гибким. Это обеспечило возможность возникновения 5-го этапа развития человечества.

Во-вторых, появился термин «цифровая экономика» – «системы без людей и для людей», где упор приходится на управление системами, автоматизацию, информатизацию, компьютеризацию, цифровизацию. В цифровой экономике, являющейся к настоящему моменту времени высшей формой развития экономики, единица наших усилий на входе должна обеспечить 100 000 единиц товаров, услуг, благ на выходе. Именно фактор усиления определял и определял

ет необходимость кардинальных изменений в технологическом и общественном укладе. КПД – это отношение результата к затратам, выхода ко входу. КПД увеличивается тогда, когда выход (результаты, потребляемые людьми) растет, а затраты (использование людей, их усилий) падают или растут не так сильно, как выход.

Из вышесказанного уже ясно, что, переходя в информационное общество, мы снова стоим перед задачей создания усилителя, теперь уже наших умственных возможностей, которым являются: искусственный интеллект, компьютеры, Интернет, роботы, умные города, автономные дроны, информационная инфраструктура. Обратите внимание: затраты на входе в такой экономике стремятся к нулю («без людей»), а результат на выходе растет («для людей»). В итоге КПД снова увеличится в ближайшее время в 10 раз. Но для этого надо развить инженерное дело, созидательное модельное деятельностное мышление.

Качественный скачок (переход к цифровой экономике) произойдет по достижении в науке и образовании трех результатов, таких как:

1. Гибкое достоверное преобразование слова в число, числа в образ, слова в образ и обратно. Например, сегодня отсутствует алгебра образов, пока нельзя складывать, вычитать, умножать картинки, но уже можно искать похожие друг на друга картинки (*Krizhevsky*); сегодня компьютер не понимает, что слова «потерял», «выпало», «подарил», «оставил» означают операцию вычитания; компьютер не может нарисовать картину по ее описанию и т.д. Преобразований тройки «число, слово, образ» достаточно, поскольку других форм представления информации не существует, причем преобразования будут происходить опосредованно через «модель».

2. Переход в мышлении от оперирования фактами к оперированию моделям, которые содержат в себе все эти факты. Например, уравнение $I = U/R$ (закон Ома) содержит в себе сразу все факты о конкретных значениях I , U , R , причем более компактно, чем таблица всех возможных чисел-троек I , U , R . Тем не менее, несмотря на неудобство, в большинстве своем мы пока общаемся сообщениями-фактами, а не моделями. Модели по мере развития будут все более обобщенными (абстрактными), образуя пирамиду моделей.

3. Появление Сети интеллекта (*Интернета 2.0*), в которой вместо фактов на сайтах будет находиться информация в виде моделей (уравнений, представляющих знания), а гиперссылки будут объединять модели в системы моделей и инициировать автоматическое решение на них задач, отвечая на поставленные человеком Сети вопросы. Например, если какого-то факта сегодня в Сети нет, то компьютер вычислить этот факт из других не может, так как Интернет 1.0 – это только хранилище данных, но не вычислитель новых данных.

Пункты 1–3 обеспечивают процедуры проектирования и моделирования. Конструирование обеспечено появлением 3D-принтеров и роботов, которые будут активно развиваться в ближайшее время по мере появления средств обеспечения пунктов 1–3.

Модель – выражение причинно-следственной связи, обеспечивающее прогноз (порождение новых данных на основе ранее известных за счет исчисления знаков с возможностью последующего их вычисления), обобщающее и соединяющее свойства, элементы и связи описываемой системы.

Очевидно, что с точки зрения КПД экономики 5-го этапа цивилизации процесс представления данных в виде моделей (обобщение, вывод моделей из данных), сборка из элементарных

моделей модели сложного устройства, разрешение задачи (поиск ответа на вопрос) на модели устройства должны проходить автоматически без непосредственного участия человека.

Обозначим модель как $y = f(x)$, где y – выход системы, цель, следствие, данные, свойства системы, x – вход, средства, причина, данные, свойства окружающего мира, f – преобразования, закон, уравнение знаковых выражений, ограничения, причинно-следственная связь y и x , элементы (переменные и выражения) и связи (операции и действия) системы. С математической точки зрения имеем: вывод модели из данных – $f = A(x, y)$, сборка – $y = f(g(...x)...)...$, разрешение задач – $x = f^{-1}(y)$, где A – процедура искусственного интеллекта типа ID3, f^{-1} – обратная функция к f .

Именно инженеры (строители, химики, машиностроители, авиастроители, специалисты в сфере информационных технологий) создали ту цивилизацию усилителей, которую мы наблюдаем сегодня. Отставание в инженерии – это самое опасное, что может произойти сегодня с обществом. Роль образования в генерации корпуса инженеров очевидна, а цель ясна – культивирование умения создавать новое. Сегодня войны и соревнования выигрываются в головах людей, в информационных проектах, в умении управлять сложным миром в своих интересах и разрушать сложный мир противника, в представлениях, а взаимодействие систем происходит с немыслимыми ранее скоростями.

Автоматизация инженерии – цель искусственного интеллекта, повышение КПД думания. Искусственный интеллект – усилитель способности думать. Задача построения искусственного интеллекта – разработка методов автоматического проектирования, моделирования и конструирования систем. Проблема – построение структур будущих общественных и технических устройств, обеспечивающих заданное или наилучшее поведение «в среднем». Формула искусственного интеллекта – выявление закономерности (причинно-следственной связи) в массиве данных, описывающих варианты ведения процесса, построение модели системы из элементов, решение задач на построенной модели, отвечающих на поставленные вопросы на языке пользователя.

Ключевой вопрос развития – производительность труда, зависящая уже не от ручного труда, а от машинного, скажем больше, от качества управления системами машин.

Препятствий на этом пути, как видится, три. Первое препятствие: неумение синтезировать новое сложное из простых элементов (человечество сосредоточилось пока на анализе непонятных явлений, разборке сложных систем на простые и простейшей стабилизации процессов). Второе: боязнь записи и оперирования огромными символьными структурами (пока мы оперируем моделями с длиной записи в одну строку). Третье: неумение переводить слово в модель, данные в модель, образ в модель.

Все это в итоге порождает либо ручное, либо рыночное, либо плановое управление, одинаково ущербные с точки зрения функционирования больших систем, а кризис цивилизации – кризис управления, т.е. наша неспособность вычисления предполагаемых воздействий на сложные системы с целью их гармоничного сохранения и развития.

3. Кибернетический и синергетический подходы

Усилитель, о котором шла речь выше, есть преобразование: $Y = f(X)$. Любая система, машина – это преобразователь входа X в выход Y . КПД – отношение Y к X . Разумеется, пока машины были простыми, то функция f тоже была проста. В качестве примера приведем функцию чайника, изображенную на рис. 1. По сути, модель технического устройства – это цепочка преобра-

зований одних физических величин в другие, т.е. связанные между собой уравнения, выражающие физические законы окружающего мира.

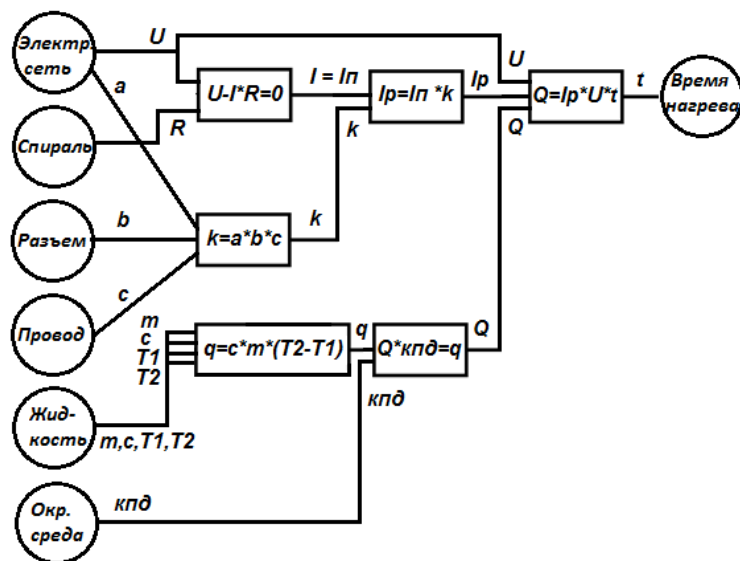


Рис. 1. Граф технического устройства (вид реализации в системе проектирования и моделирования Stratum-2000)

После традиционных алгебраических преобразований модель чайника может выглядеть [6] в первом приближении так: $t = mc(T_2 - T_1)/(RU)$, а с учетом дополнительных гипотез, конструктивных особенностей: $t * \kappa \eta \delta * a * b * c * U^2 - mc(T_2 - T_1) R = 0$ или, при желании – еще более сложно и точно. В итоге в памяти компьютера она так и выглядит.

Имея вид связи f между X и Y , т.е. модель: $Y = f(X)$ (одно уравнение, связывающее три знака), можно решать на ее основе три задачи (табл. 1).

Таблица 1

Типы задач, решаемых на моделях

Задачи	Известные величины	Неизвестные величины, решение
Прямые (прогноза)	X, f	$Y = f(X)$
Обратные (управления)	Y, f	$X = f^{-1}(Y)$
Настройки (синтеза)	X, Y	$f = A(X, Y)$, где A – процедура построения f по известным X и Y , например, индуктивный алгоритм построения дерева решений ID3

Примечание. Знак f^{-1} здесь означает функцию, обратную f , хотя лучше было бы использовать знак f^{-r} (от англ. слова *reversibility*), чтобы различать функцию в степени (-1) и обратимую функцию.

Первые две задачи вполне успешно решаются математическими способами для простых f , и кибернетический подход [1] вполне успешно продемонстрировал это во второй половине XX в.

Для сложных устройств необходимо автоматизировать процедуру составления их моделей и решения задач на их основе, как, например, это предлагает делать концепция, реализованная в среде проектирования и моделирования Stratum-2000 [4]. Для сложных f это задача искус-

ственного интеллекта, и она осознана исследователями. Первая, известная нам, публикация об этом – статья Э.Х. Тыгу [8].

Третья задача (синтез) состоит в том, чтобы найти такую цепочку преобразований (физических законов и условий окружающей среды, выраженных в словах, числовых закономерностях и геометрических образах, представленных в алгебраической нотации), которая обеспечит требуемые заданные Y по X (задача прогноза) или X по Y (задача управления).

Это основная задача искусственного интеллекта: найти модель (выразить через знаки операций связь причин и следствий) по набору данных для дальнейшего решения на ней прямой и обратной задач. То есть необходимо найти схему технической системы, топологию сети, структуру «роя» из элементов, способного выполнить наилучшим образом поставленную задачу здесь и сейчас, а в среднем везде и всегда. Мозг решает это, строя модель окружающего нас мира в виде нейронной сети, наращивая или уничтожая ее связи. Нейронная сеть, синтезируемая в мозгу, является при этом аналогом создаваемой схемы устройства. Усилитель мозга – наглядная интерактивная внешняя среда для построения моделей систем с заданными поведением и свойствами, способная к настройке связей (проектированию) и проверке получившегося результата путем вычисления свойств и поведения получившейся системы (моделированию).

Включение режима эволюционного проектирования позволяет синтезировать и отобрать лучшие экземпляры моделей [2] в автоматическом режиме.

По сути, решение задачи автоматического синтеза систем – основная проблема недавно возникшей науки синергетики [3]. Синергетический подход, в отличие от кибернетического, предполагает включить в модель синтезируемого устройства положительные обратные связи, которых так боятся инженеры при классическом проектировании, а также избыточные связи (как это принято при построении нейронных сетей), которых те же инженеры избегают в целях экономии.

Положительные связи, в отличие от отрицательных стабилизирующих обратных связей, разрушают систему, заставляя ее изменяться и развиваться до попадания в новое состояние устойчивого равновесия. Устойчиво оно потому, что модель устройства синтезирована таким образом, что обеспечивает безошибочную связь между известными наборами $\{X\}$ и $\{Y\}$ и, кроме того, новые появляющиеся факты $\{<X,Y>\}$ не противоречат ей. Как только находится новый факт $<X,Y>$, не укладывающийся в исчисленную ранее модель, интеллект приходит в движение и начинает перестраивать модель, меняя связи между нейронами. Модель уточняется, описывая уже расширенный набор данных $\{<X,Y>\}$. Построенная модель – цепочка преобразований от входа к выходу системы, т.е. структура будущего устройства, готовая после проектирования и моделирования к этапу конструирования.

На рис. 2 для примера показана уже обученная небольшая (из одного нейрона) сеть с двумя входами X_1 и X_2 , выход Y которой не противоречит десяти фактам $\{<X_1, X_2, Y>\}_{10}$, представленным в табл. 2. В данном примере сеть понимает, в чем состоит опасность для авиационного двигателя. Из настроенной сети извлечена алгебраическая модель, которая описывает все эти факты. Обучение сети (настройка значений w_1, w_2, w_3) происходило на десяти примерах (десять итераций в эпоху) в течение пяти эпох – 50 актов обучения по правилу “delta-rules”:

$$w_i^{\text{новое}} := w_i^{\text{старое}} + h * X_i * (Y^{\text{заданное}} - Y)$$

с шагом обучения $h = 0,2$ из случайного состояния связей нейронов сети ($w_1 = 0.55, w_2 = 0.35, w_3 = -0.2$).

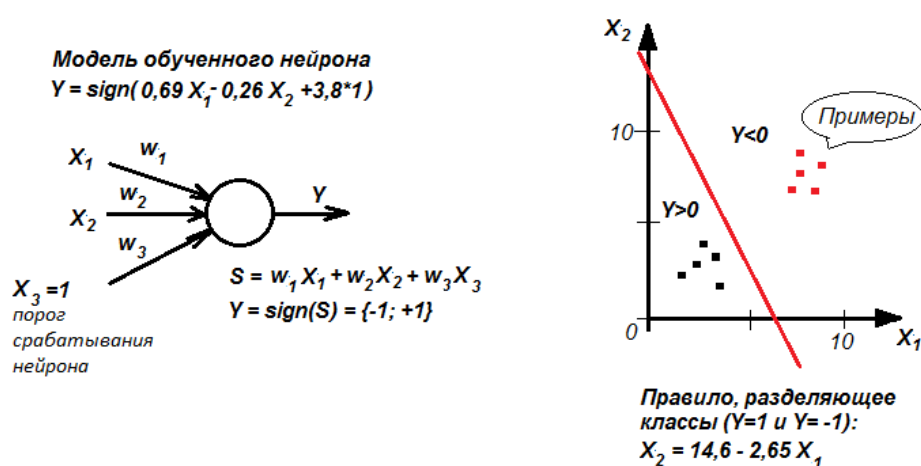


Рис. 2. Обученная нейронная сеть ($w_1 = 0,69$, $w_2 = -0,26$, $w_3 = 3,8$), алгебраическая модель зависимости опасности Y от температуры X_1 и скорости X_2 , извлеченная из нейронной сети, и ее геометрическая интерпретация

Таблица 2

Примеры для обучения нейронной сети

Номер примера	Температура, X_1	Скорость, X_2	Опасность ситуации, $Y^{\text{заданное}}$
1	2	1	1
2	9	6	-1
3	3	3	1
4	7	8	-1
5	0	3	1
6	6	9	-1
7	7	6	-1
8	1	3	1
9	2	4	1
10	6	6	-1

На рис. 2 хорошо видно, что один нейрон делит пространство признаков на полуплоскости (гиперполупространства) прямой линией (гиперплоскостью). Размерность гиперпространства совпадает с количеством рецепторов нейронной сети. Несколько нейронов делят пространство на «куски». Изменение значений весов связей $\{w_i\}$ приводит к вращению и перемещению гиперплоскостей, настраивая модель нейронной сети. Необходимо добиться того, чтобы каждый класс (экземпляры с определенным одинаковым значением Y) оказался в своей автономной области гиперпространства, изолированной гиперплоскостями от остальных областей. Изменение модели связано с различиями, обнаруживаемыми сетью при сравнении ее выхода Y с заданными исходными данными $Y^{\text{заданное}}$. При наличии различий сеть начинает по правилу “delta-rules” изменять $\{w_i\}$, меняя геометрию организации пространства. Изменения связей сети (конфигурации областей в пространстве рецепторов) закончатся тогда, когда для всех примеров таблицы 2, проверяемых за одну эпоху, соответствующая $Y^{\text{заданное}}$ совпадет с Y на выходе сети, как это показано на рис. 2.

На рис. 3 представлена более сложная сеть, а также модель, реализуемая ею, и ее графическое представление в пространстве рецепторов $\{x_1, x_2\}$.

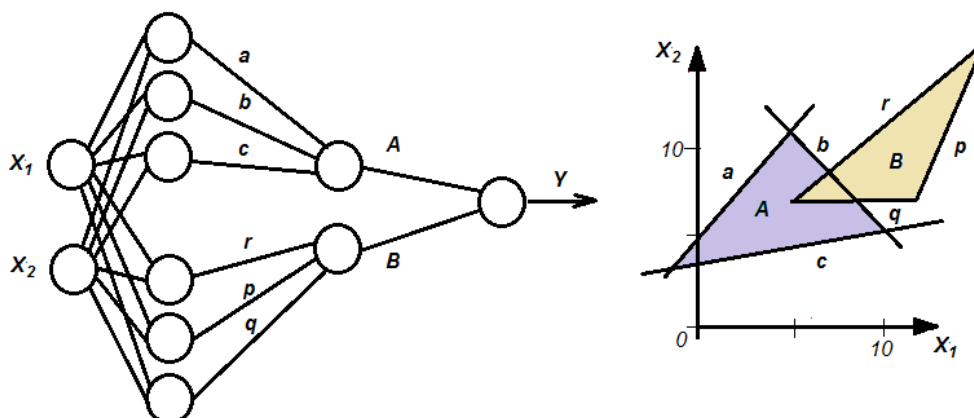


Рис. 3. Трехслойная нейронная сеть с двумя рецепторами $\{X_1, X_2\}$ и одним эффектором Y , настроенная на сложную геометрическую область Y (выделено голубым цветом) с моделью:
 $Y = (A \text{ и } \text{не}(B)) = a \& b \& c \& (U - (r \& p \& q))$, где $n = \{a, b, c, r, p, q\}$, $n = \text{sign}(w_1 x_1 + w_2 x_2)$,
 где U - универсум, $U = \{x_1\} \times \{x_2\}$

Таким образом, перед математикой XXI в. стоит задача синтеза сложных операторов, обеспечивающих заданную связь X, Y . Автосинтез моделей устройств – информационная задача организации и комплексирования систем, решаемая нашим мозгом.

Искусственный интеллект – устройство, позволяющее на основе наблюдаемого массива экспериментальных данных $\{<X, Y>\}$ выявлять в их отношении $Y = f(X)$ закономерность f , а выводя ее в виде модели, предсказывать по ней новые, ранее неизвестные данные $<X', Y'>$, решать задачи, отвечая на интересующие нас вопросы.

Именно построение искусственного интеллекта позволит в информационном обществе находить более обоснованные решения при управлении сложными, многосвязными нелинейными системами, чем те, которые пока удастся принимать человеку (управление городом, военно-политические стратегии, организация экономических систем и процессов, протекающих в них, управление поведением больших масс людей).

Попутно следует заметить, что вышеназванная модель нейрона, предложенная Мак-Каллоком и Питтсом ($S = \sum w_i \cdot X_i$, $Y = 1/(1 + e^{-S})$), не достаточна для решения любых задач и представления любых известных нам сегодня математических структур. В связи с чем модель нейрона, очевидно, будет уточнена.

Ввиду резкого увеличения сложности производственных, общественных, финансовых, военных систем, которые мы создаем последние 15–20 лет, требуется соответствующее как развитие мозга, так и создание его усилителей – среды проектирования и моделирования сложных систем и искусственного интеллекта. Выполняя операции вручную, мы цивилизационное соревнование не выиграем. Умея строить машины, используя модели физики, математики, химии для построения сложных систем, широко применяя их в экономике, – выиграем. Кроме того, должно возникнуть устойчивое понимание об иерархических математических структурах, технических устройствах, социальных системах.

4. Образование и технология мышления

Развивая и усиливая свой мозг, мы сегодня делаем рывок в будущее. Выиграет в конечном итоге та страна, которая будет культивировать деятельность мозга, прививать способ и преподавать своим гражданам дисциплину мышления. При этом следует заметить, что пассивное чтение книг, просмотр видео, работа с данными, т.е. привычные нам традиционные информационные навыки, хотя и необходимы, но малоэффективны. Основной современный навык – **деятельность мозга** (мыследеятельность) по созданию нового, под которой мы понимаем проектирование сложного с использованием технологии думания, т.е. осознанного метода оперирования мыслями, организации мышления. А, как известно, технология – это гарантия результата. Дисциплина организации мышления, авторами которой в разное время были Г. Гегель, Ф. Бэкон, И. Ньютон, П. Кузнецов, содержит в своем составе метакомпетенции, проектирование систем, методы преобразования знаковых систем, коммуникации, генерации идей, моделирования, прогноза, управления.

В такой ситуации человек становится, как было не раз отмечено, капиталом, когда он действительно умеет созидать, а не повторять, создавать новое, а не эксплуатировать старое, наращивать КПД, искусно управляя системами машин и сетями из них.

Введение в школах программирования, информатики, робототехники – шаг в правильном направлении, однако без технологии организации мышления – это только некоторые попытки движения без осознания целей и средств их достижения [7]. Укажем технологию (рис. 4), упорядочивающую между собой понятия «модель», «задача», «алгоритм», «программа», «система» («система моделей», «система задач», «система алгоритмов», «система программ»).

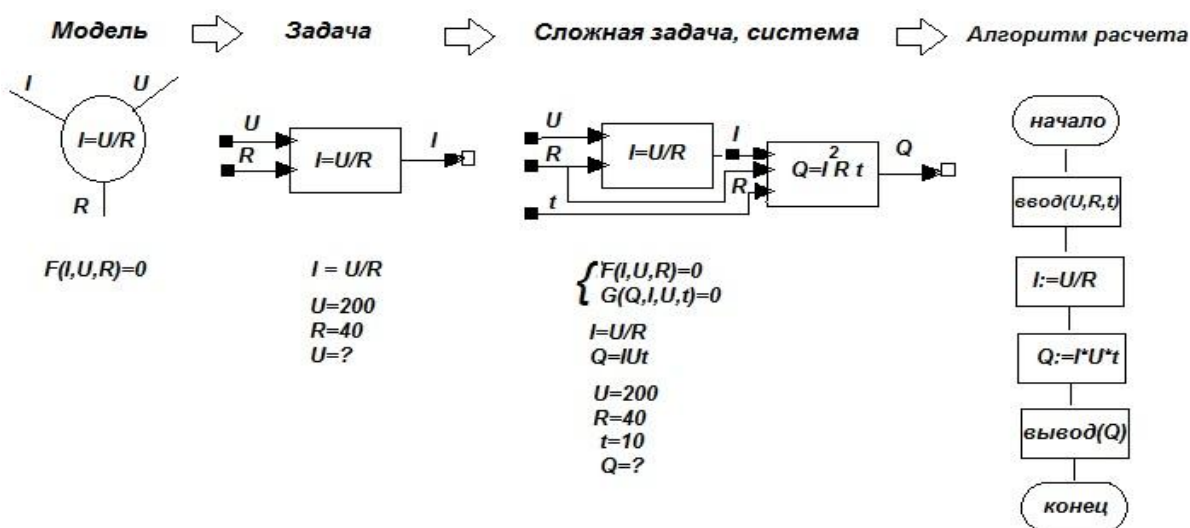


Рис. 4. Иллюстрация этапов технологии автоматизации мышления

Модель – причинно-следственные отношения между физическими величинами, отражающие реальные закономерности окружающего мира, *неориентированный граф*. Вершины графа – математические зависимости, законы, выраженные через переменные, операции с ними, выражения, знак уравнивания (или его аналоги: $:=, <, >, \equiv, \approx, \rightarrow, \leftrightarrow$), а связи – понятия, переменные. И те и другие содержатся в базах знаний (таблица понятий и их обозначений и таблица отноше-

ний понятий). Две вершины связаны, если имеют одинаковые переменные в записи законов, которые они представляют.

Задача – комплекс, состоящий из модели (уравнения, функции, преобразования f , описаний конструктивных особенностей будущих устройств), дополнений в виде гипотез («допустим», «дано», «пусть», «известно») – вход X , и формулировки вопроса (выход Y). Поскольку задача предполагает указание исходных данных (гипотез) и искомых величин (вопрос), то схема системы становится *ориентированным графом*. Сложная задача содержит несколько связанных между собой моделей.

Алгоритм – ориентированный граф, приведенный в *ярусно-параллельной форме*, цепь преобразований, ведущая от входа X к выходу Y , порождающая один из вариантов поведения системы, факт, частный случай.

Программа – описание выполнения алгоритма на языке исполнителя. В технологию входят: эквивалентное преобразование моделей, расчет адекватности поведения моделей по отношению к реальному прообразу, покрытие моделями пространства окружающего мира, способы составления иерархии моделей, способы составления моделей (определение размерности описания, выбор координат, элементов и связей), количественная настройка моделей, расчет поведения и свойств систем, вывод свойств систем из их поведения, решение задач прогноза, регулирования, управления, организации, синтез архитектуры создаваемых технических устройств с отрицательными и положительными обратными связями, инструменты и среда автоматизации проектирования и моделирования.

Освоение организации мышления и соответствующая поддержка его со стороны технологии для достижения гарантии результата – задача современного образования. Освоение в школе технологии и метода организации мышления в ее высшей мере соответствует достижению учащимися в своем развитии уровня «талант» [5].

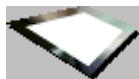
Автоматизация технологии путем внедрения систем искусственного интеллекта дает сокращение сроков внедрения инноваций и повышение темпов роста производительности труда за счет снижения непроизводительных затрат.



Список цитируемых источников

1. Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине. – М.: Наука, 1983.
2. Емельянов В.В., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Теория и практика эволюционного моделирования. – М.: Физматлит, 2003.
3. Майнцер К. Сложносистемное мышление. Материя, разум, человечество. Новый синтез. – М.: Книжный дом «Либроком», 2009.
4. Мухин О.И. Инструментальная среда проектирования и моделирования Stratum-2000 [Электронный ресурс]. – Пермь, 2018. – URL: <http://stratum.ac.ru/education/stratum/3.0/description.html> (дата обращения: 05.03.2019).

5. Мухин О.И. Формирование таланта в эпоху цифровизации. Формула таланта и метод его измерения // Вестник ПГГПУ. Серия «ИКТ в образовании». – Пермь, 2017. – Вып. 13. – С. 34–41.
6. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. – М.: Машиностроение, 1988.
7. Семакин И.Г. Информатика. Базовый курс. – М.: БИНОМ, 2008.
8. Тыгу Э.Х. Концептуальное программирование. – М.: Наука, 1984.



УДК 004.8

О.И. Мухин

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОСТЬ КАК СПОСОБНОСТЬ К ПРЕОБРАЗОВАНИЮ ЗНАКОВ, МОДЕЛИРОВАНИЮ И МЫСЛЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ. ЧАСТЬ 2

Конструирование моделей по описанию – важнейший этап формализации и автоматизации мышления, требующий использования метаязыка и платформы для реализации. Препятствием для формального мышления является сложность рассматриваемой ситуации, представленной текстом или графическим образом. Основой решения проблемы является унифицированный способ представления описываемой реальности знаками и оперирования ими.

К л ю ч е в ы е с л о в а : интеллект, унификация математической записи, модели текста, автоматизация мышления, типы задач, модели геометрических объектов.

1. Введение

Виртуальность отражает реальный окружающий нас мир. В виртуальности, в своем мышлении, мы оперируем знаками. Как известно, знак может существовать в трех формах: число, слово, образ. То есть одну и ту же информацию мы можем передать в числовой, словесной или образной форме.

Мы достаточно уверенно преобразуем информацию, представленную в числовой форме, получая ее эквивалентные формы. В части 1 данной статьи было показано, как представить техническое устройство в виде цепочки преобразований (функций) – отразить реальный мир в виртуальный, и как можно преобразовать одну цепочку в другую, эквивалентную ей, в этом виртуальном мире. Преобразовывая знаковые системы, мы решаем 3 типа задач, отыскивая ответы на интересующие нас вопросы: строим знаковые системы (цепочки), прогнозируем их свойства и управляем ими, добиваясь от них необходимого нам поведения.

Последнее десятилетие мы стали все глубже проникать в проблему представления виртуальных систем, существующих в нашем сознании, в виде текстов и образов, и, что самое главное, их синтеза, прогноза и управления ими. Представление таких неформальных описаний формальными моделями становится важнейшей частью дисциплины «Искусственный интеллект».

Для решения задач на этих информационных формах достаточно научиться представлять текст и образ в цифровом (числовом) виде. И, как было сказано выше, не просто в виде данных, а в виде модели (метазнака). После этого у нас появляется возможность от текста переходить к его формуле, от образа – к его формуле, а значит, переходить опосредованно от образа к образу, преобразуя их формулы, от текста к тексту, от образа к тексту и обратно, оперировать с тек-

стами и с образами, сжимать (синтезировать) тексты и образы. Имея формулу текста (или образа), можно легко найти похожий на него, аннотировать его, сложить два текста, подвергнуть морфингу и т.д.

Но для этого надо научиться производить действия с текстами и образами (сравнивать, складывать, вычитать, усиливать, ослаблять отдельные свойства текстов и образов, умножать, делить и т.д.).

Если мы научимся делать это сами (хотя бы вручную), то можно научиться производить эти действия автоматически.

2. Книга, театр, игра: от данных к модели

Литературное произведение отражает взаимодействие его героев в заданных условиях и ландшафте и, как следствие, происходит развертывание сюжета. В зависимости от характера героев и обстоятельств развитие повествования идет определенным образом. В любом случае, читая книгу, мы наблюдаем один из вариантов развития истории, как представлял его себе автор. *Литературное произведение – есть факт, данные*, на которые мы повлиять не можем.

В театре появляется возможность импровизировать. Каждый актер привносит что-то новое в портрет и поведение героя, которого он играет, исходя из собственного опыта. Особенно часто меняет акценты пьесы режиссер, ставящий спектакль. Литературное произведение начинает испытывать вариацию. Ход пьесы меняется.

Однако ситуацию можно поменять кардинально. Если изменить характер или черты его героев, сменить обстоятельства их жизни, то развитие сюжета может пойти совсем другим путем. В различных обстоятельствах одни и те же люди ведут себя по-разному. В одних и тех же обстоятельствах разные люди ведут себя по-разному. Например, трусливый персонаж изменит течение произведения, ход событий в отличие от героической личности.

Чтобы исследовать, как влияют характеры героев, правила принятой морали в обществе, роль обстоятельств на сюжет, авторам следует описывать не конкретные данные, а составлять модель, представлять не конкретное решение, а логику принятия решений. Это путь, которым идут IT-специалисты, составляя *модели миров*, в которых происходит дальнейшее развитие компьютерных игр в зависимости от того, какие предпринимаются воздействия на созданный мир, каковы характеры героев и особенности окружающего мира.

Модель в этом случае представляет собой *математическую конструкцию*, которая в зависимости от изменяющихся значений входных переменных, параметров *рассчитывает* заново свое поведение, значения выходных переменных, решение, траекторию поведения в новых обстоятельствах (рис. 1).

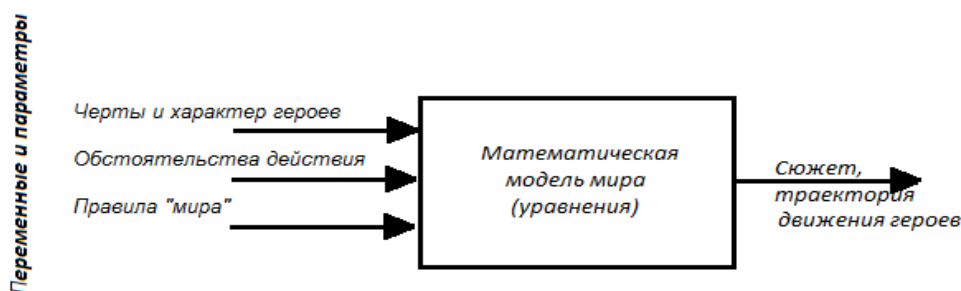


Рис. 1. Модель литературного произведения, текста

Польза такого подхода состоит в том, что пользователь, исследуя изменения известного сюжета для разных условий, может лучше уяснить, к каким последствиям ведут те или иные правила, установленные в обществе, чем чреваты те или иные черты укоренившегося в нас характера. Множество траекторий изменившегося сюжета начинают давать пищу для размышлений о свойствах систем, порождающих эти траектории

Так, постепенно в реальной жизни на множестве чужих и своих конкретных примеров мы учимся вести себя правильно, что формирует характер человека. Множество конкретных примеров разных людей формирует мораль – свод правил общественной жизни, позволяющих достичь общих целей, которые недостижимы в одиночку, быть полезными друг другу, обеспечить сохранность рода.

Подобным образом составляют сценарии развития экономики, военных действий, развития городов и регионов, предотвращения катастроф [1], действия толпы в местах массового скопления людей, движения социальных процессов и т.д.

Состав и структура систем определяют их свойства. Важнейшая *задача* состоит в том, как спроектировать структуру системы, чтобы ее поведение и свойства удовлетворяли задуманным нами характеристикам в большинстве возможных случаев и случайных обстоятельств.

Имея модель, можно решать с ее помощью задачи, искать лучшие варианты развития, отвечать на разные интересующие нас вопросы:

- можно ли выиграть сражение, при каких условиях это возможно;
- что и сколько надо добавить, чтобы достичь результата;
- чем управлять, чтобы кардинально изменить ситуацию;
- как изменить правила, чтобы сэкономить ресурсы для достижения одной и той же цели;
- что является ключевым фактором выигрыша (проигрыша);
- каковы правила, которые надо установить для всех участников игры, чтобы общество в целом при любых вариациях свойств его элементов, состава и структуры оставалось стабильным (формулирование правил морали) и т.д.

Чтобы понять, как создается и используется модель, составим модель известной сказки Ш. Перро «Красная Шапочка» (здесь и далее – КШ).

Выделим переменные – основу модели. Переменные делятся на входные, выходные и промежуточные (табл. 1, 2).

Таблица 1

Входные и выходные переменные (сигналы) текста

Входные переменные	Выходные переменные
Q – Высокие жизненные силы Бабушки	R – КШ вылечила бабушку без приключений
O – Для Мама Бабушка важнее КШ	X1 – Бабушка выздоровела после приключений
A – Бабушка больна	Q1 – Бабушка выздоровела
L – КШ рассудительна	W1 – КШ вернулась домой после приключений
G – Мама свободна от дел	P1 – КШ вернулась домой без приключений
H – Мама здорова	O1 – Мама вернулась домой

Окончание табл. 1

Е – КШ здорова	V1 – Волк убежал незамеченным
F – КШ свободна	U1 – Волка отпустили с добычей
С – Испытывает ответственность за старших	H1 – Волк убежал
J1 – Охотники вышли на охоту	M1 – Волк убит охотниками
L1 – Охотники суровы	N1 – Волк убежал от охотников
S1 – Охотники искусны	G1 – Волк обошел стороной КШ из-за того, что КШ была с мамой
I – Лес опасен	V – Волк спит
В – Жили-были	
T – Волк немного голоден	
C1 – Волк терпелив	
F1 – Волк везучий	
Y – Волк волевой	
D1 – Волк хитрее КШ	
U – Волк очень голоден	
S – Волк не голоден	

Кодирование значений переменных. Переменные могут принимать значения 0 или 1. Логично подразумевать при таком кодировании, что 1 означает свершение факта (активацию переменной), 0 означает обратное.

Операции. Для связи входных и выходных переменных введем операции с ними.

Логическое умножение: $C=A \text{ И } B$. Часто из-за неудобств, связанных с QWERTY-клавиатурой, выражение записывают как $C=A*B$, подразумевая под знаком «*» знак конъюнкции, который в записи часто вовсе опускают. Известен алгебраический аналог этой записи: $C=A*B$.

Логическое сложение: $C=A \text{ ИЛИ } B$. Часто из-за неудобств, связанных с QWERTY-клавиатурой, выражение записывают как $C=A+B$, подразумевая под знаком «+» знак дизъюнкции. Известен алгебраический аналог этой записи: $C=A+B-AB$. Алгебраическая от логической записи отличается тем, что разрешает подставлять в формулу вместо переменных не только значения 0 и 1, но и другие значения, лежащие между 0 и 1.

Логическое отрицание: $C=\neg A$. Известен алгебраический аналог этой записи: $C=1-A$.

Приоритеты выполнения операций и сложные выражения. Назначив приоритеты операций и введя скобки, можно указать на композицию, последовательность блоков и другие особенности сборки сложных выражений из простых. Например, $C=\neg(P+A*\neg B)$ означает, что в алгебраическом виде те же выражения выглядят так: $C=1-(P+A*(1-B)-P*A*(1-B))$.

Уравнения. Из описания сказки можно установить некоторые причинно-следственные отношения, которые записываются так: **Следствие** = f (**Причины**), где f – скобочное составное выражение, функция. Приведем промежуточные переменные, связывающие входные переменные с выходными (см. табл. 2).

Таблица 2

**Промежуточные переменные,
список отношений между входными и выходными переменными (сигналами) текста**

Промежуточные переменные и способ их вычисления	Выходные переменные и их связь с промежуточными и входными переменными
P – Бабушка ждет помощи. $P = QAB$	R – КИШ вылечила бабушку без приключений. $R = MP$
D – надо идти к Бабушке. $D = ABC$	X1 – Бабушка выздоровела после приключений. $X1 = PT1$
J – Мама идет к Бабушке. $J = DGH$	Q1 – Бабушка выздоровела. $Q1 = (A1_E1 + (_B1_C1 + _W)N_J1 + J)P$
K – КИШ идет к Бабушке. $K = (OI(_G + _H) + _J) EFD$	W1 – КИШ вернулась домой после приключений. $W1 = T1$
M – КИШ пошла по длинной дороге. $M = KL_J$	P1 – КИШ вернулась домой без приключений. $P1 = KJ$
N – КИШ пошла по короткой дороге. $N = _JK_J$	O1 – Мама вернулась домой. $O1 = J$
W – Волк ждет в засаде. $W = BT$	V1 – Волк убежал незамеченным. $V1 = R1_J1$
X – Волк рыщет. $X = BU$	U1 – Волка отпустили с добычей. $U1 = R1J1(_L1 + _S1)$
Z – Волк сдох. $Z = X_Y$	H1 – Волк убежал. $H1 = _J1_Z(I1 + X_F1)$
B1 – Волк рыщет и встречается КИШ. $B1 = _JXF1_Z$	M1 – Волк убит охотниками. $M1 = K1L1$
A1 – Встреча Волка и КИШ в засаде. $A1 = NWC1$	N1 – Волк убежал от охотников. $N1 = K1_L1$
I1 – Волк не дождался КИШ. $I1 = W(_N + _C1)$	G1 – Волк обошел стороной КИШ из-за того, что КИШ была с мамой. $G1 = _ZJXF1$
E1 – КИШ после встречи с Волком идет по длинной дороге. $E1 = A1D1$	V – Волк спит. $V = SB$
K1 – Встреча Охотников и Волка. $K1 = J1_Z(I1 + (X_F1))$	
R1 – Волк съел КИШ и Бабушку. $R1 = E1_J$	
T1 – Волку распорол брюхо. $T1 = R1J1S1L1$	

Например, запись $K1 = J1_Z*(I1+(X_F1))$, говорит нам о том, что Встреча Волка и Охотников состоится, если Охотники вышли на охоту И НЕ верно, что Волк сдох И (либо Волк не дождался КИШ, либо (Волк рыщет И НЕ Волк везучий)). Здесь $K1$ – встреча Охотников и Волка, Z – Волк сдох, X – Волк рыщет, $I1$ – Волк не дождался КИШ, $J1$ – Охотники вышли на охоту, $F1$ – Волк везучий.

Примечание. В алгебраическом виде данное отношение принимает вид уравнения пятой степени:

$$K1 = J1*(1-Z)*(I1+X*(1-F1) - I1*X*(1-F1)).$$

Открывая (разумеется, автоматически, средствами программной интеллектуальной среды) скобки, получим:

$$\begin{aligned} K1 &= (J1 - J1*Z) * (I1 + X - X*F1 - I1*X + I1*X*F1) \text{ или} \\ K1 &= J1*(I1+X - X*F1 - I1*X + I1*X*F1) - J1*Z*(I1+X - X*F1 - I1*X + I1*X*F1) \text{ или} \\ K1 &= J1*I1 + J1*X - J1*X*F1 - J1*I1*X + J1*I1*X*F1 - J1*Z*I1 - J1*Z*X + J1*Z*X*F1 + \\ &\quad J1*Z*I1*X - J1*Z*I1*X*F1. \end{aligned}$$

Алфавит графического языка представления, язык схем. Связь – это переменная, обозначается прямой, ломанной или сглаженной линией между вершинами графа.

Связи бывают направленными и ненаправленными, соответственно графы бывают ориентированными и неориентированными. Если связь ненаправленная, то она выполняется в обе стороны (от входов к выходам и от выходов к входам).

Элемент – вершина графа, обозначается кружком (причинно-следственное отношение, закон, закономерность, уравнение, составленные из знаков операций, переменных и знака уравнивания).

Граф – структура из связанных между собой элементов. Светлый большой кружок – операция **И**. Темный большой кружок – операция **ИЛИ**. Маленький кружок – операция **НЕ**. Дуга – графическое отражение связи, соответствует какой-либо переменной. Если дуга графически выделена (подсвечена), то переменная, отражаемая ею, принимает значение 1, иначе 0.

Схема – направленный граф с ориентированными связями, читается сверху вниз, т.е. сигналы идут сверху вниз, от входных переменных к выходным.

Квадрат – входная, выходная или промежуточная переменная. Необязательный элемент схемы, обычно применяется для повышения наглядности схем, устанавливается в разрыве связи, идентифицируя ее.

Интерфейс управления и наблюдения схемами. При нажатии на входные переменные (квадратики) схемы они переходят в состояние, обратное имеющемуся (из 0 в 1 или из 1 в 0).

На ориентированных схемах задавать значения возможно только у входных переменных (прямая задача).

На неориентированных схемах можно задавать значения любых переменных (обратная задача).

Если переменная принимает значение 1 (истинно), то квадрат (кружок) светится зеленым цветом (рис. 2). Если переменная принимает значение 0 (ложно), то квадрат (кружок) не светится или отмечен красным цветом. Если связь активна, ее переменная принимает значение 1, и она подсвечивается зеленым цветом. Если связь пассивна, ее переменная принимает значение 0,

и она изображается красным цветом. Если значение переменной равно 1, то сигнал в связи есть. Если значение переменной равно 0, то сигнала в связи нет. При наведении указателем мыши на кружки и квадратики схемы их ближайшие связи изображаются «жирными» линиями.

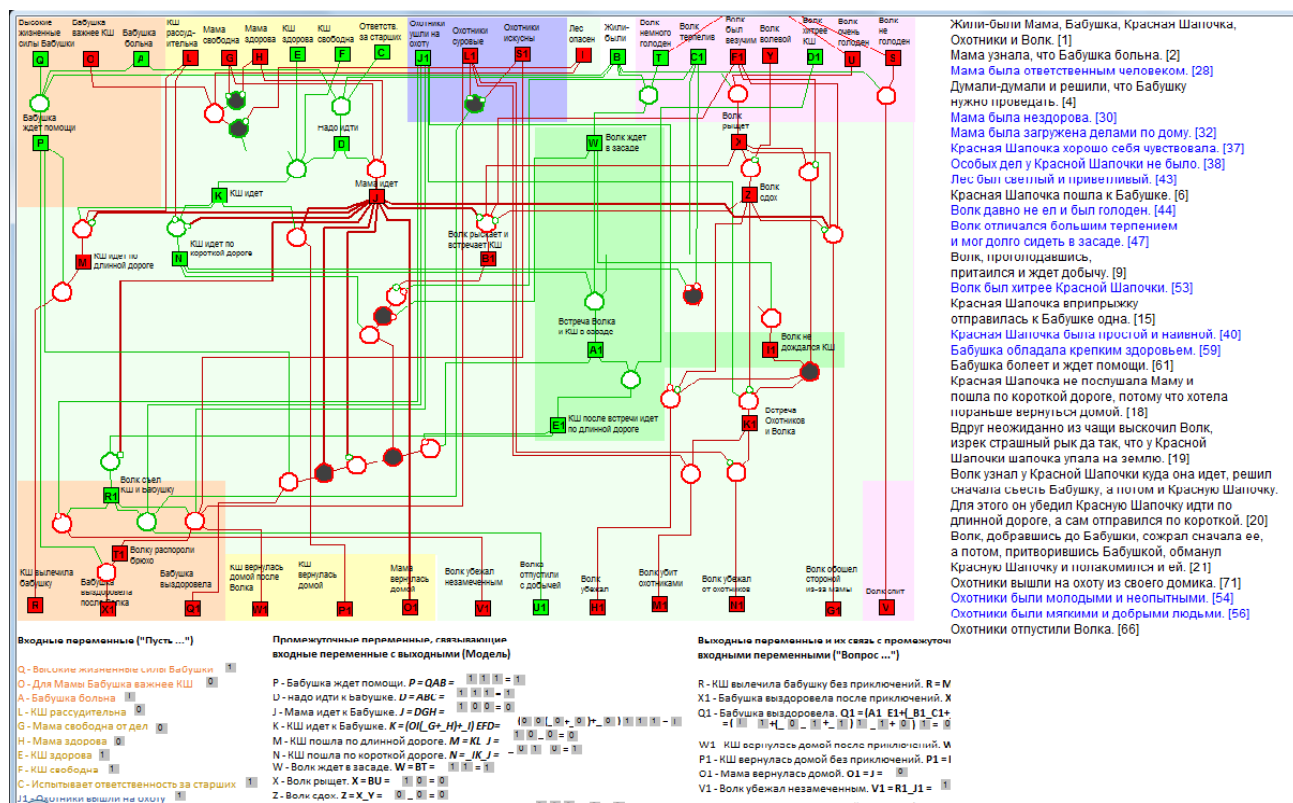


Рис. 2. Модель текста сказки «Красная Шапочка» и сгенерированный текст варианта сказки в среде Stratum-2000

3. Обобщение модели текста и решаемых на ней задач с использованием нечеткой логики

До сих пор подразумевалось, что переменные принимают значения 0 или 1. Ноль означал, что событие не произошло, а единица означала, что событие свершилось (например, 0 – Волк сыт, 1 – Волк голоден или 0 – Дождя нет, 1 – Дождь идет и т.д.). Но человек не бывает абсолютно смелым или абсолютным трусом, Дождь может слегка накрапывать, а Волк может слегка перекусить. В каждом из нас есть и доля смелости, и доля осторожности. Поэтому значения наших психологических черт весьма нечетки, отличаются от 0 или 1.

Разумеется, и встречи героев тоже весьма вероятны. Внешние обстоятельства тоже вносят свой вклад в вероятность встречи. Например, встреча Волка и КШ на развилке дорог могла произойти с определенной вероятностью, не равной 1, так как Волк и КШ могли разойтись, могли не заметить друг друга, мог идти дождь, кто-то из героев мог встретить еще кого-нибудь и задержаться, устать и т.д.

Интересно, что значение $A=0.8$ означает, что событие почти свершилось, по крайней мере уверенность в этом весьма велика. Сказать можно и так: в 8 случаях из 10 событие имеет место, а в 2 из 10 – нет. Переменные в этом случае называют нечеткими (теорию нечетких мно-

жеств сформулировал Лютфи Заде [2]). Такая логика позволяет использовать привычные для нас обороты речи: как бы, иногда, не очень, весьма, почти, примерно, около.

Алгебраические выражения легко справляются с такими нечеткими значениями, в отличие от логических. Ранее мы указали на аналог операции **ИЛИ** (A **ИЛИ** B): $C=A+B-AB$. Как и ранее, считаем, что значения переменных лежат в интервале от 0 до 1.

Например, приняв $A=0.9$, $B=0.6$, имеем при $C = A$ **ИЛИ** B , $C = A+B-AB = 0.9+0.6-0.9*0.6 = 1.5 - 0.54 = 0.96$, что означает «событие C – весьма вероятно». C более вероятно, чем A или B .

Как видно, результат операции **ИЛИ** будет больше, чем каждое из значений A или B , что понятно, так как на этот результат приходится возможность свершения события A , возможность свершения B , по отдельности, и возможность свершения одновременно и A , и B .

А вот результат операции **И** будет меньше по значению каждого из сомножителей: например, $C=AB=0.9*0.6=0.54$, что вполне понятно, так как для события C требуется одновременного свершения событий как A , так и B , что встречается менее часто, чем каждое из событий по отдельности.

Итак, алгебраическая запись от логической отличается тем, что разрешает подставлять в формулу вместо переменных не только значения 0 и 1, но и любые другие в диапазоне от 0 до 1.

Теперь мы можем поинтересоваться: с какой вероятностью Волк съест бабушку, если не уверены в ряде значений входных переменных.

Исследование нечетких сигналов на нечеткой модели позволяет провести ранее описанные исследования в более широком диапазоне сигналов.

4. Результаты

Решение на модели текста задачи прогноза. При управлении входными переменными (в ручном или автоматическом режиме, испытывая систему случайными сигналами) модель генерирует текст сказки в различных вариациях.

Например, классический вариант текста – $Q, A, E, F, C, J1, L1, S1, B, T, C1, D1$, установленные в единицу.

Установив свойства героев сказки и обстоятельства, генерируем новую траекторию развития сказки. Исследуем, какие условия являются критическими для достижения определенного результата сказки, как условия действуют друг на друга, выявляем излишние условия, не влияющие на результат и т.д.

Изменив условия сказки и характеры героев, исследуем, как изменилось повествование сказки и ее результат. Какие появились неожиданные сюжеты? От чего зависит новый результат сказки? Интересно посмотреть, сколько уравнений соответствует тексту сказки, каков порядок алгебраической модели, которая отражает сложность системы.

В частности, исследованию подлежат следующие вопросы: от чего зависит значение старшей степени уравнения? От чего зависит количество уравнений системы? Почему одни уравнения получились небольшой степени, а другие наоборот? Как это связано с текстом сказки? Какое уравнение имеет самую большую степень? Все ли уравнения связаны между собой, как это определить, исходя из текста сказки? Можно ли упростить систему уравнений (схему), не теряя всех ее свойств? На какие подсистемы можно разбить текстовую систему, разорвав минимальное количество связей? Как изменится течение сказки в зависимости от нюансов, появ-

вившихся в характере героев? Каким чертами должен обладать герой сказки, чтобы не попадать в неприятности? О чем должно позаботиться общество, чтобы сохранять здоровье и спокойствие его членов? Например, при каких условиях Волк никогда не съест КШ? Сколько таких условий и каковы они?

Далее нумеруются и упорядочиваются во времени и пространстве события из списка сказки. События, связанные с определенным героем, образуют семейство траекторий на плоскости «пространство – время». Исследуется, как меняется картина на плоскости «пространство – время» при изменении значений входных переменных.

Задача управления. Выражаем одну из выходных переменных через все остальные. Задав ее значение, рассматриваем значения выходных переменных и траектории поведения героев. Исследуется вопрос, какой должна быть эта переменная, чтобы обеспечить заданный исход сказки (заданные значения остальных переменных).

Задача организации. Используя алфавит схемы (кружки, квадратики, связи) в ручном варианте, в среде *Stratum-2000* [3] составляем модель нового текста (например, руководство по летной эксплуатации ЛА АН-12). После составления модели к ее выходным переменным подключается фильтр выявления нештатных и аварийных ситуаций. Модель в режиме прогноза испытывается системой случайных сигналов, генерируемых датчиком случайных чисел. Выявление в инструкциях и руководствах противоречий является важнейшим способом предотвращения аварий.

В автоматическом варианте по заданным наборам X и Y строится новая модель f , исключаяющая появление аварийных ситуаций. По сути, по таблице истинности, которая задается пользователем, строится минимальная дизъюнктивная нормальная форма (МДНФ). Осложнением здесь является размер таблицы истинности, которую должен синтезировать пользователь. Поэтому в ручном варианте исследования опираются на неполную таблицу, выявляя в дальнейшем в синтезируемой модели противоречия и нежелательные ситуации. Далее обсуждается вариант автоматизированного исследования, не критичный к объему текста.

Чтобы получить результат – сложную систему, необходимо создать язык *элементов*, язык *операций* с ними (связей) и способ *исчисления* свойств новых сложных систем, составленных с помощью этих элементов и связей.

То есть первый навык, дисциплинирующий мышление современного человека, состоит в составлении триады (элементы, связи, свойства) на каждом уровне организации материи. Программное обеспечение, помогающее человеку автоматизировать эти действия, должно иметь:

- *конструкторы* каждой составляющей этой триады;
- *интерпретаторы* для вычисления поведения систем, собранных средствами такого конструктора;
- *механизмы* выявления абстракций собранных систем (вычисление свойств систем из множества траекторий их поведения, построение модели по примерам поведения). Сегодня математика предлагает достаточно хорошо разработанный набор методов для расчета поведения систем при заданной модели и исходных входных данных. Вопрос остается в том, как по набору поведенческих траекторий вычислить свойство системы, которое она приобрела, соединив элементы между собой связями в единое целое.

Учитывая, что человечество использует три типа знаков (цифра, слово, образ), второй навык состоит в умении переходить от одного типа знаков к другому, как выше было показано на примере «слово-цифра». Очевидно, что, имея модель текста в виде таблицы или логической схемы, можно построить нейронную сеть, реагирующую на исходные данные текста, а затем, используя модель в виде нейросети, предсказывать изменение сюжета текста в зависимости от изменения входных условий.

Теперь продемонстрируем этот переход на примере «образ-цифра».

5. Синтез геометрических конструкций

Во-первых, создадим элементы для построения будущих сложных геометрических систем из них. Каждая геометрическая фигура имеет свою формулу, связывающую воедино множество ее точек, и наоборот. Если точка пространства принадлежит фигуре, то формула возвращает 1, иначе 0. То есть геометрическая фигура – это модель, уравнение с одной или многими переменными. Чем больше переменных использовано в описании фигуры, тем больше разных конфигураций в ней скрыто. Меняя значения переменных, можно менять вид фигуры. Разумеется, имея уравнение фигуры, его можно подвергать преобразованиям. А если есть описание фигуры, т.е. определены преобразования над ней, то можно решать задачи. Например, искать такой вид фигуры (такой набор значений ее переменных), который наиболее подходит под условия задачи.

Фигуры могут быть контурными (в этом случае мы имеем дело с уравнениями, описывающими линию контура), а могут быть заданы набором областей – полигональными (в этом случае мы имеем дело с неравенствами, описанием областей). Контурные фигуры – границы полигональных фигур.

Попробуем заготовить конструктор элементарных полигональных фигур. На рис. 3а видна заштрихованная синяя область (полуплоскость). Все точки этой области подчиняются неравенству: $x \geq 0$.

С помощью единичной функции Хэвисайда **one(x)** можно записать неравенство как: $Z_1 = \text{one}(x)$. Действительно, если x принимает значения $x = 0, 0.4, 2, 5$ и т.д., то функция возвращает значение 1, а при $x = -0.3, -4, -6$ возвращает 0. $Z = 1$ означает, что точка принадлежит заштрихованной области, если $Z = 0$ – нет.

Если надо определить другую область $x \geq a$ (рис. 3б), то соответствующая функция имеет вид: $Z_2 = \text{one}(x-a)$. На рис. 3в изображена область $x \leq b$, соответственно функция $Z_3 = 1 - \text{one}(x-b)$. Заметим, что конструкция $Z_3 = 1 - \text{one}(x)$ соответствует операции НЕ.

Аналогично с рис. 3г, 3д, 3е – $Z_4 = \text{one}(y)$, $Z_5 = \text{one}(y-a)$, $Z_6 = 1 - \text{one}(y-a)$.

Область на рис. 3ж определяется функцией $Z_7 = 1 - \text{one}(x^2 + y^2 - r^2)$, на рис. 3з – функцией $Z_8 = 1 - \text{one}((x-x_c)^2 + (y-y_c)^2 - r^2)$.

Любая область, чей контур задан как $y=f(x)$, может быть представлена в виде функции $z = 1 - \text{one}(y-f(x))$ или $z = \text{one}(y-f(x))$ в зависимости от того, что требуется, описать фигуру внутри контура или снаружи.

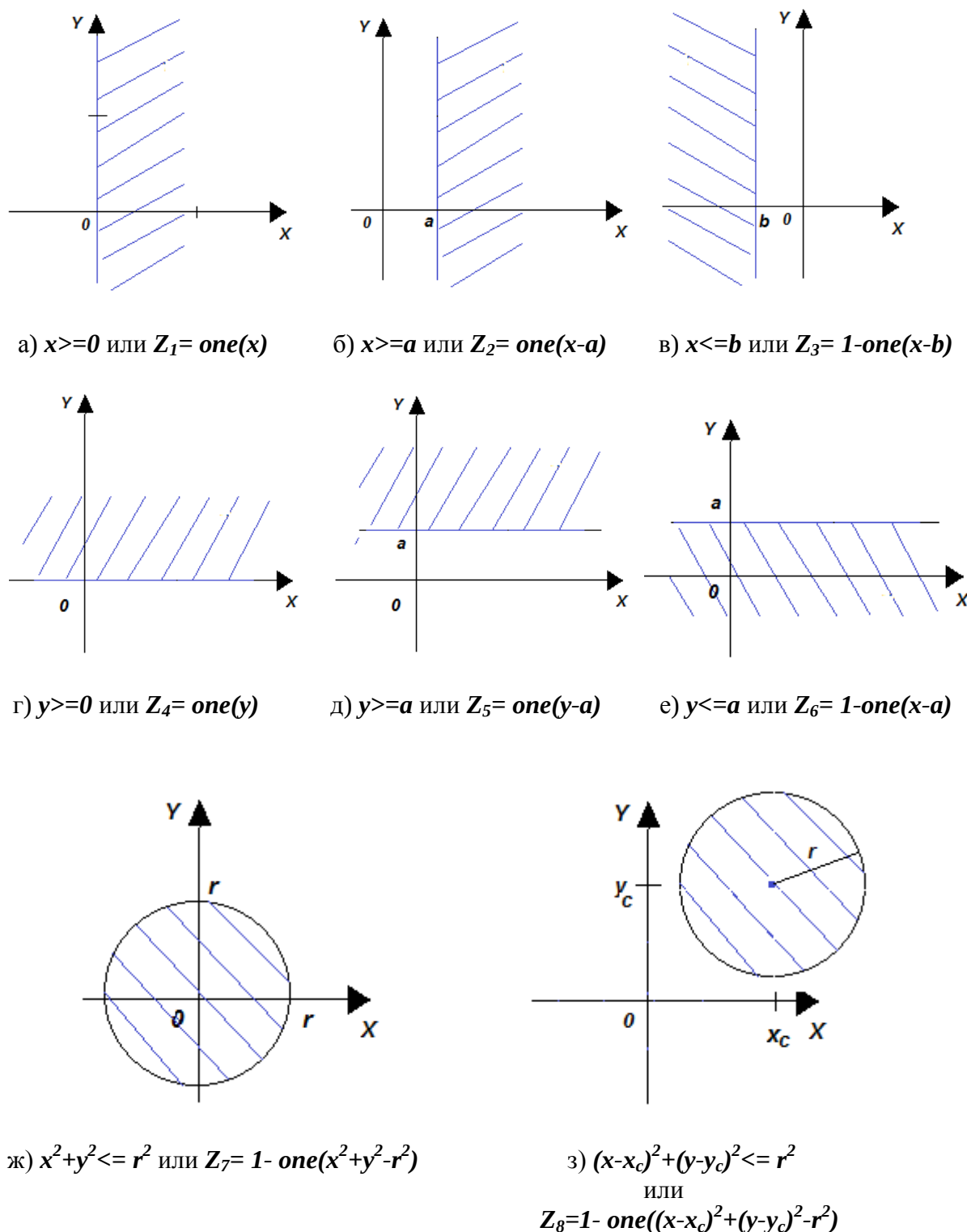


Рис. 3. Набор элементов полигональных фигур для геометрического конструктора

Во-вторых, определимся с операциями над заданными элементами. Основных операций – три: объединение (сложение, добавление, **ИЛИ**), пересечение (вычитание, отнимание, удаление, **И**) и отрицание («наоборот», взятие обратного, **НЕ**).

Опишем произвольную (рис. 4) фигуру Z , используя конструктор элементарных фигур и введенные операции.

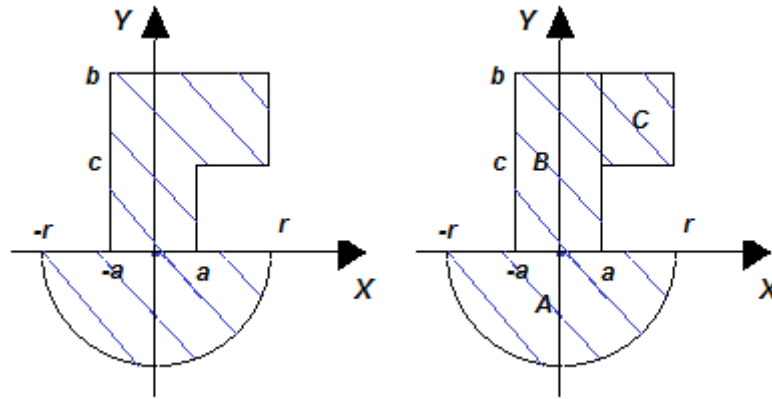


Рис. 4. Составная полигональная фигура

Для этого разобьем фигуру Z на более простые (A , B , C), опишем каждую из них и составим общую функцию $Z(x,y)$:

$$Z = A+B+C$$

(для составления общей фигуры Z из частей A , B , C использована операция **ИЛИ**, соответствующие знаки операции $+$ и $|$. Использованный знак операции « $+$ » означает, что точка (x, y) принадлежит или области A , или области B , или области C).

В свою очередь фигура A тоже может быть составлена из более простых:

$$A = Z_7 * Z_6$$

(для составления фигуры A из частей Z_7 , Z_6 использована операция **И**, знаки операции $*$ и $\&$. Операция « $*$ » означает, что точка (x,y) принадлежит и области Z_7 , и области Z_6 , одновременно).

Аналогично составим выражения для фигур B и C :

$$B = Z_3 * Z_2 * Z_4 * Z_6,$$

$$C = Z_3 * Z_2 * Z_4 * Z_6.$$

Подставляя параметры, заданные рисунком, и собирая функцию в единую запись, имеем:

$$Z=A+B+C = Z_7 * Z_6 + Z_3 * Z_2 * Z_4 * Z_6 + Z_3 * Z_2 * Z_4 * Z_6$$

или, подставляя конкретные параметры:

$$Z = (1 - \text{one}(x^2 + y^2 - r^2)) * (1 - \text{one}(y)) + (1 - \text{one}(x-a)) * \text{one}(x+a) * \text{one}(y) * (1 - \text{one}(y-b)) + (1 - \text{one}(x-r)) * \text{one}(x-a) * \text{one}(y-c) * (1 - \text{one}(y-b)).$$

Разумеется, эту формулу можно при желании упростить, доведя ее до МДНФ стандартными методами.

Как было указано выше, функция $\text{one}(x)$ – функция Хэвисайда, которая соответствует модели нейрона.

Если по каким-то причинам использовать единичную функцию $\text{one}(x)$ не желательно, можно оставить эту запись в виде неравенств (в нотации языка Си++):

$$Z = ((x^2 + y^2 \leq r^2) \&\& (y \leq 0)) \parallel (x \leq a) \&\& (x \geq -a) \&\& (y \geq 0) \&\& (y \leq b) \parallel (x \leq r) \&\& (x \geq a) \&\& (y \geq c) \&\& (y \leq b)).$$

Здесь знаки **&&** означают *операцию И*, а **||** - *операцию ИЛИ*.

Корректной является также запись:

$$Z = ((x^2+y^2 \leq r^2) * (y \leq 0) + (x \leq a) * (x \geq -a) * (y \geq 0) * (y \leq b) + (x \leq r) * (x \geq a) * (y \geq c) * (y \leq b) - (x^2+y^2 \leq r^2) * (y \leq 0) * (x \leq a) * (x \geq -a) * (y \geq 0) * (y \leq b) - (x^2+y^2 \leq r^2) * (y \leq 0) * (x \leq r) * (x \geq a) * (y \geq c) * (y \leq b) - (x \leq a) * (x \geq -a) * (y \geq 0) * (y \leq b) * (x \leq r) * (x \geq a) * (y \geq c) * (y \leq b) + (x \leq a) * (x \geq -a) * (y \geq 0) * (y \leq b) * (x \leq r) * (x \geq a) * (y \geq c) * (y \leq b) * (x^2+y^2 \leq r^2) * (y \leq 0)).$$

Эта запись *эквивалентна* предыдущим (подчеркивание применено для наглядности прочтения формулы человеком). Разумеется, удобной она является для компьютерного интеллекта, действующего формально.

В традиционном, но крайне неудобном «многоэтажном» виде с квадратными и фигурными скобками эта запись выглядит так:

$$\left[\begin{array}{l} \{ x^2+y^2 \leq r^2 \\ y \leq 0 \\ -a \leq x \leq a \\ 0 \leq y \leq b \\ a \leq x \leq r \\ c \leq y \leq b \end{array} \right.$$

1. Подставляя пары чисел (x,y) , можно для каждой конкретной точки, заданной этими координатами, понять, входит ли точка в заштрихованную область (принадлежит фигуре) или нет. Если функция $Z(x,y)$ возвращает 1, то точка (x,y) принадлежит фигуре, если функция возвращает 0, то точка (x,y) не принадлежит фигуре.

2. Зная функцию $Z(x,y)$, можно в любой момент ее *отрисовать*, заштриховав область, куда входят ее точки.

3. Функция $Z(x, y)$ *легко хранится* в цифровой форме в памяти компьютера как последовательность символов строки. Длина записи, обычно критичная для математика, для компьютера никакого значения не имеет, а составление записи любой сколь угодно сложной фигуры и ее преобразования легко автоматизируются. Например, существует универсальная процедура разбиения на треугольники любой фигуры.

4. *Можно соединять* разные фигуры между собой (операциями *И*, *ИЛИ*, *НЕ*), получая все новые варианты, конструировать все более сложные изделия. При этом компьютер преобразует формулу и по формуле создает новый рисунок изделия автоматически.

5. Меняя значения параметров, *можно менять форму* фигуры (в известных пределах). Чем в более общем виде вы записываете функцию, тем большее разнообразие фигур получаете.

6. *Меняя значения параметров*, можно добиваться *совершенных фигур* и конструкций из них. Например, попробовать скомпоновать части ракеты так, чтобы сделать ее форму более

компактной или обтекаемой (рис. 5). Можно попробовать минимизировать периметр фигуры по отношению к ее площади. И так далее.

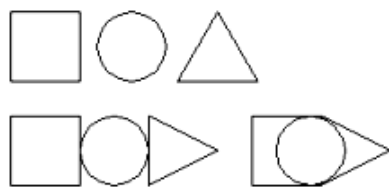


Рис. 5. Компоновка сложной фигуры из простейших

7. Автоматически *меняя знаки операций в функции* и *меняя* параметры отдельных ее элементов, можно, используя компьютер, подобрать наиболее *эффективную форму* (найти лучшую функцию). Для этого надо задать ограничения и цель (формулу оценки формы, критерий отбора вариантов). Каждую вновь создаваемую функцию $Z(x,y)$ компьютер должен проверить на допустимость по ограничениям (обязательным условиям) и при нарушении ограничений выбросить (забыть) такой вариант. А среди допустимых форм по значениям критерия выбрать лучший вариант. Поскольку компьютер просчитывает миллиарды вариантов в секунду, то за небольшое время находятся вполне неплохие компоновки. Такой автоматизированный метод поиска оптимальных форм называется эволюционным проектированием. Например, если задать в качестве критерия отбора обтекаемость фигуры, влияющую на скорость ее движения в водной среде, ограничить массу, ввести понятие «фигура съедает другую фигуру», учесть прожорливость и запустить эволюцию, то из бесформенного комочка за несколько поколений моделирования вырастает вполне совершенная форма акулы, идеального хищника.

В-третьих, в дальнейшем покажем (часть 3), как можно, *меняя* элементы и операции (т.е. состав и структуру), создавать новые геометрические сложные системы автоматически.

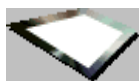
Итак, в любом случае интеллектуальная деятельность – это способность к построению моделей (выявление и обозначение причинно-следственных связей между элементами в вычисленной системе координат), оперирование ими средствами соответствующих алгебр (преобразователей знаков) с целью решения задач (исчисления ответов на вопросы, неизвестных по известным).

Далее имеет смысл в случае построения искусственного интеллекта позаботиться о воспроизведении этих функций автоматическими средствами.



Список цитируемых источников

1. Медоуз Д. Азбука системного мышления. – М.: БИНОМ, 2010.
2. Lotfi Zadeh. From computing with numbers to computing with words – from manipulation of measurements to manipulation of perceptions // International Journal of Applied Math and Computer Science. – 2002. – Vol. 12, №. 3. – P. 307–324.
3. Stratum-2000 for Windows [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.stratum.ac.ru/education/stratum /3.0/description. html> (дата обращения: 06.05.2019).



УДК 004.8

О.И. Мухин

УСИЛИТЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОСТИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ МЫСЛЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ. ЧАСТЬ 3

Интеллект – автоматическое проектирование моделей окружающей действительности и автоматическое решение задач на их основе средствами преобразования знаковых систем. Результатом деятельности интеллектуальной системы является автоматическое построение алгоритма решения задачи, вычисление ответа на поставленный системе вопрос.

Ключевые слова: исчисление моделей, автоматическое преобразование моделей, интеллект, автоматическое решение задач, автоматическое построение алгоритмов.

Умение строить (проектировать) и преобразовывать знаковые системы с целью решения на них задач и поиска ответов на вопросы – интеллект, способность к мышлению сознательной материи. Автоматизация этого процесса – необходимое условие развития новых свойств системы, опережающее создание нового и гарантии сохранения существующей системы, устойчивости ее от постоянных разрушительных воздействий других систем и окружающей среды. Выживает и развивается тот, кто успевает адаптироваться к изменяющемуся окружающему миру.

Адаптация – способ построения наиболее адекватной модели окружающего мира по его проявлениям с целью предсказания его будущего поведения и выработки контрмер, блокирующих негативное развитие ситуаций.

Интеллект – сверхбыстрый адаптер, чья скорость и точность реакции на изменение окружающего мира определена автоматизацией, усилителем мыслительной деятельности. Точность реакции определена точностью построения модели мира в мозге, способностью ее построить и воспользоваться ею (решить задачу). Кто быстрее выстраивает более адекватное изменчивому окружающему миру поведение, тот меньше ошибается, тот выигрывает в соревновании.

Две цели, стоящие перед искусственным интеллектом, – автоматически составить модель и автоматически решить на ней задачу. Третья цель – осуществить решение двух первых задач как можно быстрее, а при быстром изменении правил мира реализовывать процесс построения и решения модели как можно чаще, охватывая моделью мира как можно больший круг взаимодействующих сущностей.

1. Метод эволюционного проектирования и моделирования – автоматизация составления моделей по предъявляемым данным

Допустим, что у нас есть две функции: $Z = A + Y * \sin(X)$ и $Z = X^3 + Y * X$. В памяти компьютера их можно представить, как деревья (рис. 1).

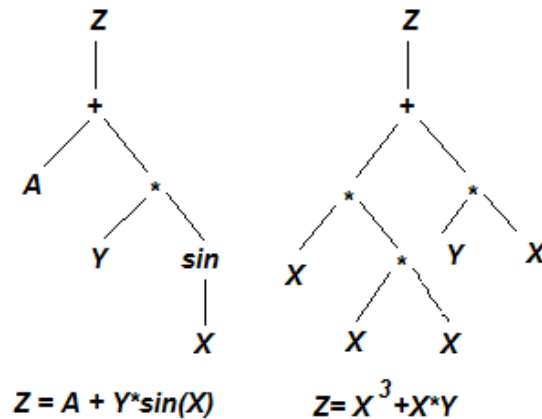


Рис. 1. Представление функций в виде деревьев

В дереве пронумеруем его ветви, например, так, как представлено на рис. 2 по правилу «северо-западного угла». В первом дереве нашего примера пронумеруется 6 ветвей, во втором – 9.

Разыграем целые случайные числа от 1 до 6 и от 1 до 9. Если генератор случайных чисел компьютера выдал числа 5 и 7, то разрываем ветви 5 и 7.

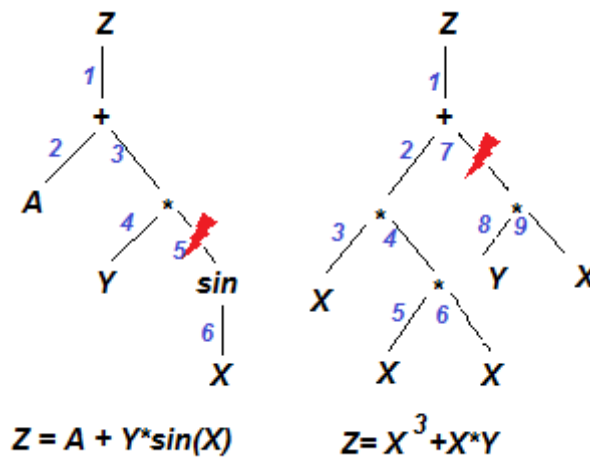


Рис. 2. Кроссинговер деревьев генератором случайных чисел

Прививаем ветви 8 и 9 второго дерева к ветви 5 первого дерева. Также прививаем ветвь 6 первого дерева к ветви 7 второго. Таким образом, деревья обмениваются ветвями (рис. 3).

Фактически это соответствует обмену генами между двумя длинными хромосомами у биологических объектов.

Исходные хромосомы $\{Z + A * Y \sin X\}$ и $\{Z + * X * X X * Y X\}$. Хромосомы записаны как последовательность узлов и листьев дерева, пройденных в порядке нумерации ветвей.

Разрываем хромосомы по 5-му и 7-му гену:

$$\{Z + A * Y \text{РАЗРЫВ} \sin X\} \text{ и } \{Z + * X * X X \text{РАЗРЫВ} * Y X\},$$

и соединяем, перекрещивая, их части:

$$\{Z + A * Y \text{ СКЛЕЙКА} * Y X\} \text{ и } \{Z + * X * X X \text{ СКЛЕЙКА} \sin X\}.$$

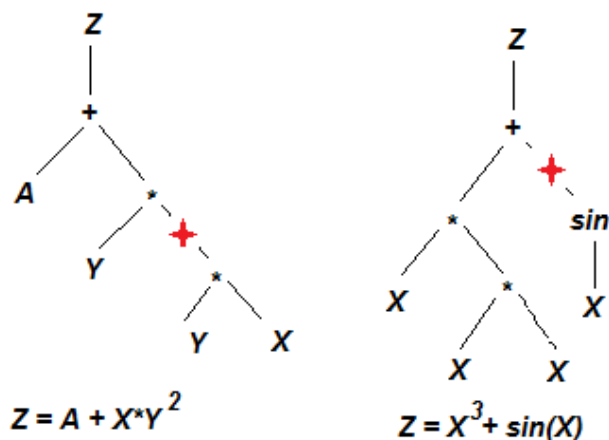


Рис. 3. Эволюция дерева

В итоге появляются новые хромосомы, новые формулы и, соответственно, новые геометрические фигуры:

$$\{Z + A * Y * Y X\} \text{ и } \{Z + * X * X X \sin X\} \text{ или } Z = A + X * Y^2 \text{ и } Z = X^3 + \sin(X).$$

Такую процедуру (скрещивание) используют многократно. При эволюционном проектировании разрыв ветви дерева осуществляется в каждом поколении в разных местах, случайно, много раз, порождая множество потомков. Один шаг порождает множество потомков одного поколения.

На каждом шаге оценивают появившиеся формы потомков по заданному критерию отбора. Лучшие формы оставляют для дальнейшего скрещивания в следующем поколении, а плохие забывают. Через сотню – тысячу поколений появляется функция (форма), вполне удовлетворяющая условиям поиска.

Например, в среде *Stratum-200* был осуществлен поиск модели, наилучшим образом описывающей орбиты планет Солнечной системы. В качестве переменных были выбраны период обращения планеты вокруг Солнца T и среднее расстояние R от планеты до Солнца. Соответствующие примеры приведены в табл. 1. Поиск осуществлялся среди хромосом, содержащих в своем составе гены из множества $\{T, R, +, -, *, /, \wedge\}$. Эволюционный генетический алгоритм, породив 200 поколений формул, нашел закон $T^2 - R^3 = 0$, известный нам сегодня как третий закон Кеплера, который идеально (с невязкой, равной 0) описывает примеры табл. 1.

Таблица 1

Примеры для вывода закона Кеплера

Планета Солнечной системы	Период обращения планеты вокруг Солнца, T	Среднее расстояние от планеты до Солнца, R
Венера	0.61	0.72
Земля	1.00	1.00
Марс	1.87	1.52

Окончание табл. 2

Юпитер	11.9	5.20
Сатурн	29.4	9.53
Уран	83.5	19.1

2. Автоматизация решения задач на моделях

Автоматизация решения задач состоит в способности решить огромную систему уравнений относительно указанных неизвестных, которую составляют как систему моделей отдельных элементов и связей сложного устройства. Для этого нужны мощные компьютеры, работающие с большой скоростью. Появление квантовых компьютеров приведет к новым возможностям в этом направлении.

Современное упрощение этой проблемы состоит в выделении явного хода решения задачи, которое представляет собой выявление цепочки преобразований от известных величин к неизвестным. Для этого надо просмотреть все имеющиеся в задаче выражения и найти такое, у которого все величины, кроме одной, известны из условия задачи, вычислить неизвестную величину и пометить ее далее, как уже известную. Естественно, для каждого элемента графа (выражения) должна быть определена обратная операция (при декомпозиции графа до базовых операций обратные им операции полностью определены). Процедуру надо повторять циклически с постоянно обновляемым набором известных величин до тех пор, пока такие выражения обнаруживаются. То есть процедура нахождения цепи вычислений состоит в нахождении ярусно-параллельной формы графа, представленного матрицей смежностей его элементов.

Если выражения ссылаются друг на друга циклично, например, $(x+y=10) \&\& (xy=5)$, то эту часть задачи надо решать как систему уравнений.

Если есть необходимость, а так бывает, если окажется, что имеющегося ряда моделей не хватает для решения задачи, то в систему уравнений подгружают недостающие модели из базы знаний.

Постепенно накопление, доступность и организация моделей в Интернете приведет к доступности их для решения любых задач.

Итак, задача состоит в том, чтобы компьютер выразил и вычислил неизвестные величины (ответы на вопросы) через известные (гипотезы), прокладывая путь в системе связанных между собой формул, уравнений (законов) и понятий (переменных) – модели. Достаточно выбрать среди возможных путей тот, который возможен в текущей ситуации (дальнейшее движение от формулы к формуле зависит от определенных к данному моменту величин).

Для примера рассмотрим действие алгоритма автоматизации решения задач на модели планиметрии евклидовой геометрии. Элементарными понятиями (переменными) здесь являются: сторона, угол, высота, медиана и т.п. Есть сложные объекты, составленные из этих элементов, например, прямоугольник, треугольник, квадрат, ромб и т.д. Элементарные понятия в целом сложном объекте связаны друг с другом определенными законами и соотношениями.

Можно для наглядности изобразить этот факт графически в виде элементов (вершин) и связей между ними, то есть *графа*. *Вершинами графа* будут *законы*. Закон – это связанные между собой уравнением элементарные понятия. *Связями вершин* будут *переменные*, которые

встречаются как в одной, так и в другой связываемой между собой вершине. Связи подписываются именами переменных рядом с линией или в разрыве линии. В целом граф описывает множество законов одного сложного объекта, действующих совместно друг с другом согласно заданным связям.

Весь *граф* в целом представляет собой *новое сложное понятие*, которое определено системой уравнений, связывающих воедино более простые понятия. Поскольку уравнение – это математическое выражение закона или закономерности, то *совокупность законов определяет новое понятие*. Совокупность законов – связанные между собой элементарные понятия.

Определяя вершины графа, мы задаем *состав* предметной области, а определяя их связи, задаем *структуру*. Можно сказать, что структура сложного объекта (сложного составного понятия) представляется графом, т.е. связанными между собой элементами. Новое сложное понятие, заданное графом, обладает системными свойствами, которыми не обладает никакая из ее составляющих.

Поскольку *система* – это элементы, связанные между собой, то граф – это наглядное графическое изображение системы.

Проиллюстрируем построение и использование графа на примере такого понятия, как «треугольник». Названия всех связей графа – элементарные понятия, которые используются при описании треугольника (рис. 4).

Элементы треугольника:

α, β, γ - углы треугольника,	m_a - медиана, проведенная к стороне a ,
a - сторона, лежащая против угла α ,	m_b - медиана, проведенная к стороне b ,
b - сторона, лежащая против угла β ,	m_c - медиана, проведенная к стороне c ,
c - сторона, лежащая против угла γ ,	h_a - высота, проведенная к стороне a ,
P - периметр,	h_b - высота, проведенная к стороне b ,
R - радиус описанной окружности,	h_c - высота, проведенная к стороне c .
r - радиус вписанной окружности,	
S - площадь треугольника,	

Рис. 4. Элементарные понятия, используемые в планиметрии (связи графа)

Перечислим вершины графа, т.е. законы, имеющие отношение к треугольнику и опирающиеся на данные элементарные понятия (рис. 5), и свяжем их в единую систему элементарными понятиями-переменными.

В зависимости от того, сколько таких законов мы будем использовать (все или только какую-то часть из них), могут получаться более простые или более сложные графы. (Мы рекомендуем использовать все известные нам в данной предметной области законы.).

$S = \frac{1}{2}ah_a$	$S = \frac{abc}{4R}$	$h_b = c \sin \beta$	$b = 2R \sin \beta$	$Na = b + c - a$
$S = \frac{1}{2}bh_b$	$S = 2R^2 \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma$	$h_b = b \sin \gamma$	$c = 2R \sin \gamma$	$Nb = a + c - b$
$S = \frac{1}{2}ch_c$	$S = \sqrt{(\frac{P}{2} - a)(\frac{P}{2} - b)(\frac{P}{2} - c)\frac{P}{2}}$	$h_b = c \sin \alpha$	$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$	$Nc = a + b - c$
$S = \frac{1}{2}bc \sin \alpha$	$a = \frac{2}{3} \sqrt{2m_b^2 + 2m_c^2 - m_a^2}$	$h_b = a \sin \gamma$	$m_a = \frac{1}{2} \sqrt{2c^2 + 2b^2 - a^2}$	$P = a + b + c$
$S = \frac{1}{2}ab \sin \gamma$	$b = \frac{2}{3} \sqrt{2m_a^2 + 2m_c^2 - m_b^2}$	$h_c = a \sin \beta$	$m_b = \frac{1}{2} \sqrt{2a^2 + 2c^2 - b^2}$	$\sin \gamma = \frac{\sqrt{Na Nb Nc P}}{2ab}$
$S = \frac{1}{2}ac \sin \beta$	$c = \frac{2}{3} \sqrt{2m_a^2 + 2m_b^2 - m_c^2}$	$h_c = b \sin \alpha$	$m_c = \frac{1}{2} \sqrt{2a^2 + 2b^2 - c^2}$	$\sin \alpha = \frac{\sqrt{Na Nb Nc P}}{2bc}$
$P = a + b + c$	$S = \frac{\sqrt{(m_a + m_b + m_c)(m_a + m_b - m_c) \cdot (m_a - m_b + m_c)(m_c + m_b - m_a)}}{3}$	$a = 2R \sin \alpha$	$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta}$	$\sin \beta = \frac{\sqrt{Na Nb Nc P}}{2ac}$
$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma$	$S = \frac{P}{2} r$	$\frac{c}{\sin \gamma} = 2R$	$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{c}{\sin \gamma}$	
$b^2 = c^2 + a^2 - 2ac \cos \beta$		$\frac{a}{\sin \alpha} = 2R$	$\frac{c}{\sin \gamma} = \frac{b}{\sin \beta}$	
$a^2 = c^2 + b^2 - 2bc \cos \alpha$		$\frac{b}{\sin \beta} = 2R$		

Рис. 5. Основные соотношения в треугольнике (вершины графа)

На рис. 6 показана пара вершин графа с принадлежащими им связями.



Рис. 6. Вершины графа, представляющие различные соотношения в предметной области «треугольник»

Если соединить эти две вершины между собой, пользуясь тем фактом, что обе они используют одно и то же понятие (сторона a) и поэтому могут быть связаны, то получим более сложную новую структуру (рис. 7).

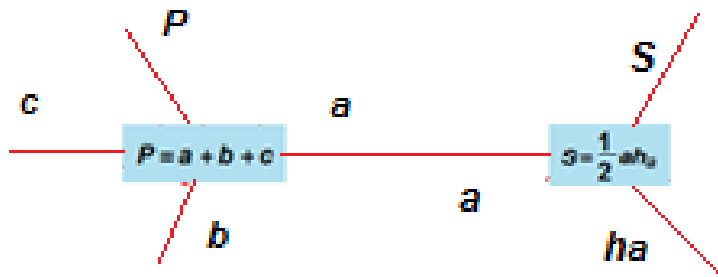


Рис. 7. Связывание вершин графа в предметной области «треугольник»

Если соединить между собой множество тех вершин, у которых в законах упоминаются одни и те же понятия, то получим связную структуру, характеризующую понятие «треугольник». Такая структура представит нам наглядно понятие «треугольник».

На рис. 8 представлено одно из наиболее полных определений понятия «треугольник» через его свойства.

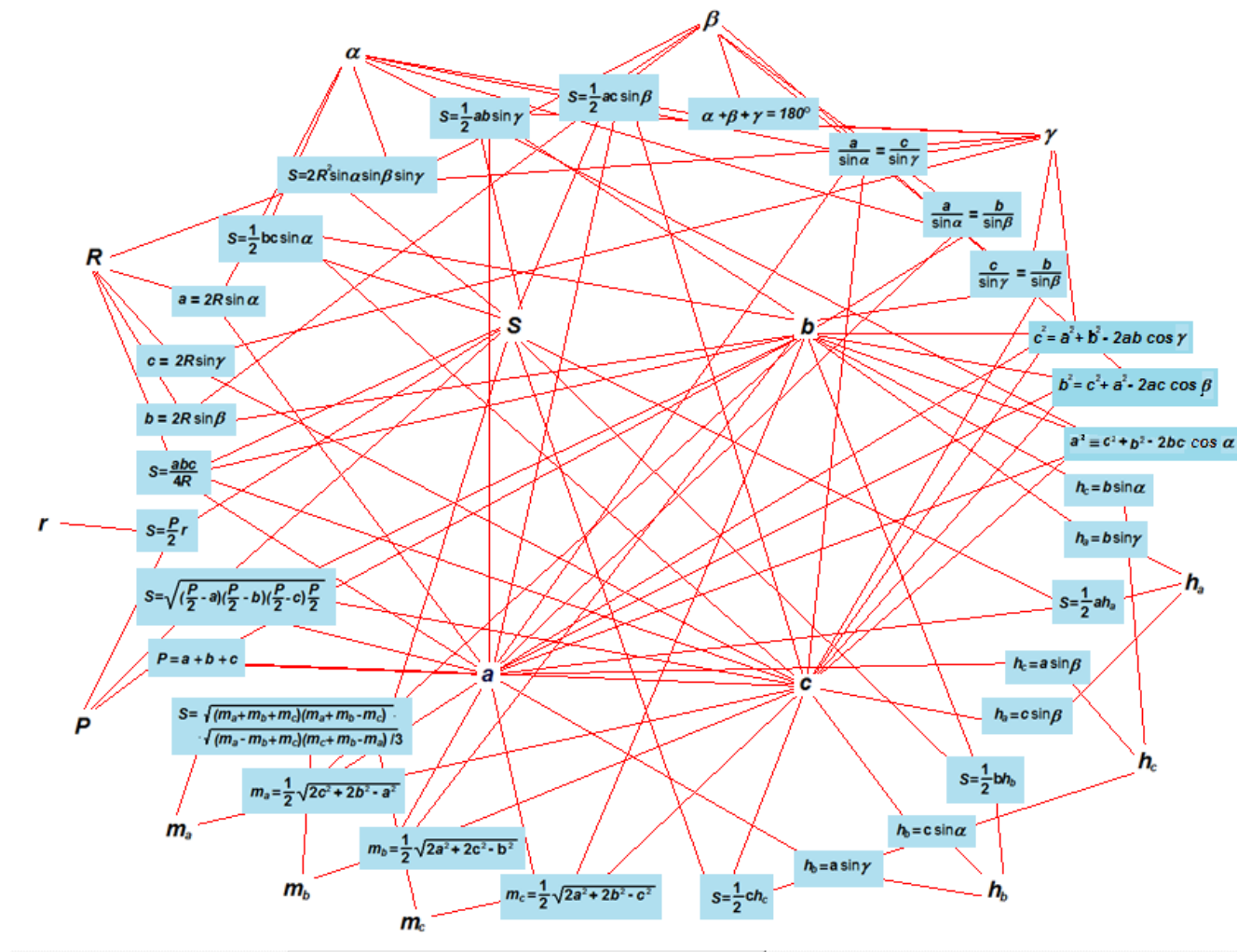


Рис. 8. Граф понятия «треугольник», содержащийся в базе знаний «планиметрия»

В ряде случаев предметная область может быть сужена: из всех известных нам законов, упомянутых в базах знаний, можно отобрать те, которые имеют отношение к рассматриваемому классу задач.

Например, отберем и перенумеруем из базы знаний 16 элементарных понятий (три высоты, три медианы, три угла, периметр, площадь, радиус вписанной в треугольник окружности и радиус описанной окружности, три стороны) и 13 законов – вершин графа: 1, 2, 3, 8, 9, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20 (рис. 9).

Граф может быть задан таблицей (табл. 2) отношений «вершины – связи», т.е. перечислением его вершин с указанием, какие из них должны быть связаны между собой законами. Если в пересечении столбца и строки стоит единица, то данная переменная (понятие) входит в соот-

ветствующий закон. Например, понятие «площадь S » упоминается в 9, 19 и 20-м законе. А закон 9 формулируется с использованием понятий a , b , c , P и S .

$$\begin{aligned} \sin \gamma &= \frac{\sqrt{(c-a+b)(c+a-b)(a+b-c)(a+b+c)}}{2ab} & (1) & \quad h_b = a \sin \gamma & (11) \\ \sin \alpha &= \frac{\sqrt{(c-a+b)(c+a-b)(a+b-c)(a+b+c)}}{2bc} & (2) & \quad h_c = b \sin \alpha & (12) \\ \sin \beta &= \frac{\sqrt{(c-a+b)(c+a-b)(a+b-c)(a+b+c)}}{2ac} & (3) & \quad h_a = c \sin \beta & (13) \\ P &= a+b+c & (8) & \quad m_a = \frac{1}{2} \sqrt{2c^2 + 2b^2 - a^2} & (16) \\ S &= \sqrt{\left(\frac{P}{2} - a\right)\left(\frac{P}{2} - b\right)\left(\frac{P}{2} - c\right)\frac{P}{2}} & (9) & \quad m_b = \frac{1}{2} \sqrt{2a^2 + 2c^2 - b^2} & (17) \\ & & & \quad m_c = \frac{1}{2} \sqrt{2a^2 + 2b^2 - c^2} & (18) \\ & & & \quad S = \frac{P}{2} r & (19) \\ & & & \quad S = 2R^2 \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma & (20) \end{aligned}$$

Рис. 9. Подмножество базы знаний «треугольник»

Поскольку в каждой из *задач*, которые нам приходится решать, часть переменных задана, а часть неизвестна, то, используя связи в графе, следует постепенно переходить от известных элементов к неизвестным, отыскивая соответствующие пути в графе. Искомый путь будет лежать через законы (вершины), которые надо использовать для вычисления, чтобы постепенно переходить от одних величин к другим, последовательно определяя их друг за другом. В математике это соответствует процедуре поиска ярусно-параллельной формы графа (ЯПФ).

Такой способ разрешает так называемые *явные* задачи и имеет название «*вычисление по цепочке*».

Допустим, в треугольнике нам даны две стороны (a , b) и угол γ между ними. Найдем все остальные неизвестные величины (c , α , β , P , S , h_a , h_b , h_c , m_a , m_b , m_c , R , r). Согласно процедуре приведения графа к ЯПФ имеем следующую последовательность вершин и связей, разрешающую нашу задачу: (a , b , γ) – 1 – c – 2 – α – 3 – β – 13 – h_a – 11 – h_b – 12 – h_c – 16 – m_a – 17 – m_b – 18 – m_c – 8 – P – 9 – S – 19 – r – 20 – R .

Таблица 2

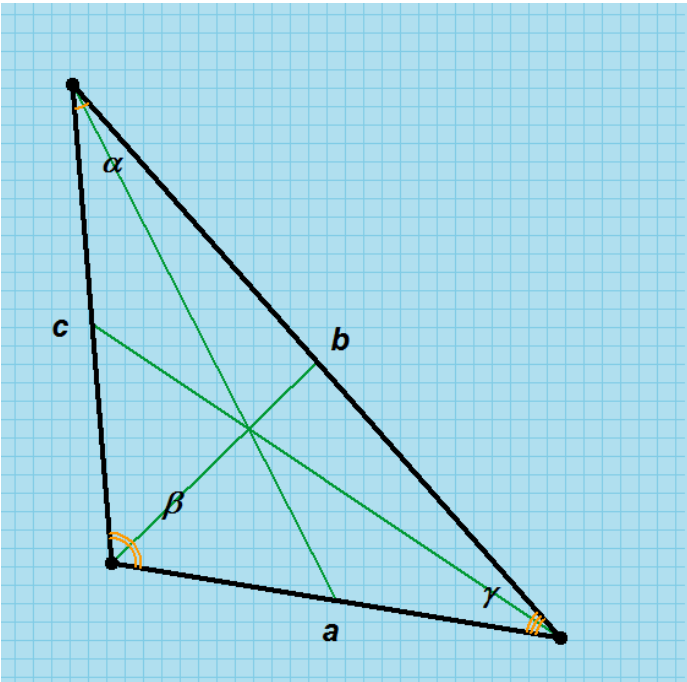
Отношения в графе между элементарными понятиями (переменными) и законами (связями)

	1	2	3	8	9	11	12	13	16	17	18	19	20
a	1	1	1	1	1	1			1	1	1		
b	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1		
c	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1		

Окончание табл. 2

α		1					1						1
β			1					1					1
γ	1					1							1
P				1	1							1	
S					1							1	1
ha								1					
hb						1							
hc							1						
ma									1				
mb										1			
mc											1		
r												1	
R													1

На рис. 10 показана реализация задачи, предъявленной системе *Stratum-2000*. В результате самопрограммирования среда составила алгоритм расчета ответа задачи (рис. 11) и рассчитала по составленному алгоритму ответ (с точностью до двух знаков после запятой): $m_c=30,71$; $c=26,09$; $a=24,79$; $P=91,02$; $S=313,66$ (рис. 12).



Дано:

Сторона b - 40.14 см.

Медиана ma - 31.5 см.

Медиана mb - 15.65 см.

Найти:

Медиана mc

Сторона c

Сторона a

P треугольника

S треугольника

Рис. 10. Генерация задачи из предметной области «планиметрия» в среде проектирования и моделирования *Stratum-2000* (входной интерфейс)

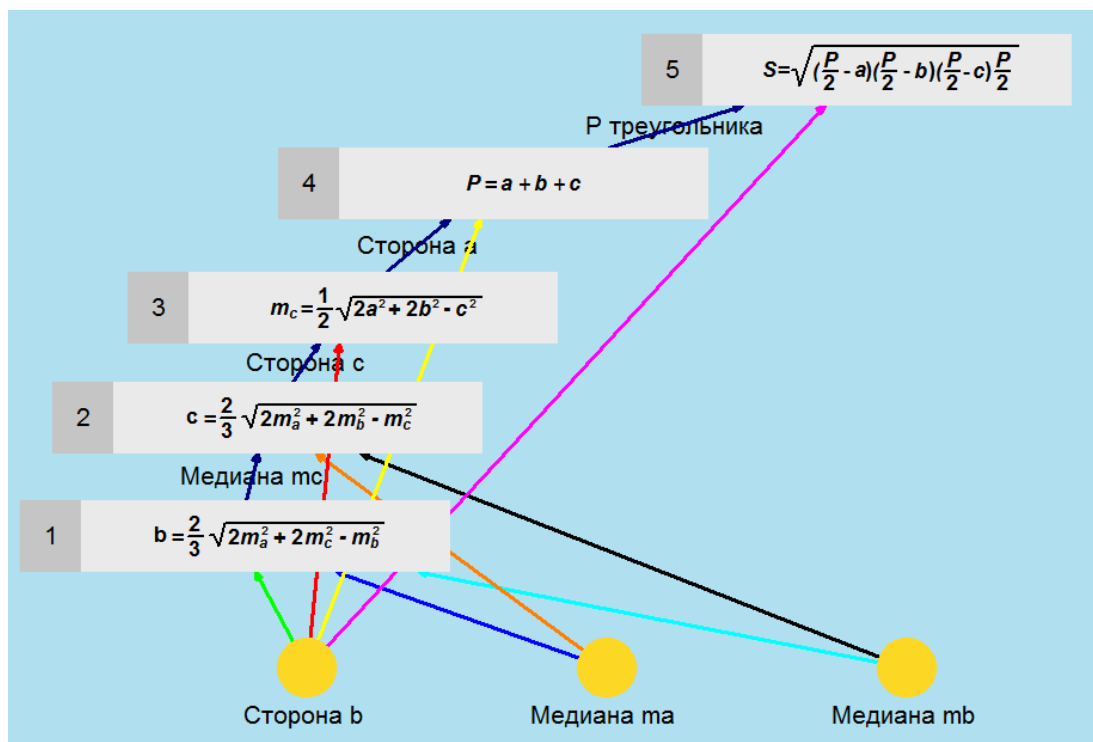


Рис. 11. Алгоритм решения задачи, автоматически составленный средой Stratum-2000, представленный в виде ориентированного графа в ЯПФ, промежуточный интерфейс системы

ме-

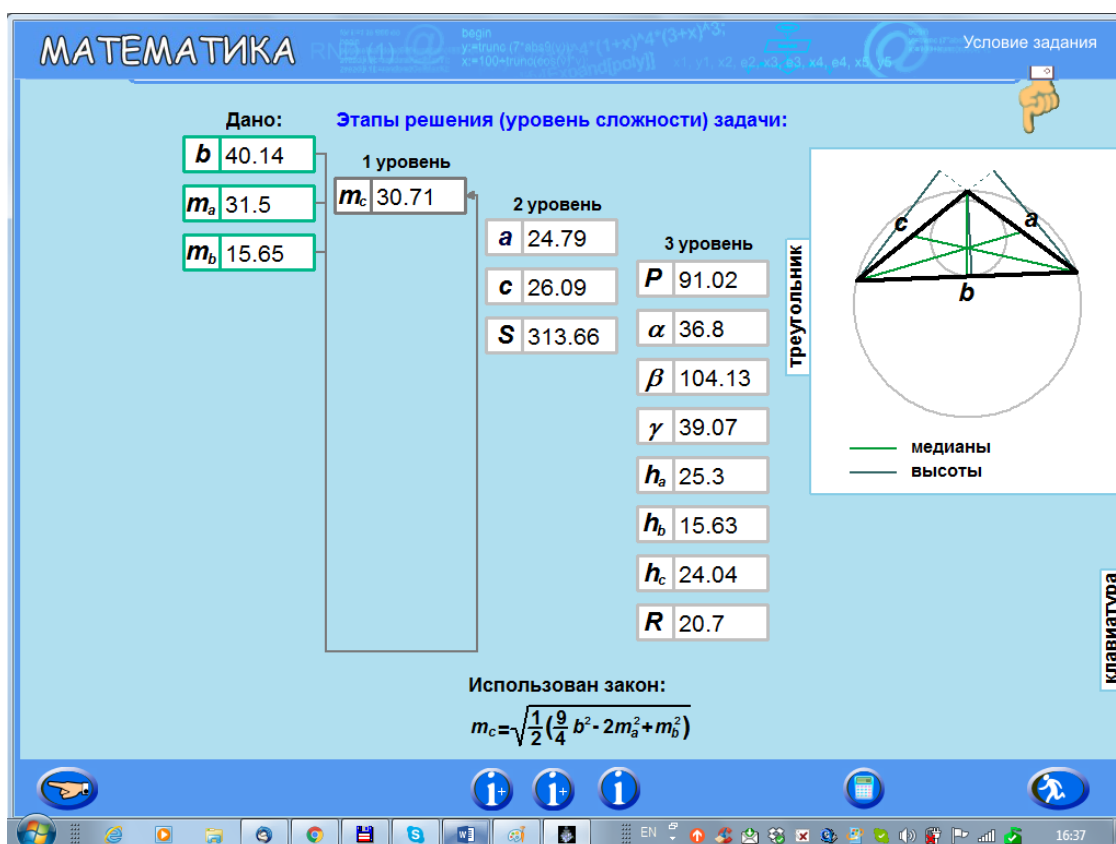


Рис. 12. Выходной интерфейс системы, предъявление пользователю процедуры решения задачи и ее результатов (ориентированный граф модели в ЯПФ) с пояснениями и геометрической интерпретацией

Более сложные (*неявные*) задачи, где одна неизвестная переменная ссылается на другую, а та в свою очередь на первую, цепочкой вычислений представлены быть не могут и должны решаться как система уравнений. То есть особенностью такого графа являются графы с петлями, не приводимые к ЯПФ. Неявные задачи в свою очередь распадаются на линейные и нелинейные, требующие собственных методов решения.

Сформулируем для примера неявную задачу. Дана площадь треугольника $S = 100$. Длина медианы m , проведенной к стороне a , равна 25, сторона c больше стороны b в 1.5 раза. Требуется найти остальные стороны треугольника: b , c .

Условия задачи формируют нам систему четырех уравнений в понятиях метода координат с известными величинами m и S :

$$m^2 = ((xc+c)^2 + yc^2)/4$$

$$S = c*yc/2$$

$$b^2 = xc^2 + yc^2$$

$$c = 1.5*b$$

Соответствующий им граф (модель) показан на рис. 13.

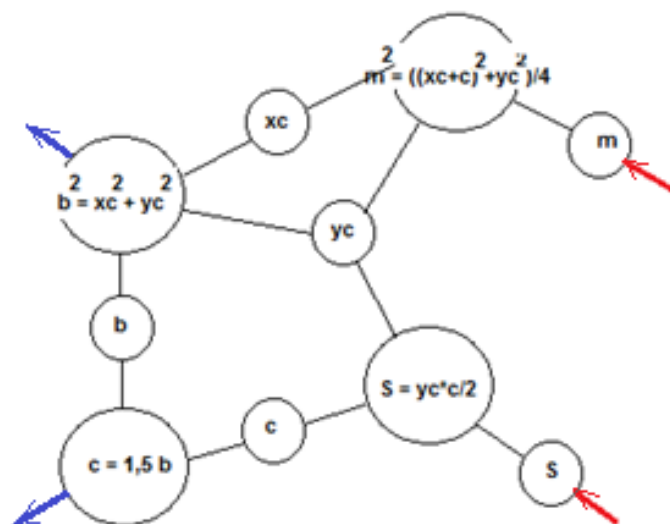


Рис. 13. Граф неявной задачи

Решение системы уравнений получено методом градиента относительно четырех неизвестных величин: xc , yc , c , b (с точностью до двух знаков после запятой). Первый вариант решения: $c = 30.4$, $b = 20.27$, $xc = 19.17$, $yc = 6.58$. Второй вариант решения: $c = 149.92$, $b = 99.95$, $xc = -99.94$, $yc = 1.33$.

Оба ответа удовлетворяют условиям задачи. Это говорит о том, что существует по крайней мере два разных треугольника, подходящих под заданные условия: остроугольный и тупоугольный.

Уравнение графа (**уравнение системы**) составляется таким образом, чтобы каждая переменная системы упоминалась в нем минимальное число раз. Для треугольника это уравнение, содержащее понятия: площадь S , стороны (a , b , c), углы (α , β , γ), периметр P , радиусы описанной R и вписанной r окружностей, имеет вид:

$$\frac{S * r * P}{R * a * b * c * \sin(\alpha) * \sin(\beta) * \sin(\gamma)} = 1$$

и содержит сразу все его уникальные системные свойства. Такая формула является характеристикой всей фигуры «треугольник» в целом. Все известные соотношения в треугольнике содержатся «внутри» этой записи и выводятся из нее.

Например, если подставить значения всех составляющих сущностей конкретной фигуры, то можно узнать, является ли эта фигура треугольником. Фактически уравнение системы является определением понятия. Конкретное уравнение системы является определением конкретного понятия.

Кстати, каждая система имеет свою сложность. Из уравнения системы следует, что сложность треугольника равна 4. Так как, как это видно из единиц измерения, самое большее, что может получиться при решении задачи про треугольник, это уравнение 4-й степени.

3. Модели, задачи, алгоритмы искусственного интеллекта

Устойчивость цивилизационной системы и ее способность к развитию предопределена производительностью генерации ее результатов. Производительность – отношение результатов к уровню затрат на их получение, включая временные. Наибольшая производительность получается при максимальной автоматизации труда. Высшей степенью автоматизации является цифровизация, автоматизирующая проектирование, моделирование и конструирование товаров и услуг. Основным средством цифровизации является искусственный интеллект, встраиваемый в цепочку усилителей силы, перемещения, зрения и так далее, как усилитель мышления. Минимальные затраты при заданном количестве результата обеспечиваются синхронизацией процессов регулирования, управления и организации материальной и энергетической сфер деятельности человека. Управление предполагает, во-первых, составление моделей сложных систем и процессов, протекающих в них, и формулирование на их основе задач, а во-вторых, их решение с целью поиска ответов на поставленные вопросы.

Важнейшей проблемой, стоящей перед цифровой экономикой, является переход от описания систем и процессов в виде данных к описанию их в виде моделей с максимальной экономией сил и времени. То есть стоит задача автоматического составления моделей по данным, автоматического перехода от одного вида представления моделей к другим, автоматического составления задач, автоматического разрешения (исчисления и вычисления) задач [3]. Удобным современным средством представления и хранения информации является Интернет. Но наибольшую ценность Интернет может представлять в случае, если сайты будут предоставлять имеющуюся на них информацию в виде моделей знаний, которые гиперсвязями [1] можно будет автоматически соединять в графы-модели. Методы построения моделей и разрешения задач на графах уже разрабатываются.

Модели нам нужны, чтобы на их основе решать задачи, т.е. прогнозировать результат с минимальными затратами. Задачу нельзя решить, не имея знаний о причинно-следственных связях понятий предметной области, т.е. модели. Описание составляется в словесной, образной или цифровой форме, которые приводятся к единому виду представления: модели в виде неориентированного графа.

Под *моделью* будем понимать систему уравнений тех понятий, о которых упоминается в тексте. Каждое уравнение отражает связь причины и следствия, т.е. некоторую закономерность, имеющуюся между элементарными понятиями. Понятие – пересечение свойств.

Решение задачи – это определение порядка расчета отдельных уравнений (законов) модели. Последовательность действий, определяющих переход от известных величин к неизвестным, порядок решения задачи называется *алгоритмом*.

Алгоритм появляется в результате *решения* задачи, а в результате арифметического *вычисления* алгоритма получается численный *ответ*.

Модель отображает свойства, элементы и связи некоторого сложного понятия. На модели ставится задача путем задания входа и выхода модели.

Определение входа модели – это задание исходных условий (данных и гипотез).

Гипотезы дополняют модель, устанавливая дополнительные вершины между элементарными понятиями. Гипотезы – это дополнительные условия задачи. В отличие от законов гипотезы носят частный характер и действуют временно, в рамках одной задачи (например, одна сторона треугольника больше другой стороны в полтора раза).

Определение выхода модели – это формулирование *вопроса* задачи, неизвестной величины.

Если задача использует несколько сложных понятий, то модель должна объединять несколько моделей этих разных предметных областей. Модели должны быть связаны между собой общими понятиями или дополнительными условиями:

Задача = модель + гипотезы + вопрос.

Далее модель (неориентированный граф) преобразуется с помощью средств алгебры в цепочку законов, связывающих вход и выход задачи (ориентированный граф). *Алгебра* – это свод универсальных законов, применение которых обеспечивает эквивалентность преобразований модели, что позволяет перейти от одного вида модели к другому и довести цепочку преобразований до верного ответа. Техническая конструкция, реализуемая инженером, – цепочка преобразований законов, система моделей.

Результатом преобразований является алгоритм (ориентированный граф в ярусно-параллельной форме). *Алгоритм* – цепочка явных преобразований, последовательность конкретных шагов, приводящая к ответу. Процесс решения задачи обозначается английским словом *to solve*. Машина, эквивалентно преобразующая модели из одного вида в другой и автоматически составляющая алгоритмы, называется *solver*-ом.

Алгоритм = задача + алгебра. Вычисление по алгоритму приводит нас к арифметическому ответу на вопрос задачи. Процесс численного вычисления называется *to calculate*. Машина, автоматически численно вычисляющая модель, точнее, ее части в определенном ранее *solver*-ом порядке, называется *calculator*. Результат решения называется ответом:

Численный ответ = численные значения входа модели + алгоритм.

Итак, можем констатировать, что модели порождают средствами алгебры алгоритмы решения задач, которые средствами арифметики преобразуют численные значения исходных данных в численный ответ: **модель → задача → алгоритм → численный ответ.**

Первый переход обеспечивается подбором и записью дополнительных и конкретных условий (гипотез, уравнений, вопросов) *designer*-ом, второй – алгеброй и *solver*-ом, третий – арифметикой и *calculator*-ом.

Автоматизация описанной цепочки – суть искусственного интеллекта, усилителя умственных способностей человека, основы цифровой экономики.

4. Итоги

Единообразным способом реализовано преобразование модели текста в модель-образ и обратно, а также текста – в модель и образа – в модель и обратно. Модель строится по исходным данным и может быть также уточнена при их изменении. Модель позволяет прогнозировать новые данные и проводить экспертизу вновь полученных данных.

Автоматизация моделирования (построение искусственного интеллекта) – способ повышения производительности сферы жизнедеятельности человека и основа цифровой экономики. Интеллектуальность – способность оперативно строить модели, максимально адекватные окружающему миру, и принимать с их помощью обоснованные решения (автоматически решая на них задачи, искать ответы на поставленные вопросы) в предъявляемых новых сложных условиях, прогнозировать будущее, опережая конкурентов.

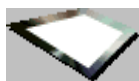
Определен путь эквивалентного преобразования одного текста в другой, а также одного образа в другой, нахождения степени сходства и различия между ними за счет сравнения их моделей и преобразования моделей.

Высшей степенью интеллектуальности, называемой «талант» [2], является построение моделей по описанию (по данным) и решение задач на этих моделях.



Список цитируемых источников

1. Бернерс-Ли Т. План семантического веба (дорожная карта семантической паутины). 1998. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html> (дата обращения: 07.10.2018).
2. Мухин О.И. Формирование таланта в эпоху цифровизации. Формула таланта и метод его измерения // Вестник ПГПУ. Серия «ИКТ в образовании». – Пермь, 2017. – Вып. 13. – С. 34–41.
3. Moukhine O. Knowledge representation by formal model language and its automatic interpretation by computer modeling environment Stratum-2000 // Building the Knowledge Economy: Issues, Applications, Case studies, IOS Press. – Oxford, 2003. – P.1259–1264.



ПРИМЕНЕНИЕ РЕСУРСОВ ГЛОБАЛЬНОЙ СЕТИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ КОНТЕКСТНОГО ОБУЧЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ РЕШЕНИЮ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Рассматриваются вопросы применения технологии контекстного обучения на занятиях по решению физических задач в средней общеобразовательной школе. Обсуждается возможность использования на уроках физики учебных задач, составленных на основе интересных фактов и рекордных достижений как средства контекстного обучения. Дана характеристика образовательного потенциала задач данного вида, указаны направления их применения в учебном процессе по физике. Обосновывается возможность разработки учителями физики сборника авторских контекстных задач по физике, включающего задачи-упражнения, типовые задачи и задачи повышенной сложности. Приведены примеры контекстных задач, составленных на основе уникальных фактов, рекордов и достижений. Показаны разные форматы представления задачных ситуаций (фотоснимки, компьютерная графика, видеоматериалы, интерактивные модели).

К л ю ч е в ы е с л о в а : методика обучения физике, контекстное обучение, решение физических задач, информационно-коммуникационные технологии обучения.

Проблема применения средств ИКТ в обучении решению физических задач

Решение задач является одним из важных способов овладения системой научных знаний и эффективным средством формирования у учащихся практических умений и навыков. Этот вид учебной работы способствует развитию мышления школьников и их творческих способностей, оказывает влияние на становление интереса к изучению курса физики.

К настоящему времени накоплена весьма обширная система научно-методических знаний и эффективных педагогических практик обучения учащихся решению задач по физике. Это служит достаточным основанием для осмысления и переноса накопленного педагогического опыта в *новую информационную среду*, оснащенную компьютерными средствами обучения. Информатизация продуктивных технологий обучения учащихся решению физических задач – насущная проблема современной методической науки и педагогической практики.

Работы, посвященные поиску путей решения этой проблемы, появились в методике преподавания физики уже в начале нового столетия (Д.В. Баяндин, М.Д. Даммер, В.А. Извозчиков, А.С. Кондратьев, В.В. Лаптев, О.И. Мухин, А.А. Оспенников, В.Г. Петросян, Л.В. Петросян, И.Р. Перепеча, С.Е. Попов, Л.А. Прояненко, А.В. Смирнов, М.И. Старовиков, Д.Э. Темнов, А.О. Чефранова и др.). Процесс накопления цифровых ресурсов для средней общеобразовательной школы, ориентированных на поддержку и преобразование учебного процесса по решению физических задач, проходил в первое десятилетие XXI в. достаточно активно. Росло не только

число, но и качество этих ресурсов. Появились цифровые пособия на CD, содержащие большое количество учебных задач и различных виртуальных объектов (*рисунков, видеороликов, анимационных моделей*), которые, так или иначе, могли быть использованы для организации эффективной учебной практики по их решению [5, 7].

Качественно новый этап в развитии учебных цифровых ресурсов связывается с проектом «Информатизация системы образования» (2005–2008 гг.). Разработанные в рамках данного проекта цифровые образовательные ресурсы (ЦОР), информационные источники сложной структуры (ИИСС), инновационные учебно-методические комплексы (ИУМК) включали возросшее число видов учебных задач, отличающихся содержанием, уровнем сложности и инструментальной основой решения. Для ресурсов этого поколения характерно существенное обновление медиаформатов представления задачных ситуаций за счет появления интерактивных моделей, тренажеров, симуляторов и пр. Были реализованы интересные подходы к организации учебной деятельности школьников по решению задач: расширилась база интерактивных тестов, построенных на использовании разнообразных способов предъявления учащимся задачных ситуаций; обогатилась справочная система, в которой появились образцы решений задач различной сложности; стали применяться интерактивные упражнения для отработки отдельных операций, входящих в структуру решения; были разработаны оригинальные тренажеры по обучению учащихся решению задач; увеличилось число задач-проектов для учебного исследования, появились игровые учебные задачи [6, 14, 15, 16].

Кроме локальных ресурсов на занятиях по решению задач вполне успешно стали применяться образовательные ресурсы Интернета. Сформировалась сеть специализированных сайтов, на которых представлены: задачи для абитуриентов; цифровые решебники и справочники; простейшие инструментальные программы для решения задач; тесты, дистанционные школы (курсы) по решению задач, материалы олимпиад; сборники задач, подготовленных учащимися; материалы по методике обучения решению задач и др.

Совершенствование ресурсов для организации учебного процесса по решению задач осуществляется и в настоящее время, на этапе *третьей волны информатизации образования* [1]. Этот этап связывается с переходом от образования с ограниченным доступом к информации к образованию в условиях неограниченного доступа. Становится очевидным, что те учащиеся, которые осваивают обобщенные подходы к познавательной и практической деятельности в новой информационной среде и универсальные мыслительные и практические действия, владеют в итоге ключом к достижению успеха в условиях нарастающих технологических, информационных и социальных изменений.

Проектирование деятельности учащихся в информационно-насыщенной открытой учебной среде, формирование у них обобщенных и универсальных учебных умений как инструментов решения задач различных видов становятся сегодня приоритетными целями профессиональной деятельности современного учителя. Накопленная ресурсная и инструментальная база виртуальной образовательной среды обеспечивает все необходимые условия для обновления практики организации учебного процесса по решению задач. Однако изучение опыта работы учителей физики в условиях информатизации учебного процесса в средней школе, анализ и обобщение результатов педагогических исследований по проблемам обучения школьников с использованием средств информационных компьютерных технологий и подготовки будущих

учителей физики к применению ИКТ в преподавании, в том числе при обучении учащихся решению физических задач, позволили выявить весьма существенные педагогические противоречия, а именно: 1) между достаточно высоким ИКТ-потенциалом современной школьной среды, возросшим уровнем готовности учащихся средней школы к применению средств ИКТ в учебной деятельности и недостаточным уровнем готовности учителей физики к организации обучения с использованием компьютерных образовательных технологий; 2) между необходимостью систематического и комплексного использования в обучении физике ресурсов и инструментов виртуальной среды, в том числе в обучении учащихся решению физических задач, и сложившейся массовой учебной практикой, для которой характерно эпизодическое применением лишь ее отдельных элементов.

Следует отметить, что в настоящее время существует достаточно разработанная теоретическая, методическая и технологическая база, включающая обширную систему научно-методических знаний и эффективных педагогических практик организации деятельности учащихся по решению физических задач. Это служит серьезным основанием для разработки проблемы методов и приемов использования накопленного опыта в новой учебной среде, оснащенной компьютерными средствами и технологиями обучения.

Изучение педагогической практики позволило определить место учебной работы школьников по решению задач в обучении физике, а также оценить активность учителей в применении цифровых ресурсов в данном виде деятельности.

В ходе исследований выявлено, что на уроках физики в большей степени преобладают такие виды деятельности, как прослушивание объяснений учителя (43 %) и *решение задач на основе изученных законов* (25 %). В значительно меньшем объеме организуются лабораторные работы (12 %), работа школьников с учебником (10 %), просмотр демонстрационных опытов (6–7 %), устные ответы учащихся (3–4 %). К видам деятельности, выполняемым крайне редко (менее 1 % ответов), относятся: практические работы по изучению технических устройств; конструирование простейших технических устройств; подготовка и защита рефератов; обсуждение результатов самостоятельной работы с дополнительной литературой по предмету; *работа с предметными компьютерными программами*; учебные игры по предмету и некоторые др. Исследование показало, что сами учащиеся приоритетное значение при изучении физики отдают физическим опытам (наблюдение за демонстрациями – 21 %, самостоятельное выполнение лабораторных работ – 27 %). Далее учащимися выделяются такие виды учебной работы, как просмотр видеофильмов (12 %), *решение задач* (9 %), работу с учебником (8 %) и *компьютером* (8 %), игры по физике (6 %), объяснение учителя (6 %), некоторые другие виды – 3 % [12, с. 16].

Сравнение реального положения дел и учебных предпочтений школьников показывает, что на практике имеют место процессы «торможения» их учебной активности и самостоятельности. Учащиеся менее заинтересованы в потреблении «готового» знания и предпочитают трудиться самостоятельно. Вместе с тем интерес к решению учебных задач и работе с компьютером невелик. Первое обстоятельство связано с тем, что более двух третей учащихся, как показывают современные исследования, испытывают серьезные затруднения в решении задач (другими словами, неуспешны в данной деятельности). Второе – с неразвитостью практики применения компьютера в обучении и неумением учителя-предметника сделать предметную виртуальную среду

интересной для самостоятельной работы учащихся, востребованной в качестве ее инструмента и обеспечивающей успешность освоения методов познания, в том числе методов решения физических задач.

Действительно, уровень эффективности использования компьютеров на уроке физики (независимо от вида деятельности) пока еще невысок. Те из учителей, которые все же используют компьютер как средство обучения (около 40 %), по-разному применяют в учебной практике объекты виртуальной среды. Отдельные медиаобъекты для иллюстрации изложения регулярно используют 38 % учителей, применяют лишь иногда – 53 %. Цифровые тестирующие комплексы с целью контроля знаний и умений учащихся используют 66 % преподавателей. Отдельные учебные задания и задачи из ЦОР для организации индивидуальной самостоятельной работы учащихся в виртуальной среде включают в урок около 60 % учителей [12, с. 17].

Выявлены причины, влияющие на качество выполнения учащимися заданий для самостоятельной работы по решению физических задач, в том числе на качество выполнения домашних заданий. Было установлено, что одной из существенных причин снижения качества самостоятельной работы учащиеся считают большой объем заданий (18 %) и трудность заданий (36 %). Важно отметить, что в качестве причины, определяющей низкое качество домашней работы, учащиеся указывают и на отсутствие (недостаток) вспомогательных учебных материалов: заданий для самоконтроля, образцов учебной работы, рекомендаций и разъяснений. Причем 12 % школьников эту причину поставили на первое место по значимости влияния. Многочисленные прочие причины (их отметили более 22 % учащихся) тесно связаны с недостатками содержания и методики организации самостоятельной работы по решению задач (*однообразие заданий, отсутствие к ним интереса, отсутствие четких требований к результату и систематического контроля его качества* и т.п.) [12, с. 17].

Анализ качества цифровых ресурсов по физике и продуктивного опыта работы с данными ресурсами отдельных учителей позволяет утверждать, что уже сейчас ряд негативных факторов, определяющих пока невысокий методический уровень организации деятельности учащихся по решению задач, может быть исключен. Это возможно при систематическом и рациональном применении в обучении потенциала виртуальной среды. Развитие ресурсной базы данной среды и методики их использования в обучении могут обеспечить заметные положительные изменения практики обучения школьников решению физических задач и привести к качественно новым образовательным результатам.

Контекстные задачи в системе видов задач по физике

Современная модель учебного процесса по физике [15, с. 62] позволяет построить достаточно обширную классификацию учебных физических задач, отражающую основные тенденции развития информационной среды учения. Исходным основанием данной классификации является тип источника информации, с которым организуется деятельность учащихся. В соответствии с данным основанием могут быть выделены целые классы учебных задач, связанные: с научным (учебным) исследованием явлений природы; научно-техническим (учебным) исследованием; работой с книгой; работой с объектами и инструментами виртуальной среды; восприятием и анализом устной информации в среде коммуникаций; деятельностью в игровой среде. Как видно из анализа состава и содержания указанных классов, смысл понятия «задача» тракту-

ется достаточно широко. Внутри каждого класса задачи различаются по видам работы с источником информации, и видовое разнообразие такой работы весьма велико.

Наиболее обширным по составу видов являются задачи первого класса. В рамках настоящей статьи представляет интерес такая их группа, как *задачи на объяснение и предсказание явлений природы* (отметим для уточнения: объяснить или предсказать явление – означает доказать, что оно выступает следствием известных законов или теорий).

Проекция научной деятельности по объяснению и предсказанию явлений природы на учебную среду позволяет выделить широкий спектр видов учебных задач по физике. Укажем основания классификации физических задач данной группы: 1) содержание деятельности; 2) уровень познавательной самостоятельности; 3) дидактическая цель; 4) особенности условия задачи: а) содержание, б) способ предъявления; в) степень полноты; г) характер требования; степень точности требуемого результата; 5) способ решения; 6) форма представления результата; 7) степень сложности решения; 8) способ представления ответа и контроля результатов решения; 9) учебный раздел/тема школьного курса физики; 10) состав используемых для решения знания разделов/тем курса физики (один или более). Состав видов задач по указанным основаниям рассматривается в наших работах [12, с. 20–23; 13, с. 82–85]. Комбинация характеристик задач по указанным основаниям порождает их огромное разнообразие, в которое включены и так называемые *контекстные задачи*.

Контекстные задачи есть разновидность задач, отличающихся содержанием условия. Это прежде всего конкретные физические задачи. Важно отметить, что не все конкретные задачи являются при этом контекстными.

На основе анализа особенностей содержания конкретных задач по физике можно выделить три их вида. Это задачи:

- 1) из области физики конкретных природных явлений;
- 2) области связи физики с другими науками (межпредметные задачи);
- 3) области связи физики с проблемами социального строительства: промышленное производство; сельхозпроизводство; культурная жизнь общества (искусство, спорт, быт); военное дело.

Возможны также *«временной»* и *«пространственный»* подходы к классификации конкретных задач. Это могут быть задачи, сформулированные:

- 1) на историческом материале; материале современности; в контексте обсуждения перспектив научно-технического прогресса, в том числе задачи из области научной фантастики (*«временной»* подход);
- 2) на материале жизненного опыта учащихся; краеведческие задачи; задачи, связанные с проблемами развития большого региона / страны; задачи, определяющие основы существования и развития мирового сообщества (*«пространственный»* подход).

В этом разнообразии видов конкретных задач к *контекстным задачам относятся задачи, сформулированные с учетом жизненного опыта учащихся*. Следует помнить, что данный опыт может охватывать разные области жизнедеятельности учащихся, связанные с их познавательными и практическими интересами и увлечениями.

Опора на контекстный подход в организации деятельности школьников по решению задач является весьма эффективной с точки зрения результативности обучения. Главное в данном подходе – это реализация принципа связи обучения с жизнью (практикой жизнедеятельности

учащихся). Однако такая практика не должна трактоваться слишком узко. Контекст любой ситуации жизнедеятельности, по определению А.А. Вербицкого, «...это система внутренних и внешних условий жизни и деятельности человека, которая влияет на восприятие, понимание и преобразование им конкретной ситуации, придавая смысл и значение этой ситуации, как целому, так и ее компонентам. Внутренний контекст, представляет собой индивидуально-психологические особенности, знания и опыт человека; внешний – предметные, социокультурные, пространственно-временные и иные характеристики ситуации, в которых он действует». Таким образом, «... контекстное обучение – это обучение, в котором осуществляется трансформация учебно-познавательной деятельности в социально-практическую» [8, с. 12].

Контекстный подход к обучению школьников решению задач должен использоваться наряду с *концептуальным* (изучение основ науки) и *процессуальным* (формирование умений) подходами [12, с. 30]. Его включение в учебный процесс является чрезвычайно важным, поскольку обеспечивает достаточный уровень глубины и полноты предметных знаний, понимание связи явлений, изучаемых в разных дисциплинах, и роли научного знания в практической деятельности человека, способствует развитию мышления учащихся, их сообразительности и смекалки. Решение контекстных задач стимулирует школьников к активной мыслительной и практической деятельности при овладении учебным материалом. Методы и формы контекстного обучения на занятиях по решению задач существенно влияют на мотивацию учебной работы школьников, способствуют пробуждению у них личной заинтересованности в ее высоких результатах, оказывают существенное влияние на формирование познавательных интересов, которые в сочетании с мотивом самоутверждения и профессиональными устремлениями образуют полноценную положительную мотивационную сферу учения.

Насколько активно задействован контекстный подход в учебном процессе по решению физических задач?

Задачи в типовых учебных пособиях и цифровых ресурсах по физике, которые использует учитель, так или иначе, отображают основные виды конкретных задач (рис. 1). Вместе с тем их содержание мало учитывает интересы и возраст учащихся, в них практически не представлен элемент событийности (например, по следам реальных событий современности, на материале крупных исторических событий); мало задач, которые иллюстрируют применение знаний по физике в контексте значимых для школьников жизненных ситуаций (т.е. *контекстных задач*). Несмотря на конкретность большинства физических задач, по своим формулировкам они содержательно близки к абстрактным (т.е. это всего лишь условно-конкретные задачи).

Важно отметить, что не все конкретные задачи являются контекстными для учащихся. Рассмотрим в этой связи пример задачи из области военного дела: *«Боевая реактивная установка БМ-13 (катюша) имела длину направляющих балок 5 м, массу каждого снаряда 42,5 кг и силу реактивной тяги 19,6 кН. Найти скорость схода снаряда с направляющей балки»* [19]. Данная задача является конкретной, но для большинства учащихся она не будет контекстной, за исключением тех из них, которые увлекаются изучением вопросов истории военной техники.

Контекстная составляющая любой задачи носит *субъективный характер*. Для каждого учащегося проявление (актуализация) этой составляющей определяется системой внутренних и внешних условий его жизнедеятельности, которая влияет на восприятие и понимание задач-

ной ситуации, придавая ей личностный смысл и определяя заинтересованность в ее изучении (исследовании).

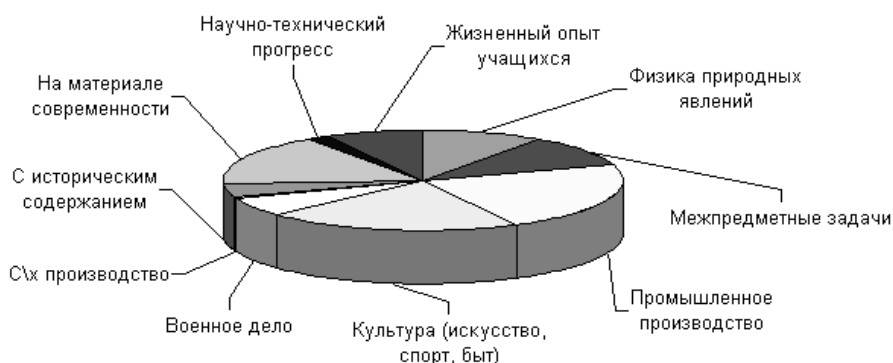


Рис. 1. Соотношение видов конкретных задач в учебном пособии А.П. Рымкевича «Физика. Задачник. 10–11 классы» (раздел «Динамика»)

Одна из главных целей учителя при подборе задач к учебному занятию по физике – это определить наиболее удачное для изучаемого материала соотношение абстрактных и конкретных физических задач, а в составе конкретных задач – долю задач *контекстного характера*. Невнимание учителя к этому направлению профессиональной деятельности чревато существенным снижением качества обучения. Об этом свидетельствуют результаты международных исследований уровня подготовки школьников по предметам естественнонаучного блока. Отмечается низкий уровень контекстуальных знаний учащихся российских школ. Большинство школьников (более 70 %) успешно справляются с заданиями воспроизводящего характера. Вместе с тем задания на применение знаний в жизненных ситуациях успешно выполняют менее 30 % российских учащихся. Близкие результаты были получены в рамках наших исследований. Была проведена оценка контекстных знаний учащиеся 7–9 классов школ г. Перми (257 чел.). С ответами на вопросы по содержанию теоретического материала конкретной учебной темы справились более 80 % учащихся. При решении задач-упражнений классического учебного типа результат тоже был достаточно высок – 78 %. Вместе с тем контекстные задачи по этой же теме решило значительно меньшее количество учащихся: от 12 до 23 % (в разных классах).

Это обусловлено тем, что в задачниках по физике хотя и представлены конкретные физические задачи, но лишь малая часть из них являются задачами с контекстным содержанием. Именно задачи контекстного типа полезны с практической точки зрения, так как создают условия для применения знаний в ситуациях, которые могут возникать в реальной жизни. Такие задачи, как правило, составляет сам учитель. При подборе таких задач должен учитываться возраст учащихся, их интересы и увлечения, региональная социальная инфраструктура, природная среда и техносреда, школьные и региональные события, актуальные для учащихся социальные события в стране и за рубежом.

Задачи, составленные на основе уникальных фактов, рекордов и достижений

Задачи, основу сюжета которых составляют уникальные факты, рекорды и достижения, практически всегда вызывают устойчивый интерес учащихся. Это обусловлено не только про-

стым любопытством, но и естественными для юного возраста устремлениями к развитию, победам и достижениям. В этом смысле задачи такого содержания следует, безусловно, отнести к контекстным учебным задачам. Можно говорить о социально-психологическом контексте задач этого вида (похожие, но при этом далекие от рекордных значений ситуации, могут иметь место в реальной жизни учащихся, или рассматриваемые рекорды находятся в линейке планируемых на ближнюю и дальнюю перспективы результатов их личностного роста).

Сюжеты и новости об уникальных фактах и достижениях представлены в телепередачах, на страницах сайтов, обсуждаются в блогосфере. В ряде случаев школьники сталкиваются с подобной информацией во время путешествий с родителями во время каникул, в школьных походах и на различных массовых мероприятиях. Интересные факты, попадающие в контекст познавательных интересов учащихся, могут обсуждаться на занятиях по различным учебным предметам (эти факты тоже могут составить основу контекстных физических задач). Так, например, при изучении вопросов ботаники школьникам могут рассказывать о самых высоких в мире деревьях. У учащихся могут возникнуть вопросы: *чем ограничивается рост дерева? Каких максимальных высот могут достигать деревья? Есть ли физические факторы, препятствующие данному росту?*

Анализ содержания конкретных задач, включенных в наиболее популярные сборники и пособия для подготовки к ЕГЭ, показывает, что эти задачи, безусловно, содержат сведения, касающиеся достижений научно-технического прогресса, эпизодов спортивных состязаний, событий культурной жизни общества и т.п. Однако их фактологическая составляющая далеко не всегда интересна учащимся. Мала доля задач, содержание которых разработано по итогам реальных событий современности или значимых исторических событий прошлого. Этому, впрочем, есть вполне объективное объяснение: составителям стабильных (стереотипных) сборников задач трудно угнаться за текущими изменениями в жизни современного общества.

Формирование дидактической базы контекстных задач – одна из важных профессиональных целей учителя физики. Ее достижение требует от учителя дополнительных затрат рабочего времени. Однако есть способ их существенно сэкономить. При сравнительно небольших усилиях почти всегда можно создать интересную контекстную задачу из готовой классической конкретной задачи. Наличие во Всемирной паутине огромных массивов информации и легкость ее поиска позволяют учителю, не меняя сути «готовой» конкретной задачи, наполнить ее содержание соответствующими интересными фактами. Подобного рода содержательный «апдейт» (от англ. *update* – обновление) будет способствовать не только повышению интереса учащихся к процессу решения, но и расширению их кругозора, совершенствованию их общей культуры.

Рассмотрим некоторые примеры успешного обновления классических конкретных задач из типовых школьных сборников.

Пример 1. *С отвесного обрыва упал камень. Человек, стоящий у обрыва, услышал звук его падения через 6 секунд. Найдите глубину обрыва.*

Попробуем перевести это весьма «скучное» для анализа событие в информативно насыщенную плоскость. Воспользовавшись поисковой системой Интернета, найдем информацию о самом высоком мосте в мире. Вот он мост (рис. 2). Выясняем, что данное сооружение находится в такой-то стране, в такой-то провинции, над такой-то рекой. Узнаем о максимальной высоте моста – 529 метров. Рассчитаем время, через которое человек, уронив с моста предмет (какой

именно, подскажет наша фантазия), услышит всплеск воды. Составляем обратную задачу, целью которой будет нахождение высоты моста. Находим в Глобальной сети наиболее подходящие фотоснимки, иллюстрирующие описанную в условии физическую ситуацию, и получаем на выходе «задачу-конфетку».

Осенью 2016 года в Китае открыли самый высокий мост в мире. Сооружение над рекой Ничжу, которое соединяет провинции Юннань и Гуйчжоу, получило название «Бэйпаньцзян». Во время профилактического осмотра несущих конструкций рабочий уронил с моста разводной ключ. Через 12,4 секунды после этого он услышал звук всплеска воды.



Считая скорость звука равной 340 м/с, определите высоту моста над водной поверхностью.

Рис. 2. Контекстная физическая задача «Самый высокий мост планеты»
(использованы иллюстративные материалы сайта [11])

Пример 2. Каскадер массой m прыгает с вышки высотой h в воду. Предварительно его привязывают к вышке резиновым жгутом длиной L . Жгут обеспечивает такое торможение человека, что его скорость становится равной нулю почти у поверхности воды. Определите жесткость жгута и максимальную скорость падающего каскадера.

Событие, рассматриваемое в условии данной задачи носит официальное название «банджи-дžампинг» (от англ. *bungee jumping* – прыжок с высоты со страховкой) – аттракцион, часто называемый в России «тарзанка». Сделаем поисковый запрос: *самая высокая площадка для bungee jumping*. Получаем ответ: самая высокая в мире официально функционирующая площадка для «банджи-дžампинга» находится на вершине телевизионной башни в китайском городе Макао. Находим описание техники данного прыжка и создаем коллаж из наиболее ярких ее иллюстраций. На выходе получаем задачу, содержание которой будет представлять для учащихся значительно больший интерес (рис. 3).

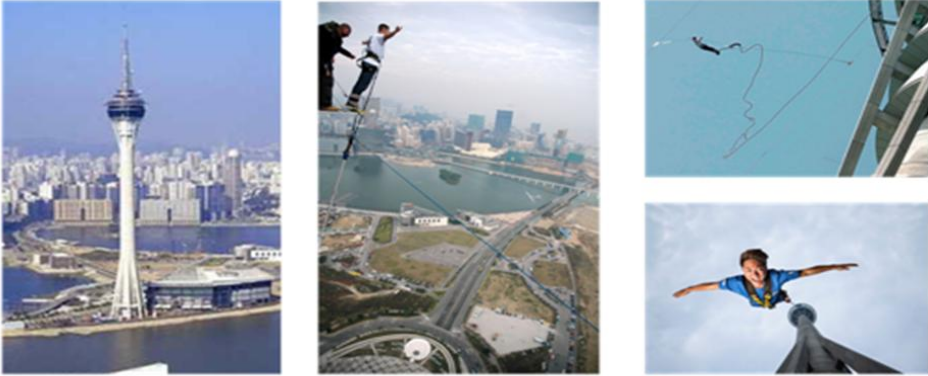
Пример 3. Детский заводной автомобиль, двигаясь равномерно, прошел расстояние S за время t . Найдите частоту вращения и центростремительное ускорение точек на ободе колеса, если диаметр колеса равен d .

Преобразуем содержание этой задачи так, чтобы главным персонажем ее условия стал не мини-, а макси-автомобиль, размеры которого поражают воображение (рис. 4).

Благодатной почвой для разработки конкретных задач являются события, связанные с эпизодами различных спортивных состязаний. Таких задач в современных пособиях, к сожалению,

нию, очень мало. Кроме того, в содержании условий некоторых «спортивных» задач, имеющих в сборниках, зачастую обнаруживаются некорректные описания спортивных задачных ситуаций, в частности, значений физических величин и технических реалий того вида спорта, о котором идет речь в задаче. Приведем конкретный пример.

Самая высокая в мире площадка для банджи-джампинга находится в китайском городе Макао. Стартовая площадка расположена на высоте 233 м над землей. Сюда едут со всего света те, кто хочет испытать себя или получить удовольствие от самого экстремального развлечения в мире. Время свободного падения человека до момента начала растягивания «тарзанки» составляет 5 секунд. Скорость падения полностью гасится на высоте 30 м над землей.



Определите жесткость жгута, необходимую для безопасной реализации заданных параметров полета, а также максимальную скорость, достигаемую человеком в ходе падения.

Рис. 3. Контекстная физическая задача «Тарзану и не снилось»
(использованы иллюстративные материалы сайтов [2, 3, 4, 23])

В 2013 году в белорусском городе Жодино был создан БелАЗ-75710 – самый большой в мире карьерный самосвал. Длина этого гиганта более 20 м, ширина – около 10 м, грузоподъемность – 450 тонн. Одна такая машина может загрузить углем сразу семь железнодорожных вагонов. При движении со скоростью 36 км/ч колесо грузовика за 1 минуту делает 48 оборотов. При этом центростремительное ускорение крайних точек колеса составляет $50,5 \text{ м/с}^2$.



Каков диаметр колеса?

Рис. 4. Контекстная физическая задача «Гигантский самосвал»
(использованы иллюстративные материалы сайта [15, 17])

Пример 4. Теннисист при подаче запускает мяч с высоты 2 м над землей. На каком расстоянии от подающего мяч ударится о землю, если начальная скорость мяча равна 20 м/с и направлена вверх под углом 30° к горизонтали.

Анализ задачи показывает, что ее составлял человек, который не только сам никогда не играл в теннис, но и не наблюдал соревнования по этому виду спорта. При подаче мяча даже теннисисты любительского статуса отбивают мяч таким образом, чтобы вектор его начальной скорости был направлен под некоторым углом не вверх, а вниз по отношению к горизонтали.

В ходе теннисной партии даже в женском разряде скорость мяча при подаче значительно превышает 100 км/ч. Тогда как 20 м/с (72 км/ч) – это всего лишь скорость подачи воспитанников детской спортивной школы, причем самых младших. Запускать мяч с высоты 2 м дети по понятным причинам никак не могут, если только не залезут на стремянку. Ниже представлен скорректированный и дополненный вариант формулировки данной задачи (рис. 5)



Рис. 5. Контекстная физическая задача «Большой теннис»
(использованы иллюстративные материалы сайтов [20, 22])

Отметим, что рекорды скорости полета снаряда (мяча, шайбы, волана) регистрируются в различных игровых видах спорта. Найти информацию об этих рекордах – минутное дело. В связи с этим у учителя появляется прекрасная возможность самому с достаточной оперативностью составлять задачи той или иной степени сложности. Пример такой «спортивной» задачи приведен на рис. 6. Это задача по определению скорости волана после удара по нему ракеткой профессиональным спортсменом. Любопытно, что в результате решения этой задачи получается совершенно невероятное значение искомой величины – 493 км/ч. У учащихся может возникнуть искушение посчитать свое решение ошибочным, поскольку достоверность ответа выглядит сомнительной. В этой ситуации учитель может порекомендовать проверить правильность полученного ответа, сделав соответствующий запрос в одной из поисковых систем Интернета.

23 августа 2017 года малазийский спортсмен Тан Боон Хеонг во время соревнований по бадминтону настолько мощно выполнил удар «смеш», что волан приобрел импульс 0,685 кг м/с, а его кинетическая энергия составила 47 Дж.

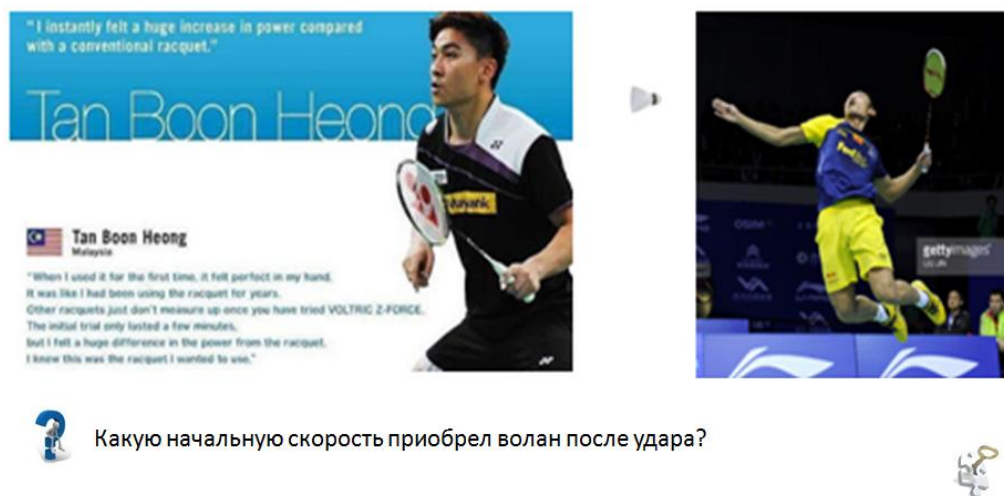


Рис. 6. Контекстная физическая задача «Невероятный смеш» (использованы иллюстративные материалы сайтов [9, 26])

До сих пор мы рассматривали возможности обновления содержания конкретных количественных задач по физике. Однако с неменьшим успехом эту работу можно проводить и в отношении качественных задач.

Пример 5. На рис. 7 показан план части футбольного поля (вид сверху). В каком направлении надо сообщить вращение мячу при подаче углового удара из точки А, чтобы мяч, находясь на линии ворот, мог попасть в ворота MN при отсутствии ветра?

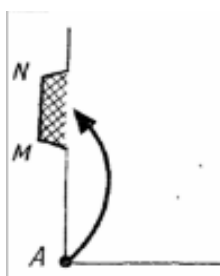


Рис. 7. План части футбольного поля (вид сверху)

В данной задаче речь идет об одном из интереснейших технических элементов всенародно любимой игры. При этом стилистика формулировки условия задачи и рисунок весьма невыразительны. Текст задачи целесообразно детализировать, а для наглядного представления задачной ситуации можно задействовать видеозаписи реальных ударов этого вида, исполняемых футболистом. В результате получится задача с другим содержательным наполнением и обновленным видеорядом (рис. 8).

Одним из самых эффектных приемов, которыми владеют профессиональные футболисты, является крученный удар, или, как его называют – «сухой лист». Самые искусные мастера при помощи подобного трюка способны послать мяч в ворота даже с отрицательного угла.



Посмотрите, как это делает игрок казанского «Рубина» Мийо Цакаташ. Объясните, почему траектория полета мяча имеет такой вид.



Рис. 8. Контекстная физическая задача «Сухой лист»
(использованы иллюстративные материалы сайтов [21, 25])

Учитель физики может не только осуществлять контекстный апдейт уже имеющихся в сборниках физических задач, но и самостоятельно составлять такие задачи на основе уникальных фактов. Так, например, в книге Я.И. Перельмана «Занимательная физика» рассказывается об одном из способов производства охотничьей дробин. Этот материал можно использовать для разработки задачи качественного характера. Содержание задачи станет более привлекательным, если в него добавить некоторые исторические сведения (рис. 9). Через содержание контекстных задач такого рода может осуществляться реализация политехнической направленности обучения физике [18].

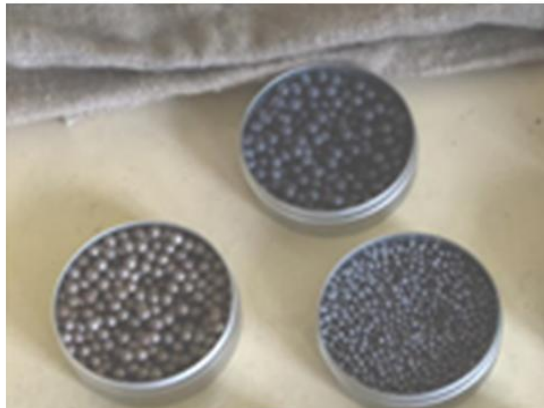
Для удобства использования в учебном процессе подготовленные задачи могут быть представлены в цифровом формате в виде электронного образовательного ресурса «Сборник задач, составленных на основе уникальных фактов, рекордов и достижений» (рис. 10).

Структуру такого ресурса образуют:

1. Система навигации (тематическая, по уровням образования, видам задач).
2. Содержание задач с использованием разных форматов его представления (текст, рисунки, фото, видео):
 - качественные,
 - количественные.
3. Решение задач (самоконтроль).
4. Способы проверки решения (примеры применения разных способов проверки).

Данный ресурс является пополняемым. К его разработке полезно привлечь учащихся и их родителей

В Париже на улице Риволи возвышается башня Сен-Жак, построенная в стиле «пламенеющей» готики. Когда-то она служила колокольной церкви Сен-Жак-ла-Бушери. После Великой французской революции (1793 год) башню продали фабриканту охотничьей дробин. Начальная стадия технологического процесса получения идеальных дробин выглядела так: расплавленный свинец лился тонкой струйкой с высоты 50 метров ...



На каких физических принципах было основано производство «башенной» дробин? Какой была заключительная стадия технологического процесса?



Рис. 9. Контекстная физическая задача «Башенная дробь»
(использованы иллюстративные материалы сайтов [10, 24])

Данный ресурс является пополняемым. К его разработке полезно привлечь учащихся и их родителей.



Рис. 10. Сборник задач, составленных на основе уникальных фактов, рекордов и достижений
(проект магистранта Н.В. Бутовой, ПГГПУ)

Подготовленные материалы могут быть с успехом использованы:

- на уроках для коллективного решения задач в классе;
- для решения на занятии отдельными учащимися (в рамках индивидуального подхода);

- в качестве домашнего задания (обязательного или по выбору);
- для организации занятий практикума по решению задач;
- в рамках элективного курса по решению задач;
- при подготовке к различным аттестационным испытаниям (ОГЭ, ЕГЭ, олимпиадам и конкурсам);
- при организации внеклассных мероприятий по физике различных видов.

Сборник задач, составленных на основе уникальных фактов, достижений и рекордов подготовлен на русском и английском языках. В нем в числе прочих представлены занимательные задачи, отражающие особенности национальной культуры и быта носителей языка (рис. 11).

This giant snowman is called Olympia (OlympiaSnowWoman). It was built in 2008 in the American city of Bethel, Maine (Bethel, ME). This is the largest snowman ever built. Its height is 37 meters 20 centimeters. This is above a house of 12 floors! 6000 tons of snow was taken to create this "young lady".



What is the radius of this snowman's base, if we assume that its shape is conical, and the density of snow is 500 kg / m^3 ?



Рис. 11. Сборник задач, составленных на основе уникальных фактов, рекордов и достижений (англоязычная версия, проект Д.А. Антоновой)

Следует отметить, что состав и содержание конкретных задач по физике должны формироваться непременно с учетом типологии абстрактных задач по каждой учебной теме. Абстрактные задачи на модельном уровне, «очищенном» от конкретных деталей, призваны обеспечить понимание учащимися типичных задачных ситуаций. Осознание типовых абстрактных задачных схем позволяет школьникам впоследствии распознавать эти схемы в конкретных физических ситуациях.

Отметим, что реализация контекстного подхода к проектированию учебного процесса по решению физических задач не должна достигаться ценой снижения качества его организации на в рамках концептуального и процессуального подходов (глубокое усвоение основ физической

науки и формирование умений в решении задач различных видов, в том числе обобщенных умений).

Опыт применения контекстных физических задач на уроках физики показывает, что их использование способствует развитию интереса учащихся к изучению физики, осознанию ценности изучаемого материала, активизации личностно-волевого потенциала и организованности, расширению кругозора, формированию ориентировочной основы поведения ученика в сложной ситуации переноса теоретических знаний в практику.



Список цитируемых источников

1. Антонова Д.А., Оспенникова Е.В., Спирин Е.В. Цифровая трансформация системы образования. Проектирование ресурсов для современной цифровой учебной среды как одно из ее основных направлений // Вестник ПГПУ. Серия «ИКТ в образовании». – Пермь: ПГПУ, 2018. – Вып. 14. – С. 5–37.
2. Банджи-джампинг. Макао, 233 метра (фото) [Электронный ресурс]. – URL: <http://forum.awd.ru/viewtopic.php?t=50025#p568580> (дата обращения: 23.11.2019).
3. Банджи-джампинг в Макао. Как я «прыгал» с самой высокой в мире тарзанки» [Электронный ресурс]. – URL: <http://moymir2.ru/bandzhi-dzhamping-makao/> (дата обращения: 23.11.2017).
4. Башня Макао: а ты готов прыгнуть с высоты 233 метров [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mhealth.ru/life/leisure/bashnya-makao-a-ty-gotov-prygnut-s-vysoty-233-metrov/> (дата обращения: 23.11.2017).
5. Баяндин Д.В. Модельный подход для описания физических систем в компьютерном эксперименте, при конструировании задач и контроле знаний // Вестник ПГПУ. Серия «ИКТ в образовании». – Пермь: ПГПУ, 2005. – Вып. 1. – С. 68–78.
6. Баяндин Д.В. Углубление деятельностного подхода при обучении физике на основе моделирующих компьютерных систем // Мир науки, культуры, образования. – 2009. – № 7-2 (19). – С. 142–145.
7. Баяндин Д.В., Мухин О.И. Модельный практикум и интерактивный задачник по физике на основе системы Stratum-2000 // Компьютерные учебные программы и инновации. – 2002. – № 3. – С. 28–37.
8. Вербицкий А.А. Новая образовательная парадигма и контекстное обучение: моногр. – М.: Исслед. центр проблем качества подготовки специалистов, 1999. – 75 с.
9. Достижение Книги рекордов Гиннеса: рекорд скорости волана в бадминтоне – 493 км/ч [Электронный ресурс]. – URL: <http://skuky.net/82021> (дата обращения: 23.11.2017).
10. Дроболитейная башня в Даугавпилсе [Электронный ресурс]. – URL: <http://engineering-ru.livejournal.com/155691.html> (дата обращения: 23.11.2017).
11. Мастерство Китая. Рекорд: самый высокий мост планеты [Электронный ресурс]. – URL: https://pika-bu.ru/story/masterstvo_kitaya_rekord_samyiy_vyisokiy_most_planetyi_4884786 (дата обращения: 23.11.2017).

12. Оспенников А.А. Теория и методика обучения физике в средней школе. Избранные вопросы. Применение ИКТ в обучении учащихся решению физических задач: учеб. пособие. – Перм. гос. гуманитар.-пед. ун-т. – Пермь: АСТЕР, 2016. – 101 с.

13. Оспенников А.А., Оспенников Н.А. Виды задач по физике и их разнообразие в традиционных и цифровых учебных пособиях по предмету // Вестник ПГПУ. Серия «ИКТ в образовании». – 2010. – Вып. 6. – С. 79–89.

14. Оспенников Н.А., Оспенникова Е.В. Формирование у учащихся обобщенных подходов к работе с компьютерными моделями // Известия Южного федер. ун-та. Пед. науки. – 2009. – № 12. – С. 206–214.

15. Оспенникова Е.В. Использование ИКТ в преподавании физики в средней общеобразовательной школе: метод. пособие. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011. – 655 с.

16. Оспенникова Е.В., Оспенников Н.А., Капись Д.М. Игровые технологии обучения на занятиях по решению физических задач // Вестник ПГПУ. Серия «ИКТ в образовании». – Пермь: ПГПУ, 2017. – Вып. 17. – С. 74–84.

17. Перевозка карьерного самосвала. Ничего необычного [Электронный ресурс]. – URL: <http://pulson.ru/avto/perevozka-karernogo-samosvala-nichego-neobyichnogo.html> (дата обращения: 23.11.2017).

18. Принцип политехнизма в обучении физике: современная интерпретация и технологии реализации в средней школе: моногр. / Е.В. Оспенникова, И.В. Ильин, М.Г. Ершов, А.А. Оспенников; под общ. ред. Е.В. Оспенниковой. – Пермь: Перм. кн. изд-во, 2014. – 502 с.

19. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике. 10–11 кл.: учеб. пособие. – М.: Дрофа, 2001. – 224 с.

20. Самуэль Грот установил новый рекорд подачи – 263 км/ч [Электронный ресурс]. – URL: www.goten-nis.ru/read/news/semyuel_grot_ustanovil_novyji_mirovoji_rekord_po_skorosti_podachi_-263_kmch.html (дата обращения: 23.11.2017).

21. Сухой лист. Челендж vs ПРОФИ – Спорт [Электронный ресурс]. – URL: <http://imperiya.by/video/RDvTy4ivIzr/suhoy-list-chellendj-vs-profi.html> (дата обращения: 23.11.2017).

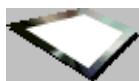
22. Техника выполнения подачи в большом теннисе [Электронный ресурс]. – URL: <http://kingtennis.in.ua/> (дата обращения: 23.11.2017).

23. Топ-10: Самые высокие прыжки с банджи в мире [Электронный ресурс]. – URL: <https://logicalworldweb.wordpress.com/2016/08/17/top-10-worlds-highest-bungee-jumps/> (дата обращения: 23.11.2019).

24. Фото и описание: Башня Сен-Жак [Электронный ресурс]. – URL: https://www.votpusk.ru/country/dostoprим_info.asp?ID=7321 (дата обращения: 23.11.2017).

25. Цакаташ закручивает с отрицательного угла [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=GZPHEUMJC7k> (дата обращения: 23.11.2017).

26. Lin-dan-jumping-smash [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.badmintonfreak.com/the-china-way-to-prac-tice-the-jumping-smash/lin-dan-jumping-smash-3/> (дата обращения: 23.11.2017).



УДК 532.1 (07)

Д.В. Баяндин, А.Е. Финский

ИНТЕРАКТИВНЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГИДРОСТАТИКИ И ГИДРОДИНАМИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Рассматриваются возможности использования на занятиях в средней школе интерактивных компьютерных моделей по гидростатике и гидродинамике. Представлены ресурсы названного раздела курса из состава обучающей среды «Интер@ктивная физика» (Институт инновационных технологий, г. Пермь). Прослеживается преемственность подходов в представлении информации и ее обработке: от простейших моделей среды по теме «Сообщающиеся сосуды» (7-й класс) до задач вузовского уровня, которые в школе могут рассматриваться в форме исследования на модели, например, при изучении механических колебаний в 11-м классе. Наглядность представления явлений в компьютерной модели способствует преодолению типовых ошибок и непонимания логики решения задач. Работа с интерактивными моделями и тренажерами может быть эффективным средством подготовки к итоговой аттестации за курс средней школы.

К л ю ч е в ы е с л о в а : виртуальная среда обучения, компьютерные модели, интерактивные тренажеры, исследование на модели.

Одно из важных направлений развития информационно-образовательной среды связано с разработкой и использованием программных средств учебного назначения, эффективных, интеллектуальных, гибких, методически выверенных, позволяющих варьировать объем и формы представления материала, методику его подачи. Лучшие программные продукты и методики поддерживают интерактивность обучения, деятельностное усвоение знаний, формирование навыков принятия решений [2]. Достоинствами компьютерных образовательных технологий при изучении физики являются:

- появление новых механизмов развития теоретического мышления;
- визуализация сложных процессов, причем с элементами активности, манипуляционности (в отличие от видео- и телеобучения);
- автоматизация обработки данных эксперимента (пассивная роль компьютера);
- управление натурным экспериментом (активная его роль);
- возможность сочетания экспериментального исследования с построением и изучением идеальной, математической и компьютерной модели;
- проведение численного эксперимента в ситуациях, в которых непригодны стандартные приборы: на очень больших или очень малых временных и пространственных масштабах, а также в тех областях физики, для которых натурный эксперимент в классе невозможен;
- расчет задач, аналитическое решение которых сложно или невозможно;

- возможность коллекционирования, обработки и воспроизведения видео, аудио, редких полиграфических изображений и другого иллюстративного материала;
- удобство и дешевизна тиражирования программных продуктов по сравнению со средствами обучения, традиционными для данной учебной дисциплины;
- безопасность: компьютерная система, в отличие от реальной экспериментальной установки, не сломается, не взорвется, не повлечет материальные и человеческие жертвы.

Научно-методическая периодика содержит большое количество публикаций, описывающих возможности компьютерных технологий для повышения наглядности при сопровождении лекций, организации виртуального или компьютеризованного лабораторного практикума, локального или дистанционного контроля знаний [4, 7–11]. Тем не менее требуют дальнейшей разработки вопросы:

- развития теоретических основ проектирования компьютерных обучающих систем, уточнения принципов и развития методов их построения, в том числе в плане использования методов математического моделирования объектов предметной области и построения экспертных систем;
- выявления существенных свойств, методологической, технологической и методической основы программных средств, ориентированных на поддержку предметного обучения, которые позволят им стать эффективным компонентом информационно-образовательной среды;
- совершенствования технологии разработки программных средств учебного назначения, использования инструментальных средств визуального проектирования и математического моделирования;
- развития методики и выработки таких организационных форм, которые обеспечат эффективное использование информационно-коммуникационных технологий, повышение качества предметного обучения;
- выявления методов и средств повышения самостоятельности учащихся в процессе учения на информационном этапе развития общества.

Некоторые из этих вопросов обсуждаются ниже на примере раздела «Гидростатика и гидродинамика» школьного курса физики.

1. Состав тематического модуля компьютерной среды предметного обучения

В работе [1] в целях повышения эффективности обучения предлагается формировать для каждого элемента содержания учебной дисциплины серии виртуальных учебных объектов («мультиплеты»), относящихся к различным жанрам: видеофрагменты, анимации, модельные демонстрации и лабораторные работы, интерактивные задания и тренажеры. Сочетание различных жанров, т.е. представление учебной информации в различных формах, дает синергетический эффект, способствует лучшему пониманию, более глубокому усвоению материала учащимися и, как результат, повышению качества обучения.

С учетом широкого использования модульной структуры компьютерных учебных пособий набор мультиплетов по некоторой теме можно назвать мультижанровым модулем. В нем каждый следующий объект представляет собой развитие и углубление предыдущего, как с точки зрения содержания, так с точки зрения технологии представления информации и видов работы с ней. Желательно, чтобы такой модуль охватывал возможно большее число жанров, позво-

лял рассмотреть явление всесторонне и поддерживал различные фазы обучения и различные формы учебной деятельности учащихся, усиливая за счет этого обучающий эффект.

Все виртуальные учебные объекты, представленные в мультижанровом модуле, нацелены на создание условий для самостоятельной, активной и творческой учебной деятельности. Часть из них содержит экспертную систему, которая анализирует действия учащегося, оценивает степень усвоения материала и сформированности знаний, умений и навыков, диагностирует совершаемые ошибки и генерирует контекстные реакции.

Модуль по гидростатике в среде «Интер@ктивная физика» [5] содержит около 30 виртуальных учебных объектов, в том числе демонстрационные и исследовательские модели, интерактивные задания и тренажеры, виртуальные лабораторные работы, тесты. Частично состав модуля представлен на рис. 1.

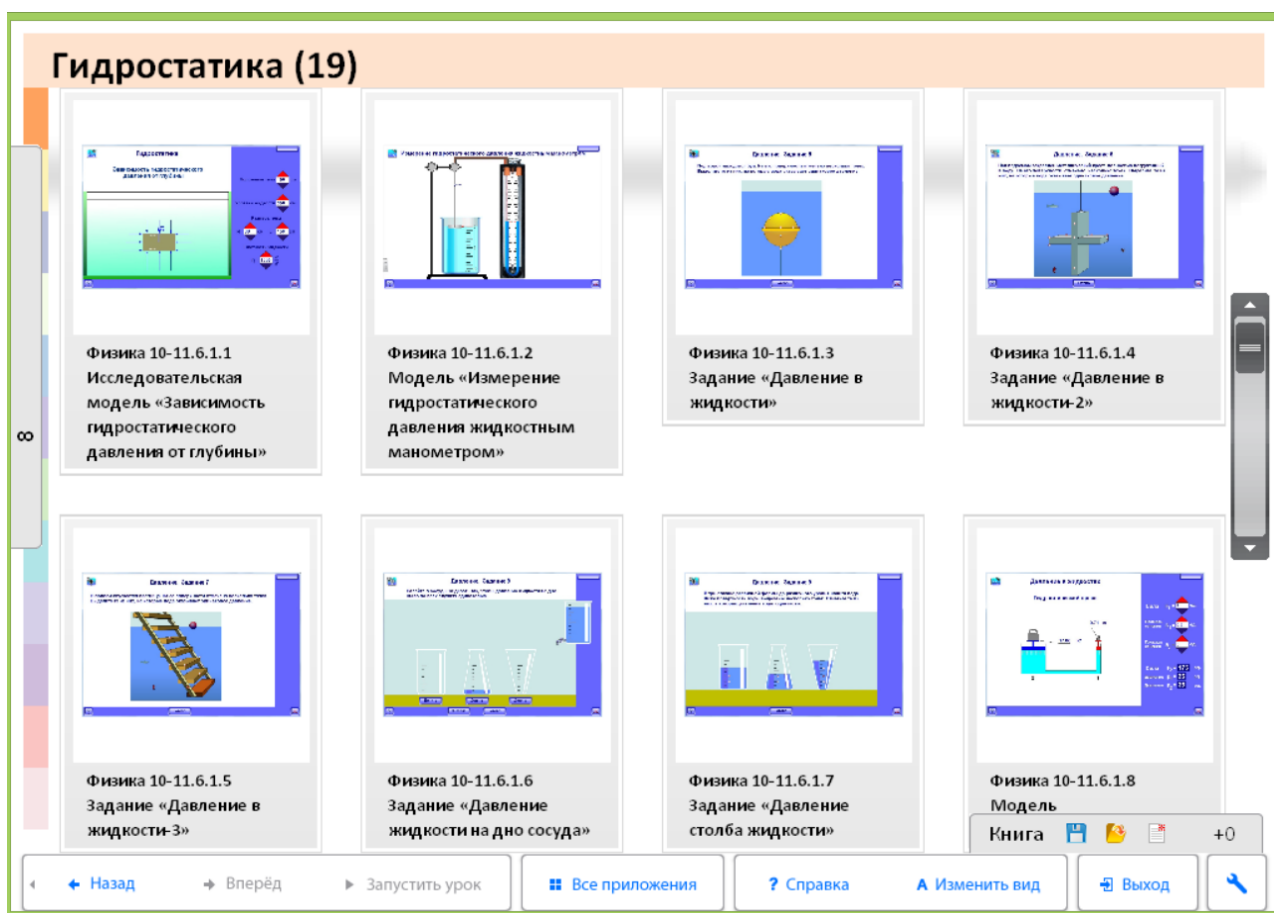


Рис. 1. Меню 3-го уровня обучающей среды «Интер@ктивная физика» [5]

Значительное внимание уделяется таким вопросам, как гидростатическое давление, закон Архимеда, условия плавания тел. Дадим краткое описание нескольких объектов среды. Интерактивная модель «Условия плавания тел» (рис. 2) имеет пять изменяемых параметров, визуализирует положение плавающего тела (глубину погружения) и действующие в системе силы. Пользователь может установить качественную и количественную взаимосвязь между характеристиками системы и состоянием тел, включая ситуацию, когда тело тонет и «ложится на дно».

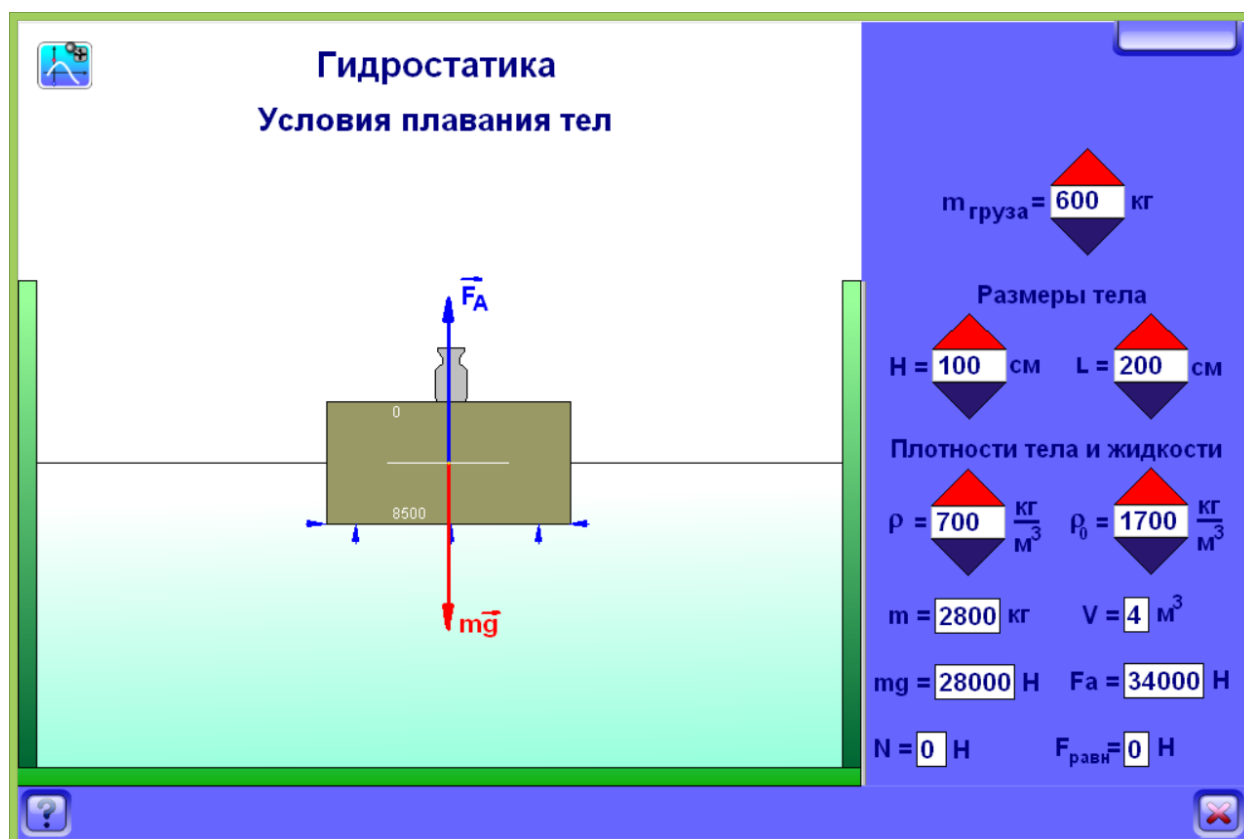


Рис. 2. Интерфейс интерактивной модели «Условия плавания тел»

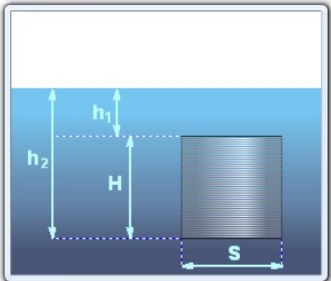
Закону Архимеда и условиям плавания тел посвящен тренажер, содержащий 10 интерактивных заданий, каждое из которых содержит от трех до шести шагов. Шаг соответствует одному из этапов решения задачи или вывода формулы закона. Например, в задании, представленном на рис. 3 а, учащийся выводит формулу закона Архимеда. Предполагается, что тема «Гидростатическое давление» изучена. На первом шаге решения нужно дать ответ на три вопроса: каково давление жидкости на верхнюю плоскость тела, какова сила этого давления, как она направлена. На втором шаге те же три вопроса задаются относительно нижней плоскости тела, на третьем шаге – относительно равнодействующей сил; на четвертом записывается формула закона в ее традиционном виде. Ответы на вопросы даются в форме установления соответствия. После нажатия кнопки «Готово» правильные ответы подсвечиваются зеленым цветом фона в рамке, неправильные – красным, при наличии ошибок дается наводящий вопрос.

В других заданиях тренажера используются и иные формы представления ответа: построение векторной картины сил (выбор одного из векторов фиксированной длины либо самостоятельное построение вектора нужных длины и направления), запись проекции уравнения 2-го закона Ньютона на координатную ось, ввод ответа в виде числа или слова (рис. 3б и 3в).

Многошаговая организация каждого задания формирует в сознании учащегося ориентировочную основу действий. Эффект усиливается за счет того, что в каждом следующем задании тренажера рассматривается измененная ситуация, новый аспект действия закона Архимеда. При этом представленные ситуации предварительно предлагались к рассмотрению в интерактивных моделях. Комплекс виртуальных учебных объектов, состоящий из нескольких моделей, заданий и тренажера создает «объемное» представление о рассматриваемом явлении, законе.

Закон Архимеда. Задание 5, шаг 1

Тело цилиндрической формы находится под водой. Ответьте на вопросы.



Выполняйте задание по плану:

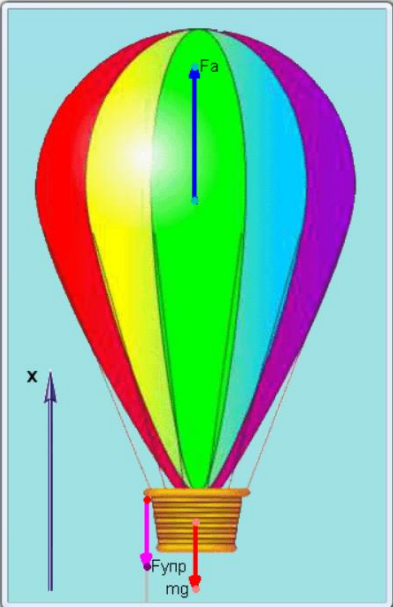
- 1) Какое давление оказывает жидкость на верхнюю границу тела?
- 2) Какова сила этого давления?
- 3) Как направлена сила давления жидкости на верхнюю границу?

$\rho_0 g h_1$	$\rho_0 g H$	$\rho_0 g h_2 S$	вверх
$\rho_0 g h_2$	$\rho_0 g h_1 S$	$\rho_0 g H S$	вниз

Обозначения
Готово

а)

Закон Архимеда. Задание 8



Воздушный шар удерживают вблизи земли с помощью каната. Ответьте на вопросы.

Шаг 3. Как выглядит в проекции на координатную ось x условие равновесия для тела, покоящегося в более плотной среде?

проекция на ось x

$0 =$

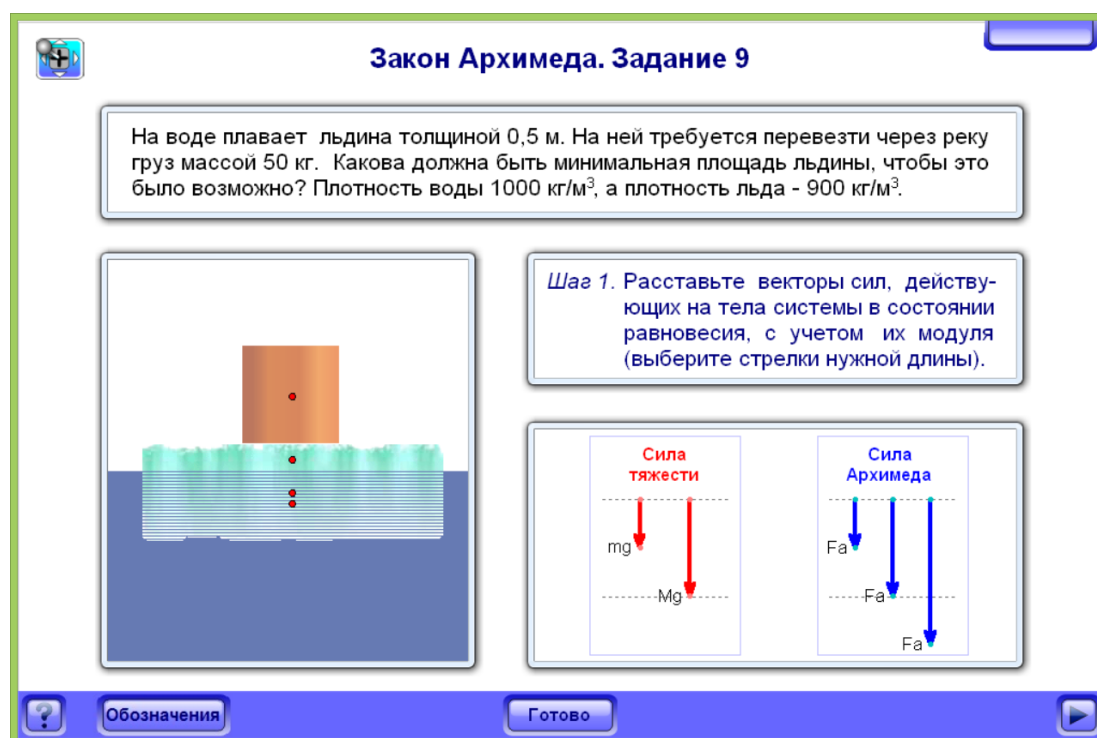
$mg \quad F_{упр} \quad F_a$

$+$ $-$

Обозначения
Готово

б)

Рис. 3. Интерактивные задания из состава тренажера «Закон Архимеда» (начало)



в)

Рис. 3. Интерактивные задания из состава тренажера «Закон Архимеда» (окончание)

Модуль «Гидродинамика» в программном продукте [5] содержит 8 интерактивных моделей, отображенных на рис. 4. Три из них касаются гидродинамики идеальной жидкости (постоянство объемного расхода, теорема Бернулли, водометный движитель – как дополнительная иллюстрация к понятию реактивной силы). Остальные описывают движение тела в вязкой среде, демонстрируют основные закономерности течений Куэтта и Пуазейля вязкой жидкости. Интерактивных заданий данный модуль в настоящее время не содержит, поскольку простые задачи на закон постоянства расхода и теорему Бернулли (рис. 5а) хотя и встречаются в профильном курсе физики, но представляются скорее экзотикой, чем реально востребованным материалом. В то же время интерактивные модели движения тела в вязкой жидкости обладают самостоятельной ценностью, поскольку позволяют исследовать в виртуальном эксперименте закономерности явления, строгое описание которого выходит за рамки школьной программы.

В модели «Сила вязкого трения» рассматривается горизонтальное движение шара, находящегося во взвешенном состоянии (состояние безразличного равновесия по вертикали). Поочередное изменение параметров – горизонтальной внешней силы, радиуса и массы тела, коэффициента вязкости среды – позволяет наблюдать процессы установления равномерного движения или покоя (рис. 5б). Во всех случаях выход значения скорости шара на стационар происходит по экспоненциальному закону: резкое изменение значения одного из параметров приводит к появлению равнодействующей сил и ускорения, но с течением времени обе величины обращаются в ноль. Скорость равномерного движения зависит от управляющих параметров.

Модель «Течение Пуазейля» (рис. 5в) иллюстрирует закономерности одномерного движения (первая мода) вязкой жидкости в плоском слое, в том числе зависимость от градиента давления и толщины слоя для объемного расхода и силы вязкого трения.

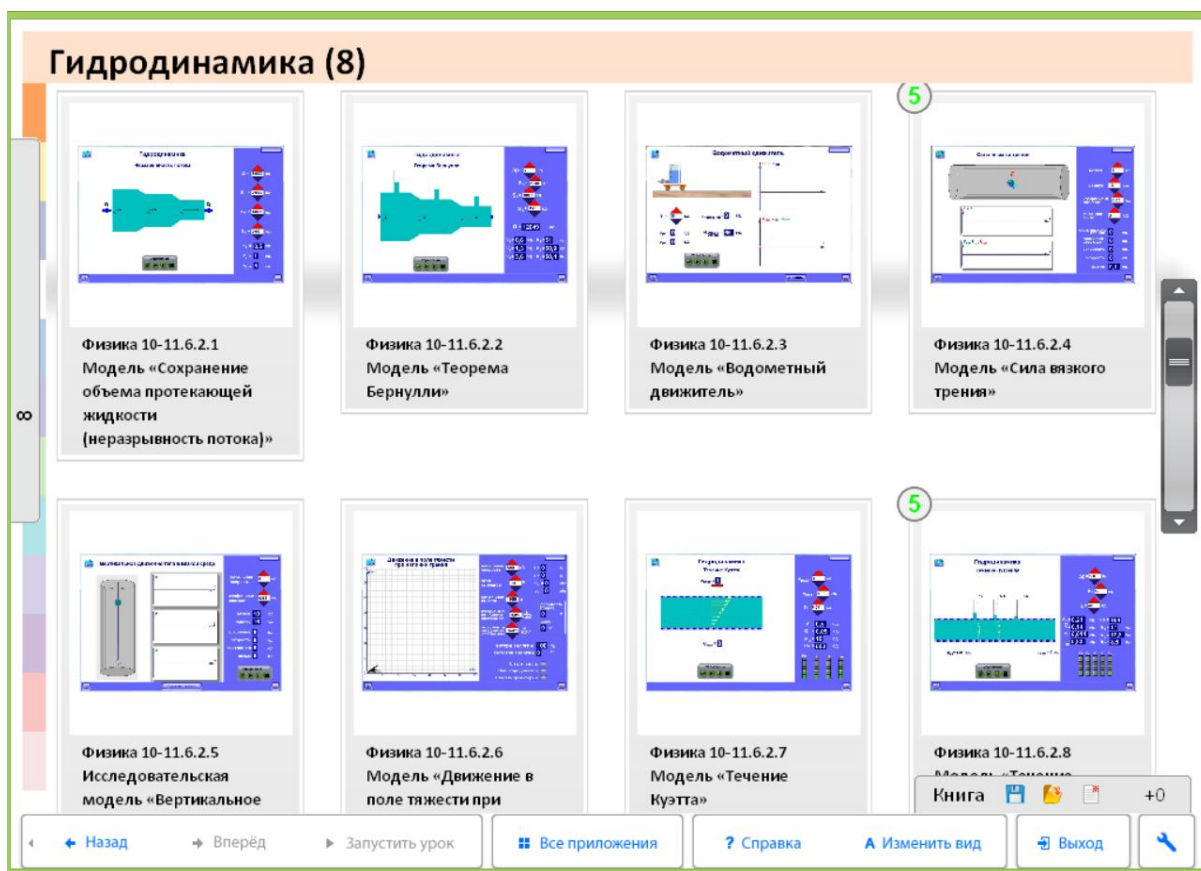
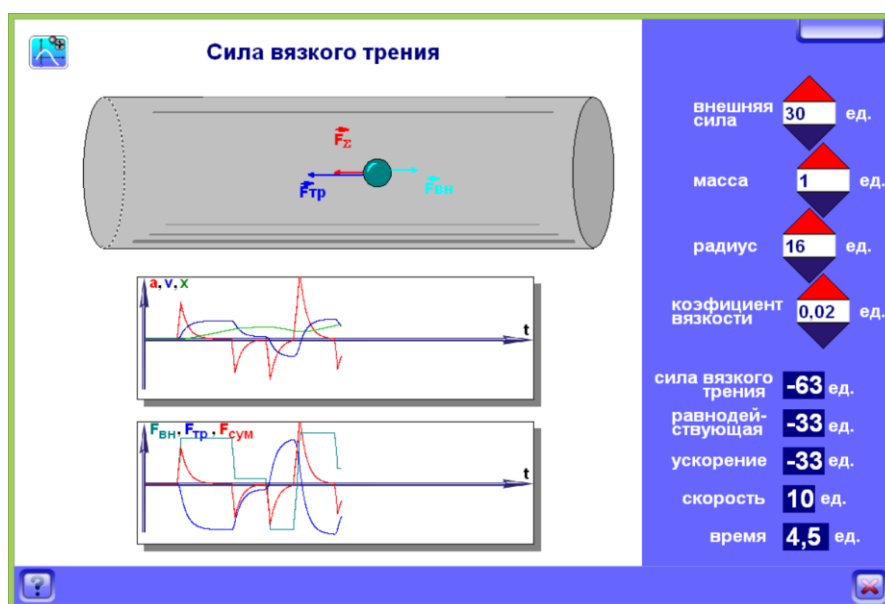


Рис. 4. Меню 3-го уровня обучающей среды «Интер@ктивная физика»

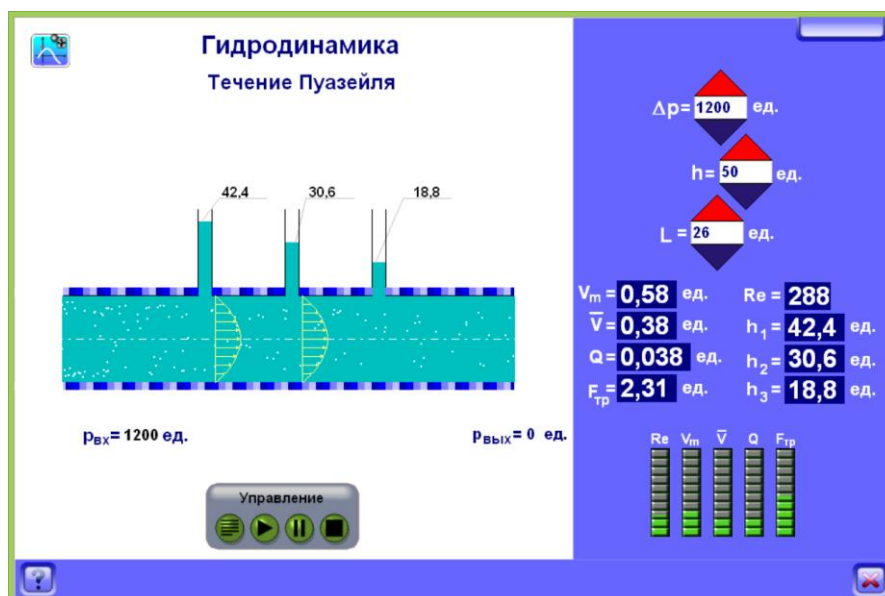


а)

Рис. 5. Примеры интерактивных моделей модуля «Гидродинамика» (начало)



б)



в)

Рис. 5. Примеры интерактивных моделей модуля «Гидродинамика» (окончание)

В одной из моделей рассматривается вертикальное движение шара в вязкой среде при действии силы тяжести; по сути, это аналог классической лабораторной работы «Определение вязкости жидкости методом Стокса». Здесь пользователь задает начальную скорость движения шара (вверх или вниз) и коэффициент вязкости. Модель отстраивает графики зависимости от времени для ускорения, скорости и координаты. Графическая информация может накапливаться, что позволяет анализировать семейства графиков. В частности, пользователь может убедиться, что при фиксированной вязкости все зависимости скорости от времени имеют общую асимптоту, к которой приближаются с обеих сторон, т.е. скорость стационарного движения не

зависит от начальных условий. Аналогично графики для координаты образуют систему кривых с одинаковым наклоном на больших временах, а графики ускорения сверху и снизу выходят на нулевое значение.

Заметим еще, что визуализация всех течений жидкости производилась в компьютерных моделях с помощью мелких белых крупинок, движущихся с рассчитанной скоростью потока в каждой его точке. Такой способ отображения аналогичен использованию алюминиевой пудры при визуализации течений в гидродинамическом эксперименте.

2. Интерактивные модели по теме «Сообщающиеся сосуды»

Раздел «Гидростатика» курса физики средней школы традиционно содержит тему «Сообщающиеся сосуды». В большинстве известных нам электронных учебных пособий по физике эта тема освещается далеко не полно. Зачастую из числа интерактивных объектов имеется только демонстрация работы шлюзов. Кроме того, в среде [5] имеется демонстрация принципа действия жидкостного манометра (рис. 6) и соответствующая лабораторная работа.



Рис. 6. Интерактивная демонстрация принципа действия жидкостного манометра

В демонстрации использован, как видно из рис. 6, следующий визуальный прием: при погружении зонда с мембраной манометра на некоторую глубину не только возникает разница Δh уровней в коленях U-образной трубки, но и сам манометр смещается по вертикали таким образом, чтобы подчеркнуть равенство создающего давление столба в сосуде величине Δh .

Актуальными для школьников являются и другие задачи по теме «Сообщающиеся сосуды», практически не освещенные в электронных учебных изданиях. Например, задача о смещении уровней жидкости (обычно ртути) в U-образной трубке при добавлении в одно из колен бо-

лее легкой жидкости (воды или масла). Проблемы при решении такого рода задач вызывает непонимание, какие столбы жидкости в левом и правом коленах трубки уравнивают друг друга. Проблемы усугубляются повальной нелюбовью учащихся к построению иллюстрирующих задачу чертежей и рисунков; если рисунок и выполняется, то зачастую формально, чтобы удовлетворить требования учителя, а не чтобы понять особенности рассматриваемой ситуации. Сказанное относится как к построению векторной картины сил или импульсов в задачах динамики, так и к обсуждаемой задаче о жидкостях в трубке. Действительно, аккуратный чертеж делает решение такой задачи очень простым.

В целях наглядного представления того, как в этой системе устанавливается гидростатическое равновесие, одним из авторов настоящей статьи была разработана соответствующая интерактивная модель (рис. 7). При этом возможности управления объектами максимально приближены к реальности: обе жидкости можно доливать в трубку, открывая краны на подводящих трубках, и можно выпускать, открывая пробки в нижней части трубки.

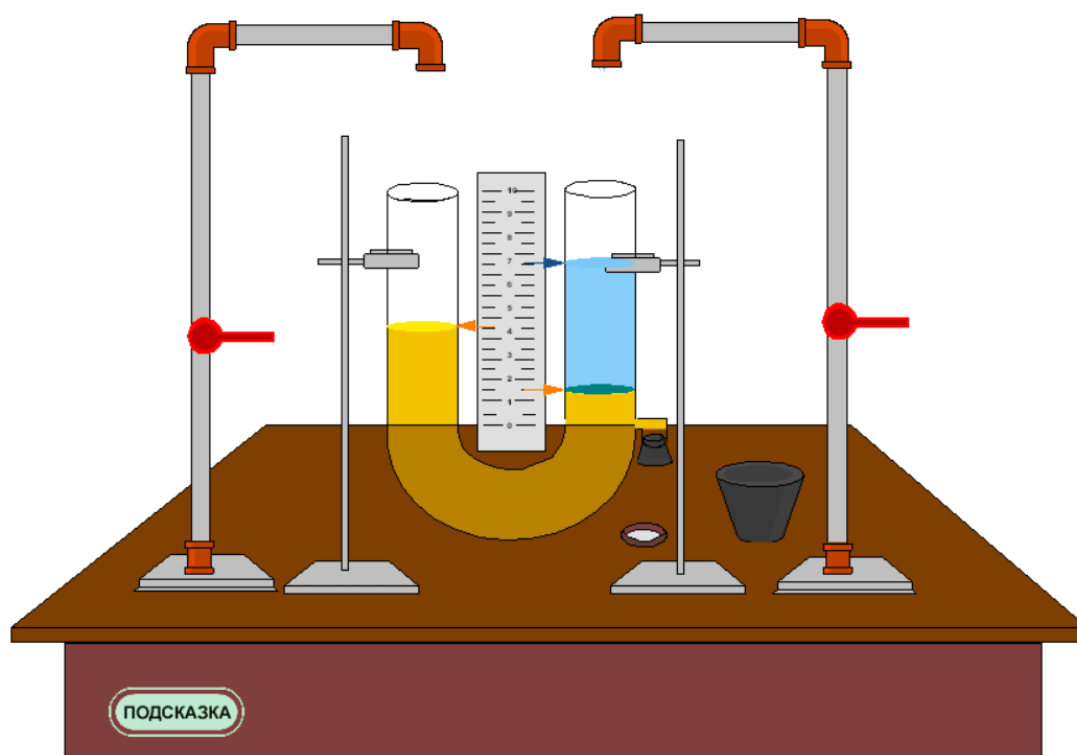


Рис. 7. Интерактивная демонстрация «Равновесие пары жидкостей в U-образной трубке»

Между коленами трубки располагается шкала, позволяющая определять высоту столбов; специальные метки-флажки акцентируют внимание учащегося на том, какие столбы следует сравнивать, поскольку именно они уравнивают друг друга. В качестве тяжелой жидкости (желто-коричневого цвета), как и в моделях «Интер@ктивной физики», рассматривается этилийодид, привлекательная особенность которого состоит в том, что его плотность вдвое больше плотности воды. Такое соотношение плотностей обеспечивает удобство снятия показаний со шкалы, в отличие от пары «вода – ртуть», когда изменение столба ртути мало.

Интересным развитием модели является ее вариант, в котором рассматриваются колебания в U-образной трубке однородной жидкости. Задача об определении периода таких колебаний входит, например, в задачник [6]. Решение строится на записи закона движения для всей жидкости под действием возвращающей силы, которую обеспечивает разница столбов в коленях; получающееся соотношение приводится к стандартной форме дифференциального уравнения гармонических колебаний. Коэффициент при нулевой производной имеет смысл квадрата циклической частоты колебаний.

Математический аппарат такого рода выходит за рамки школьной программы, хотя связь $a = -\omega^2 \cdot x$ учащимся 11-х классов знакома и может быть использована для аналитического решения задачи. С другой стороны, такая задача может быть рассмотрена как экспериментальная (рис. 8): пользователь может изменять общее количество жидкости в трубке (массу или объем), начальную разницу столбов, вызывающую колебания, плотность и вязкость жидкости, диаметр трубки. Обнаруженные закономерности можно иллюстрировать графиками.

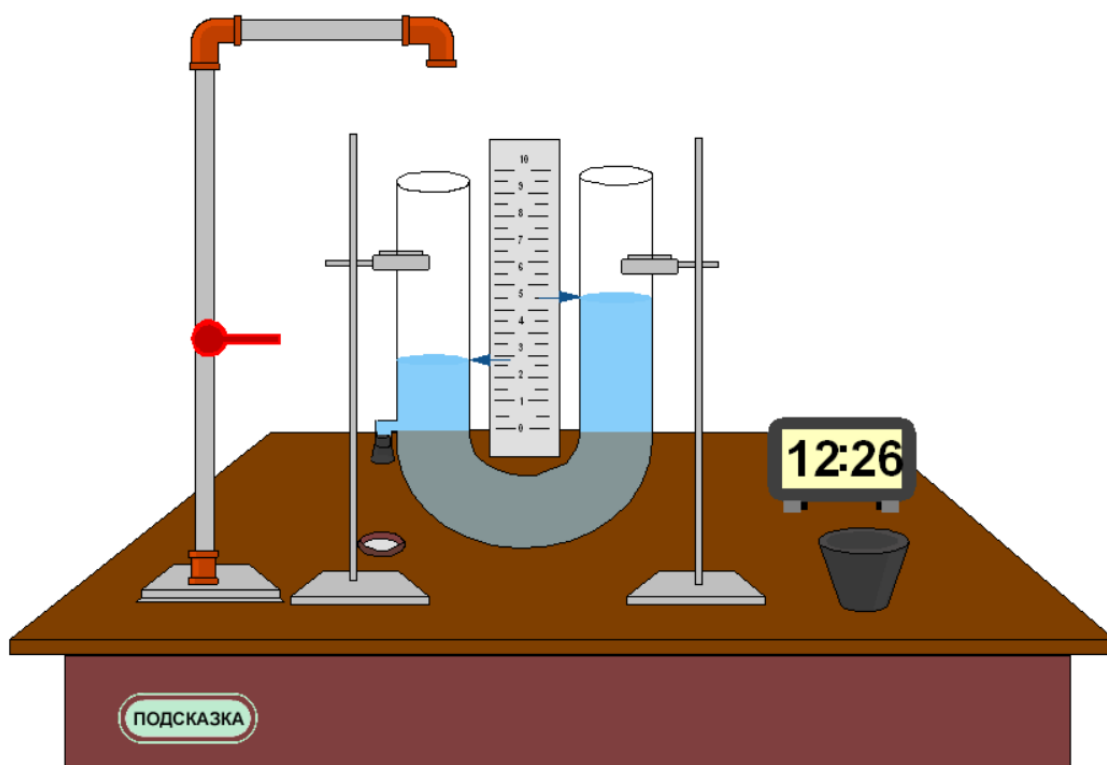


Рис. 8. Интерактивная демонстрация «Колебания жидкости в U-образной трубке»

До недавнего времени нам не были известны модельные реализации такой задачи, теперь же ее можно найти на сайте «Медиадидактика» [3]. Здесь эта задача поставлена именно в виде исследования на модели, с формальным изменением параметров системы, без претензий на реалистичный интерфейс. Например, отсутствуют механизмы создания начальной разницы столбов в коленях трубки или изменения плотности жидкости.

В нашей реализации разница столбов создается следующим образом: одно из колен трубки затыкается пробкой (рис. 9), после чего в другое добавляется из крана желаемое количество

жидкости. При удалении пробки возникают колебания. Таким образом можно задавать различную амплитуду колебаний и убедиться, что период колебаний от нее не зависит. При этом возникает дополнительная сложность: необходимость учета возникающего при доливании изменения полной массы жидкости.

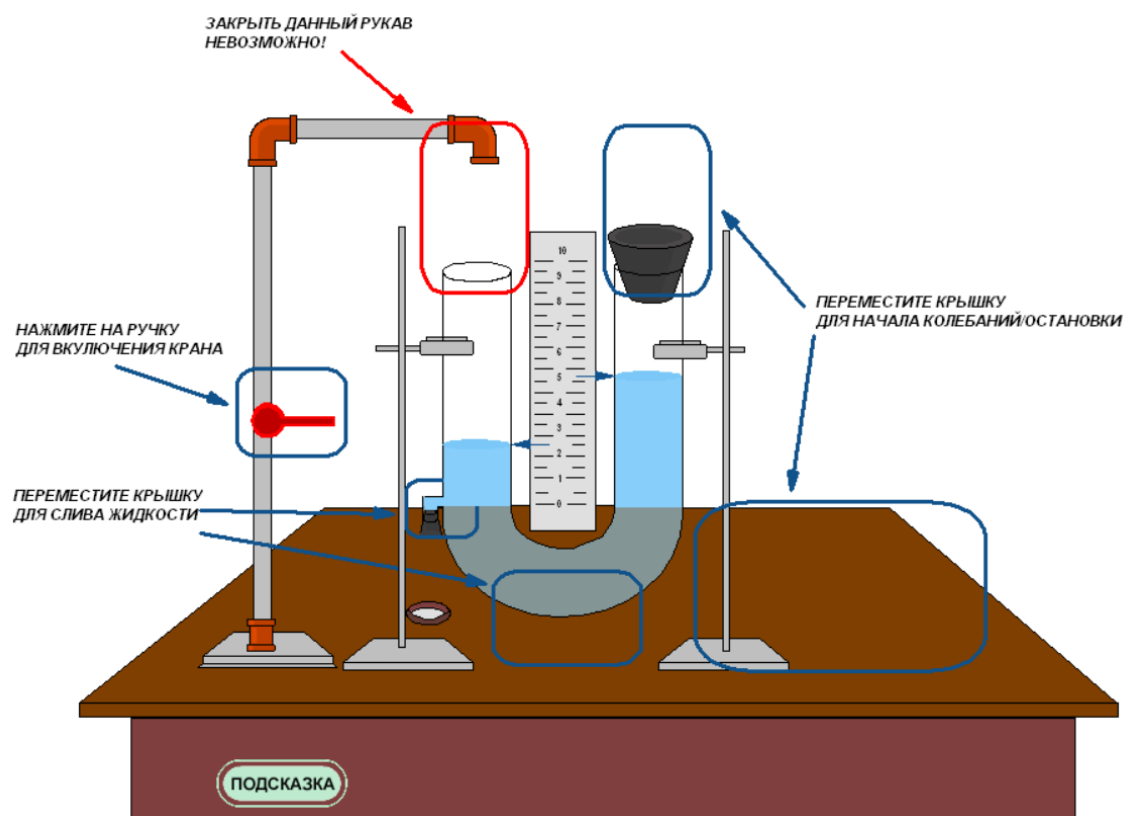


Рис. 9. Работа кнопки «подсказка» в модели «Колебания жидкости в U-образной трубке»

Еще одна модель, имеющая отношение к теме сообщающихся сосудов, представлена на рис. 10. Пользователь может регулировать подачу жидкости в резервуар и, как следствие, высоту столба, которая определяет скорость струи воды на выходе. Также регулируется направление струи, так что становится видна ее параболичность. Модель выполнена в приближении идеальной жидкости и не претендует на точность отображения сложных гидродинамических эффектов. Впрочем, на одну закономерность, следующую из закона постоянства объемного расхода, можно обратить внимание: толщина струи при подъеме увеличивается, поскольку скорость движения жидкости уменьшается. На нисходящей части траектории толщина струи вновь уменьшается.

Заметим, что наполнение глобальной информационно-образовательной среды новыми интерактивными моделями по физике происходит в последние годы достаточно активно. В определенной степени это вызвано появлением в информационном поле новых классов задач, в том числе благодаря развитию базы Единого государственного экзамена.

В этом отрадном в целом явлении имеется и негативная сторона. Актуальность проблемы подготовки учащихся к итоговой аттестации порождает ажиотажный спрос прежде всего на технически и финансово легкодоступные – сетевые и бесплатные – ресурсы. К сожалению,

качество некоторых из них (например, [12]) не выдерживает критики ни с точки зрения дисциплинарного содержания, ни с точки зрения программной реализации. Неискушенный потребитель зачастую не в состоянии определить уровень выбираемого ресурса, тем более что на любом сайте всегда имеется достаточное количество хвалебных отзывов, в том числе написанных самими держателями этих сайтов. Способов выбраковки низкопробных изданий, по-видимому, не существует.

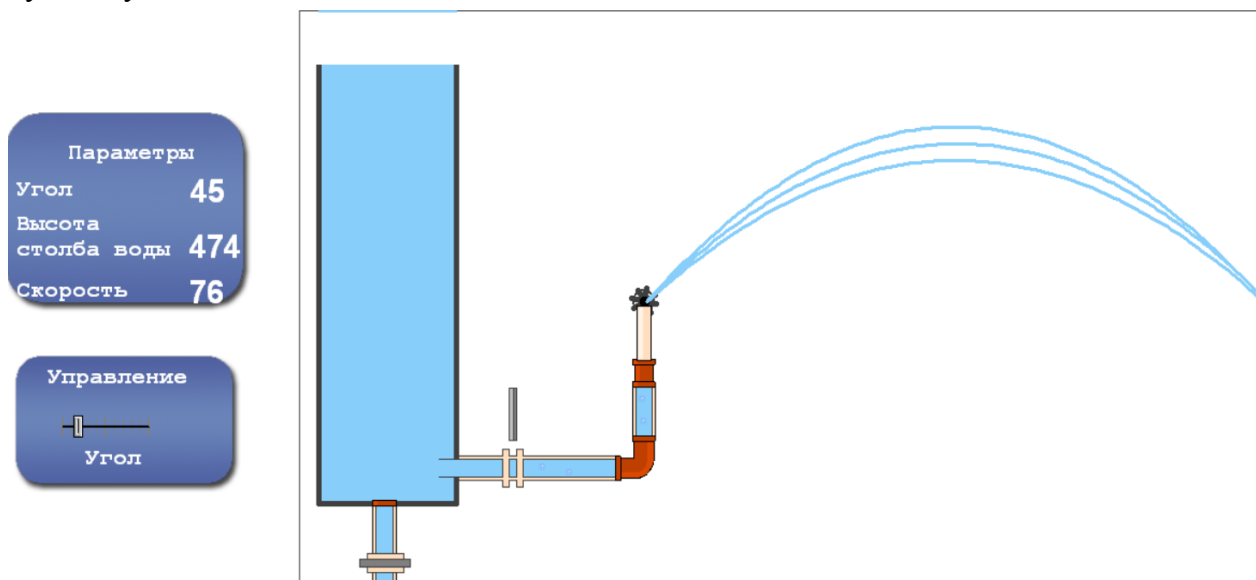


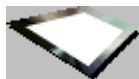
Рис. 10. Интерактивная демонстрация «Самотечный фонтан»



Список цитируемых источников

1. Баяндин Д.В. Мультиплетная структура виртуальной среды обучения и технологизация учебного процесса [Электронный ресурс] // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). – 2013. – Т. 16, № 3. – С. 465–488. – URL: http://ifets.ieee.org/russian/depositary/v16_i3/pdf/4.pdf (дата обращения: 30.04.2019).
2. Баяндин Д.В. Реализация концепции полнофункциональной предметно-ориентированной среды обучения [Электронный ресурс] // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). – 2015. – Т. 18, № 4. – С. 574–601. – URL: http://ifets.ieee.org/russian/depositary/v18_i4/pdf/4.pdf (дата обращения: 30.04.2019).
3. Виртуальные лабораторные работы по физике [Электронный ресурс]. – URL: <http://mediadidaktika.ru> (дата обращения: 30.04.2019).
4. Гилярова Н.М. Ключевая роль презентации в лекционном курсе физики // Физическое образование в вузах. – 2012. – Т. 18, № 2. – С. 45–53.
5. Интер@ктивная физика. Система активных обучающих сред для средней и высшей школы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Д.В. Баяндин, Н.Н. Медведева, О.И. Мухин [и др.]. – Электрон. дан. (7,3 Гб, 7,9 Гб). – Пермь: ООО ИИТ, 2012.

6. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. – 2-е изд., перераб. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 416 с.
7. Калачев Н.В. Проблемно-ориентированные физические практикумы в техническом университете. Опыт применения // Физическое образование в вузах. – 2011. – Т. 17, № 4. – С. 17–23.
8. Матвеев О.П., Фискинд Е.Э. Использование компьютеризированной установки для проведения учебного исследования по оптике // Физическое образование в вузах. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 90–96.
9. Назаров А.И. Возможности программной среды Moodle в реализации принципа модульного обучения // Физическое образование в вузах. – 2011. – Т. 17, № 4. – С. 86–91.
10. Третьякова О.Н. Применение элементов дистанционного обучения в системе дифференцированного обучения студентов технических вузов // Физическое образование в вузах. – 2013. – Т. 19, № 1. – С. 105–115.
11. Ханнанов Н.К., Варламов Н.В., Чайковский К.Г. Сравнительный анализ электронных изданий для подготовки к ЕГЭ по физике // Физика в школе. – 2013. – № 1. – С. 8–11.
12. GetαClass: Smart. Онлайн-тренажер по физике нового формата [Электронный ресурс]. – URL: <https://smart.getaclass.ru> (дата обращения: 30.04.2019).



УДК 51 (07): 004

И.М. Зенцова

ОРГАНИЗАЦИЯ НА ОСНОВЕ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ»

Обсуждается проблема формирования компетенций бакалавров педагогических специальностей по дисциплине «Методика преподавания математики». Рассматриваются возможности применения с этой целью инновационных образовательных технологий организации самостоятельной работы студентов. Показано, что для формирования компетенций могут быть с успехом использованы облачные технологии. Приведены примеры заданий для самостоятельной работы с применением данных технологий. Продемонстрирована направленность содержания заданий на формирование профессиональных компетенций будущих учителей математики.

К л ю ч е в ы е с л о в а : педагогическое образование в вузе, самостоятельная работа студентов, формирование профессиональных компетенций, облачные технологии в обучении, методика преподавания математики, федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования.

Учебный курс «Методика преподавания математики» является дисциплиной вариативной части образовательной программы направления подготовки 44.03.01 «Педагогическое образование» (ПБ) (профиль «Начальное образование») и 44.03.05 «Педагогическое образование» (с двумя профилями) (профиль «Дошкольное и начальное образование»).

Содержание системы высшего образования регламентируется федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО). В результате анализа ФГОС ВО от 04.12.2015 (44.03.01 «Педагогическое образование») и 09.02.2016 (44.03.05 «Педагогическое образование» (с двумя профилями)) [5] было установлено соответствие общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций, формирование которых происходит при обучении студентов дисциплине «Методика преподавания математики», с одной стороны, и планируемых результатов обучения студентов – с другой (см. таблицу).

Для формирования данных компетенций при организации самостоятельной работы студентов можно с успехом использовать различные сервисы Интернета [14,15], в том числе облачные сервисы.

Различные стороны организации самостоятельной работы студентов отражены в исследованиях К.Е. Осетрина, Е.Г. Пьяных [4], Г.Р. Катасонова [1], И.А. Маркова [2] и др.

**Компетенции и планируемые результаты обучения студентов по направлениям
«Педагогическое образование» (профиль «Начальное образование»)
и «Педагогическое образование» с двумя профилями (профиль «Дошкольное
и начальное образование»)**

Коды компетенций	Содержание компетенций	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Готовность реализовывать образовательные программы по учебному предмету в соответствии с требованиями образовательных стандартов	<i>Знать</i> содержание ФГОС НОО, учебников математики для начальной школы. <i>Уметь</i> ориентироваться в предметном содержании. <i>Владеть</i> навыками анализа ФГОС НОО, учебников математики для начальной школы
ПК-2	Способность использовать современные методы и технологии обучения и диагностики	<i>Знать</i> виды уроков математики в начальных классах, их структуру, требования к конспекту урока. <i>Уметь</i> выбирать наиболее эффективные методические приемы организации деятельности детей. <i>Владеть</i> различными подходами к построению уроков математики
ПК-6	Готовность к взаимодействию с участниками образовательного процесса	<i>Знать</i> способы взаимодействия учителя начальной школы с учениками и родителями. <i>Уметь</i> взаимодействовать с участниками образовательного процесса. <i>Владеть</i> навыками делового общения

К.Е. Осетрин, Е.Г. Пьяных определяют цели проведения самостоятельной работы, формы ее организации. Авторы предлагают обновление такой традиционной формы самостоятельной работы, как реферат, посредством использования современных информационных технологий. При оформлении реферата возможно использование разнообразных инструментов: карты знаний (или интеллектуальные карты) и wiki-страницы. Wiki-страницы используются при создании реферата как способ оформления, а карты знаний – при его защите [4, с. 211].

Г.Р. Катасонова определяет средства инновационных образовательных технологий при организации самостоятельной работы студентов. К ним относятся: программная среда для разработки презентаций Prezi, диаграммы связей майнд-карты с использованием программной среды Mindmeister.com, программы для создания проектов MS Project Online, Zilicus PM, Basecamp, Zoho Projects, Planbox, Podio [1].

И.А. Маркова определяет особенности организации самостоятельной работы студентов на основе технологии «работа в команде» [2].

Рассмотрим задания на основе облачных технологий по дисциплине «Методика преподавания математики», позволяющие формировать у бакалавров необходимые профессиональные компетенции во время самостоятельной работы.

При формировании компетенции ПК-1 студенты в парах анализируют ФГОС НОО и содержание учебников математики для начальной школы. Документы и презентации, доступные в Интернете, позволяют нескольким студентам одновременно редактировать один и тот же файл, причем всегда использовать его последнюю версию. Для этого первому пользователю необходимо предоставить доступ для совместной работы другому студенту и преподавателю.

У преподавателя имеется возможность отслеживать этапы выполнения студентами каждого задания (рис. 1).

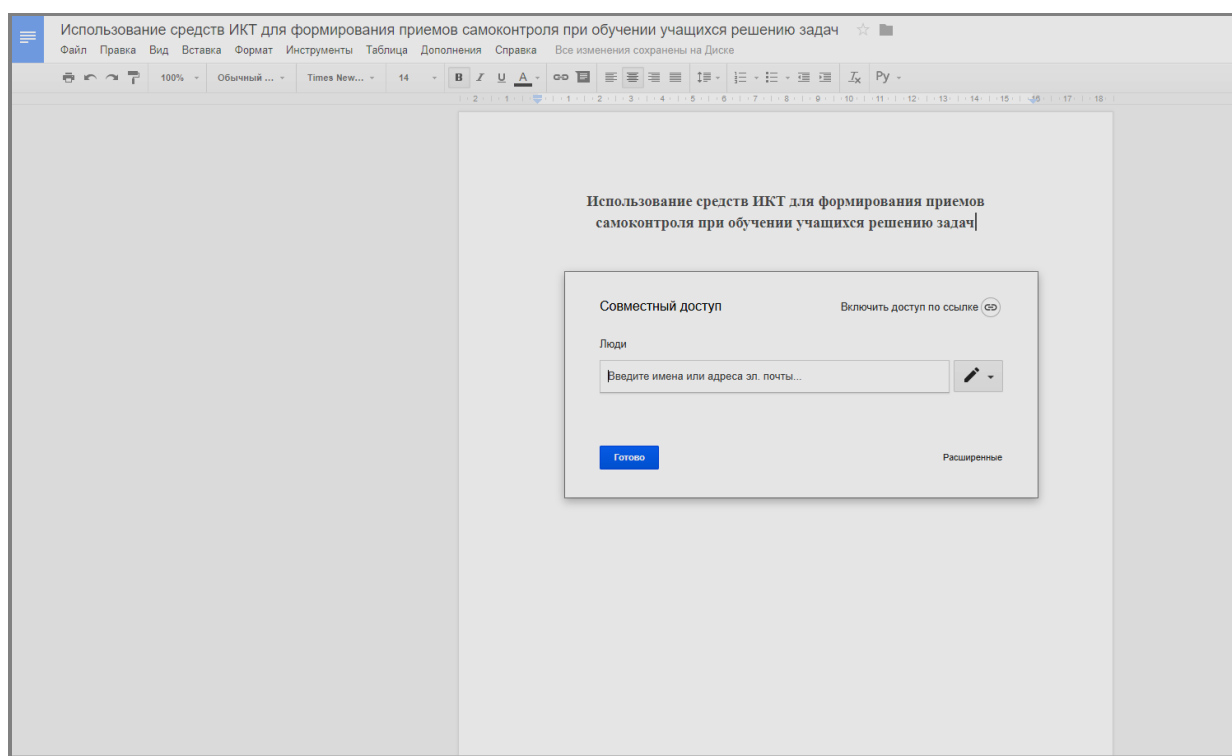


Рис. 1. Создание совместного доступа в сервисе Google.Диск (Документы) [8]

Использование сервиса Google.Диск (Формы) [12] предоставляет преподавателю возможность организовать тест с разными типами вопросов с применением специальных форм в документе (рис. 2).

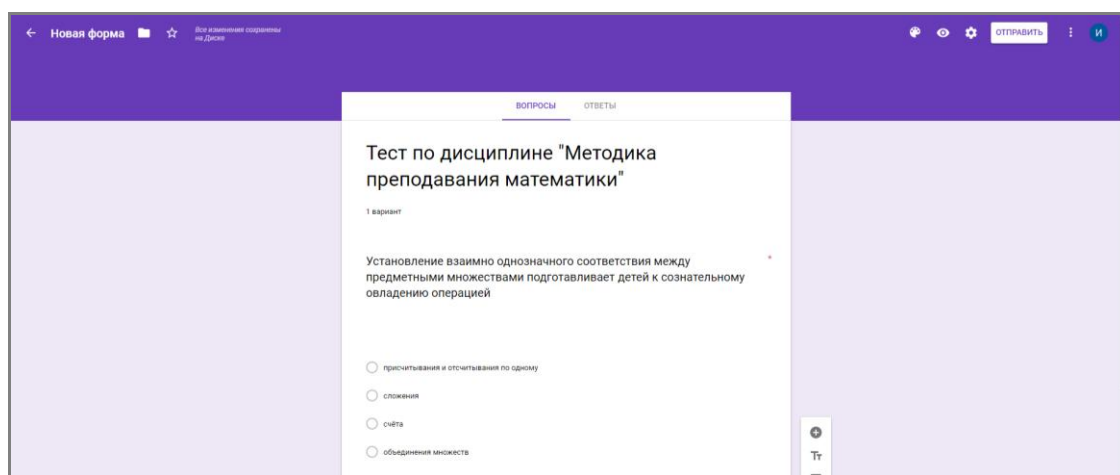


Рис. 2. Применение сервиса Google.Диск (Формы) [12]

Для формирования компетенции ПК-2 могут быть предложены творческие задания, которые носят информационный, исторический, исследовательский характер. Работа должна

быть выполнена группами студентов (2–3 человека) в виде сайта на основе сервиса Google.Диск (Сайты) [10] (рис. 3).

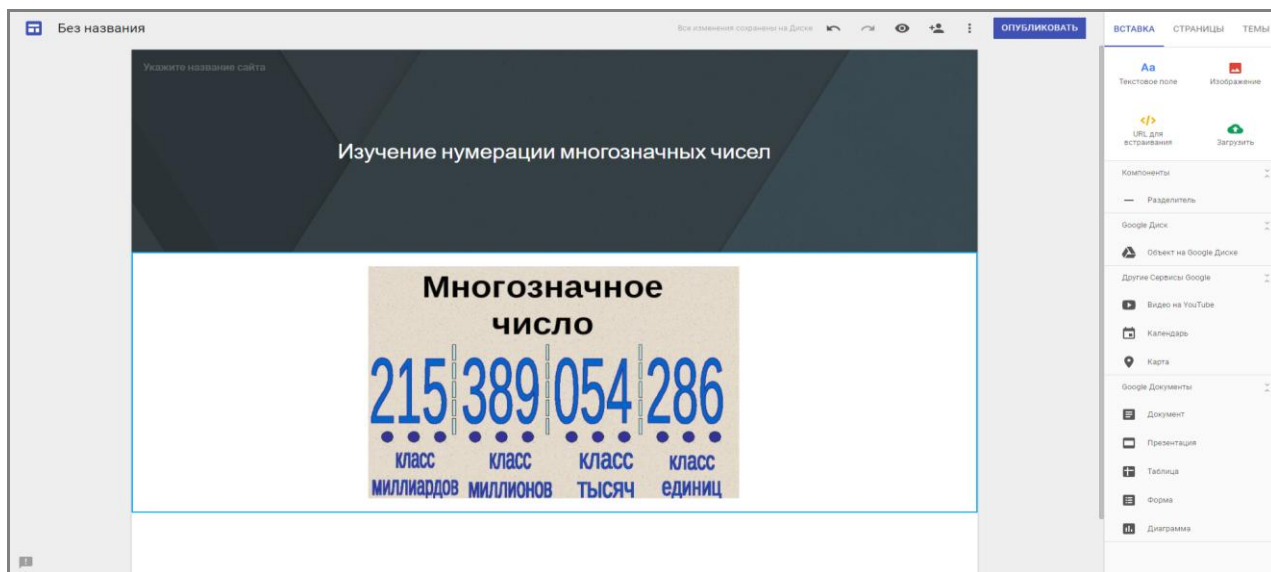


Рис. 3. Применение сервиса Google.Диск (Сайты) [10]

Для формирования компетенции ПК-6 следует учитывать следующие возможности, предоставляемые облачными технологиями.

1. Организация совместной научно-образовательной деятельности преподавателей и студентов (облако@mail.ru (рис. 4), Яндекс.Диск (рис. 5), Google.Диск) с целью обмена информацией по методике преподавания математики студентов друг с другом и с преподавателем.

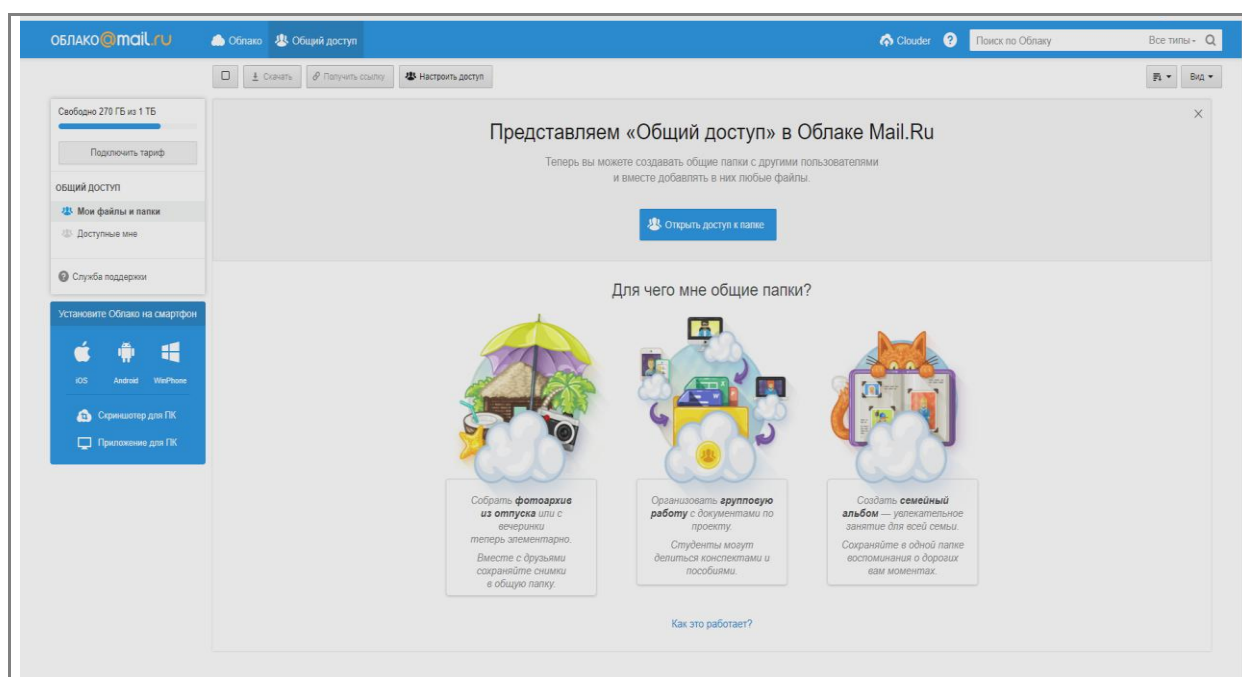


Рис. 4. Создание совместного доступа в сервисе [облако@mail.ru](mailto:oblacloud@mail.ru) [3]

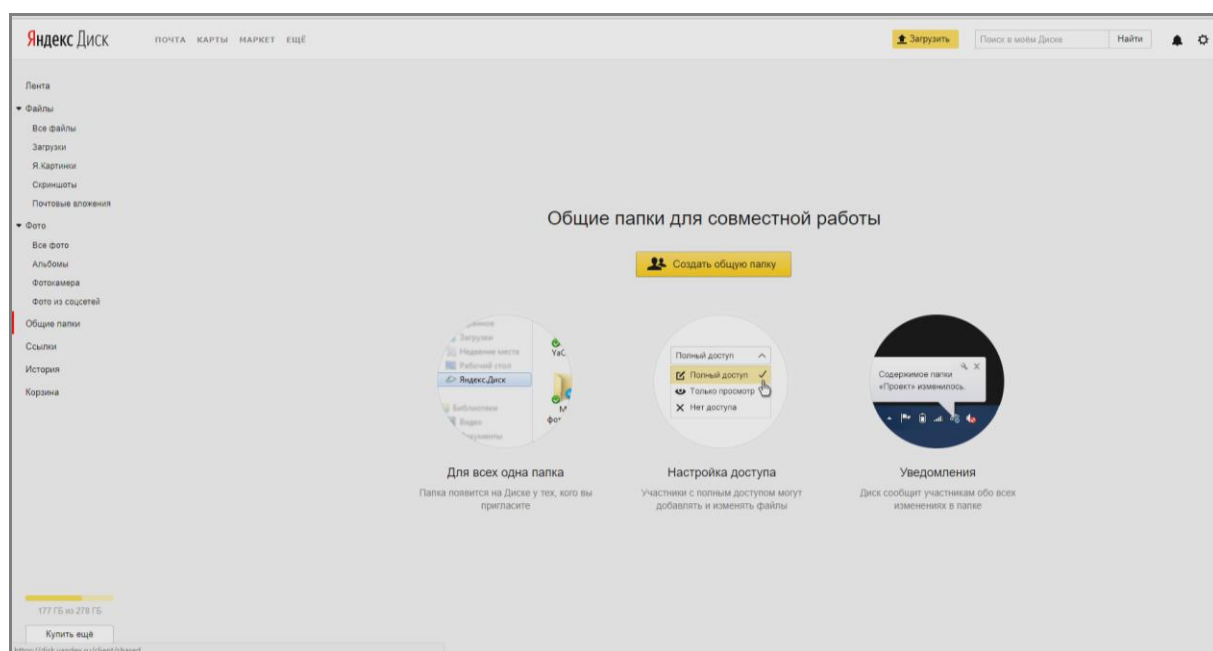


Рис. 5. Создание совместного доступа в сервисе Яндекс.Диск [6]

Приведем пример задания по дисциплине «Методика преподавания математики»: совместно с однокурсником создайте рисунок в сервисе Google.Диск (Рисунки), помогающий усвоить тему «Сложение многозначных чисел» (рис. 6).

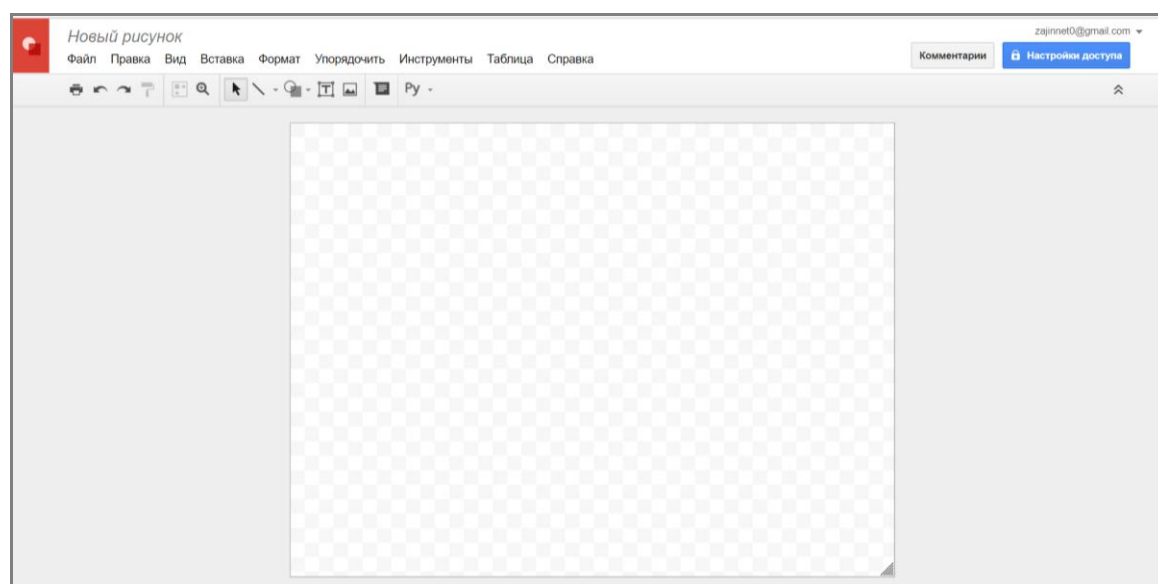


Рис. 6. Сервис Google.Диск (Рисунки) [9]

2. Работа с документами по методике преподавания математики возможна с помощью любого мобильного устройства, поддерживающего работу в Интернете (рис. 7).

3. Выполнение студентами коллективных проектов по методике преподавания математики.

4. Осуществление планирования учебного процесса по методике преподавания математики с помощью сервиса GoogleCalendar [13]: создание расписания занятий, консультации, информирование студентов о домашнем задании, напоминание о сроках сдачи проектов (рис. 8).

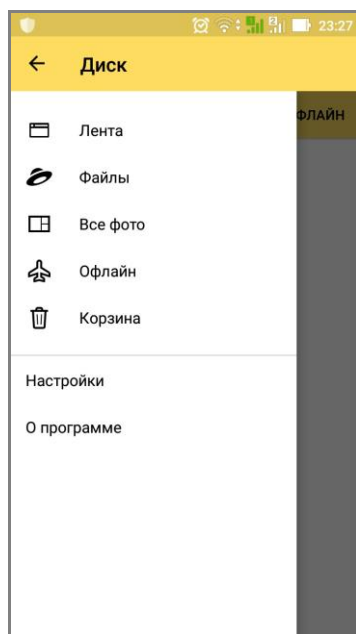


Рис. 7. Мобильное приложение Яндекс.Диск

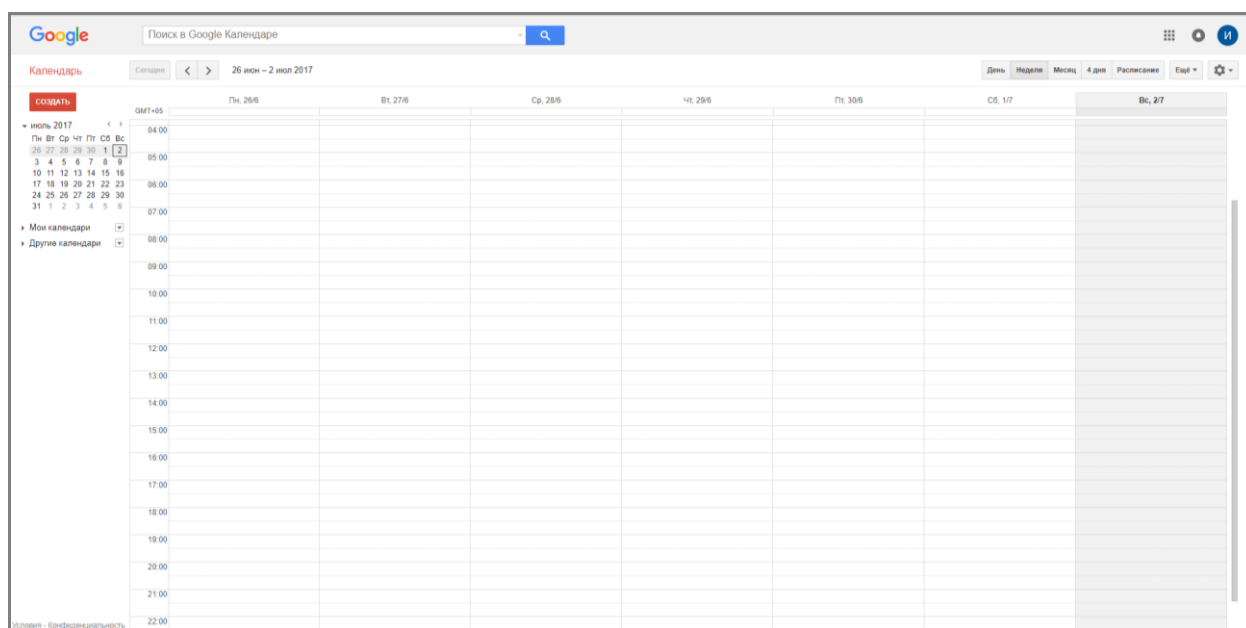


Рис. 8. Сервис GoogleCalendar [13]

5. Создание преподавателем блогов по методике преподавания математики на основе сервиса Blogger [7] (рис. 9) для следующих целей:

- использование блога для консультаций студентов по проблемам организации уроков и внеклассных занятий по математике в начальной школе;

- публикация в блоге учебных дополнительных заданий студентам по методике преподавания математики, проверка заданий и их комментариев.

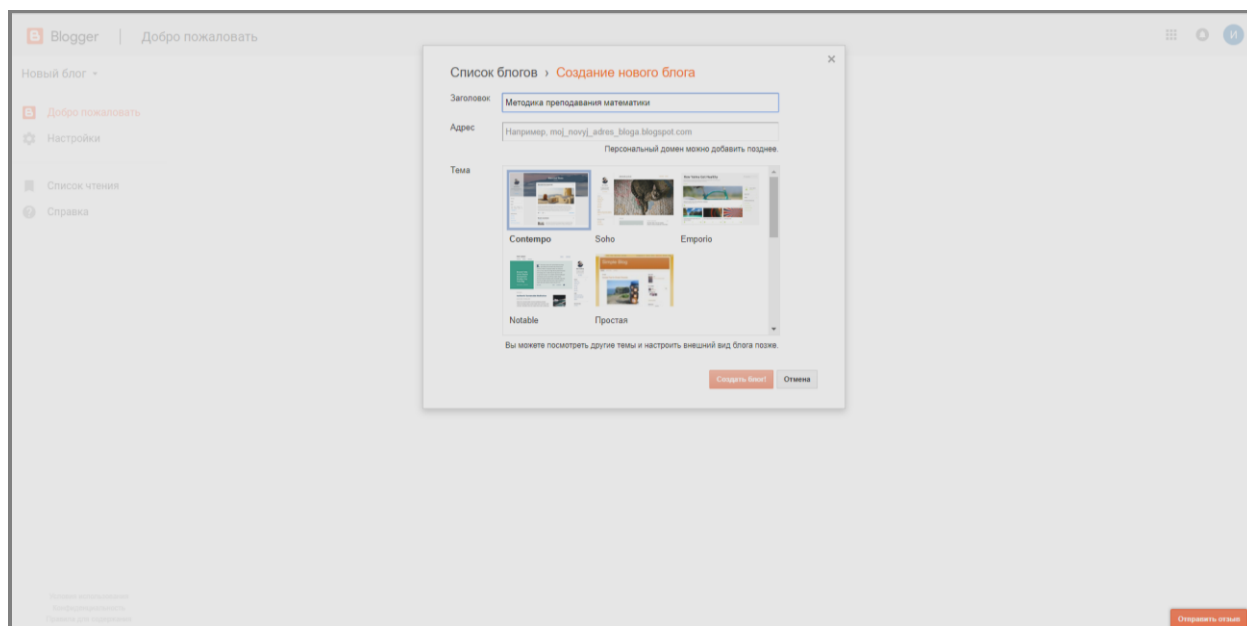


Рис. 9. Сервис Blogger [7]

6. Использование сервиса Google.Диск (Таблицы) [11] для самоанализа овладения компетенциями в рамках научно-исследовательской и педагогической деятельности (рис. 10).

	A	B	C	D
1	Компетенции	Описание видов деятельности, которыми студент владеет (самооценка), на материале дисциплины	Оценка владения компетенцией (0-4 б.)	Задачи для профессионального самосовершенствования
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				

Рис. 10. Создание таблицы в сервисе Google.Диск (Таблицы) [11]

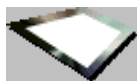
Итак, в рамках настоящего научно-методического исследования установлено соответствие профессиональных компетенций, формирование которых происходит при обучении студен-

тов дисциплине «Методика преподавания математики», и планируемых результатов обучения. Разработаны задания с использованием облачных технологий, направленные на становление выделенных компетенций.



Список цитируемых источников

1. Катасонова Г.Р. Интегрированный подход к организации самостоятельной работы бакалавров при изучении цикла дисциплин «Информационные технологии» // Труды С.-Петербург. гос. ин-та культуры и искусств. – 2015. – № 205. – С. 181–187.
2. Маркова И.А. Использование инновационных образовательных технологий при организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Сертификация систем качества товаров и услуг» // Сибирский торгово-экономический журнал. – 2014. – № 1(19). – С. 73–81.
3. Облако@mail.ru [Электронный ресурс]. – URL: <https://cloud.mail.ru/> (дата обращения: 30.03.2019).
4. Осетрин К.Е., Пьяных Е.Г. Информационные технологии при организации самостоятельной работы студентов // Вестник ТГПУ. – 2011. – № 13 (115). – С. 210–213.
5. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования [Электронный ресурс]. – URL: <http://fgosvo.ru/fgosvo/92/91/4/94> (дата обращения: 30.03.2019).
6. Яндекс.Диск [Электронный ресурс]. – URL: <https://disk.yandex.ru> (дата обращения: 30.03.2019).
7. Blogger [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.blogger.com/> (дата обращения: 30.03.2019).
8. Google.Диск (Документы) [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.google.com/document/> (дата обращения: 30.03.2019).
9. Google.Диск (Рисунки) [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.google.com/drawings/> (дата обращения: 30.03.2019).
10. Google.Диск (Сайты) [Электронный ресурс]. – URL: <https://sites.google.com/> (дата обращения: 30.03.2019).
11. Google.Диск (Таблицы) [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.google.com/presentation/> (дата обращения: 30.03.2019).
12. Google.Диск (Формы) [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.google.com/forms/> (дата обращения: 30.03.2019).
13. GoogleCalendar [Электронный ресурс]. – URL: <https://calendar.google.com/calendar/> (дата обращения: 30.03.2019).
14. Яковлева И. В. , Оспенникова Е.В. Образовательное значение сетевых социальных сервисов // Педагогическое образование в России. – 2012. - № 5. – С. 118-121.
15. Яковлева И. В. , Оспенникова Е.В. Модели применения сетевых социальных сервисов в обучении// Педагогическое образование в России. – 2013. – № 5. – С. 46-51.



УДК 53 (07): 004

А.Р. Сарманаева

**РАЗРАБОТКА НА БАЗЕ ANDROID STUDIO ЦИФРОВОГО МОБИЛЬНОГО
ПРИЛОЖЕНИЯ К УЧЕБНИКУ ФИЗИКИ 7 КЛАССА
(УЧЕБНАЯ ТЕМА «ГИДРО - И АЭРОСТАТИКА»)**

Обсуждается проблема разработки мобильных цифровых образовательных ресурсов для дидактического сопровождения уроков физики в средней школе. В качестве примера представлен обучающий модуль по теме «Закон Архимеда». Модуль включает теоретический материал, аудио- и видеоконтент, интерактивную модель физического эксперимента, задания для проведения опытов в домашних условиях, игровое задание (квест) и задания для самоконтроля в форме теста. Разработка мобильных приложений к учебным занятиям по физике рассматривается как средство реализации принципа «обучение здесь и сейчас».

К л ю ч е в ы е с л о в а : обучение физике, электронные образовательные ресурсы, мобильное учебное приложение, мобильное обучение, Android Studio.

Введение

В век высоких технологий книги, учебные пособия в традиционном печатном виде используются все реже и реже. На их место пришли электронные версии учебных материалов, работать с которыми намного проще и удобнее. Электронные книги не теряются, они всегда под рукой. Электронные девайсы «невесомы», а их материальные носители занимают мало места.

С 2015 г., в соответствии с Федеральным законом № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», в российских школах началось внедрение в образовательную практику электронных учебников [9]. Учебники нового поколения включают не только текст, но и красочные иллюстрации, анимацию, видеоролики, интерактивные лабораторные задания, тесты. Активная работа по созданию электронных учебников ведется авторскими коллективами федеральных учебных комплектов по физике (Н.С. Пурышева, Н.Е. Важеевская; О.Ф. Кабардин; В.В. Белага, И.А. Ломаченков, Ю.А. Панебратцев; А.А. Алексеев; А.В. Перышкин, З.В. Александрова, В.Н. Анатольев, Л.В. Артеменко и др.), преподавателями вузов и представителями IT-компаний. Важно отметить, что такие цифровые учебные пособия, как правило, предназначены для работы на стационарных компьютерах, что в организационном плане не всегда целесообразно. Невозможно оснастить всю школу таким количеством компьютеров, чтобы их хватало на всех обучающихся.

В формате мобильных приложений, которыми может воспользоваться каждый учащийся, представлены пока лишь отдельные учебные ресурсы: справочники по физике, электронные книги (сканированные страницы печатного издания), конспекты по физике, видеоматериалы, тесты, ЕГЭ-тренажеры [1, 2, 6].

Подходы к разработке электронных учебников и цифровых мобильных приложений по физике

В развитии практики создания электронных учебников прослеживается несколько этапов. На начальном этапе информатизации образования электронные учебники преимущественно создавались на CD-дисках для персональных компьютеров. При этом не предполагалось подключение компьютеров к Глобальной сети. Такие цифровые пособия включали небольшое количество мультимедиаобъектов (тексты и формулы, иллюстрации, анимацию, видеоролики).

На следующем этапе стали создавать скан-копии традиционных печатных учебников и размещать их на образовательных сайтах (рис. 1).

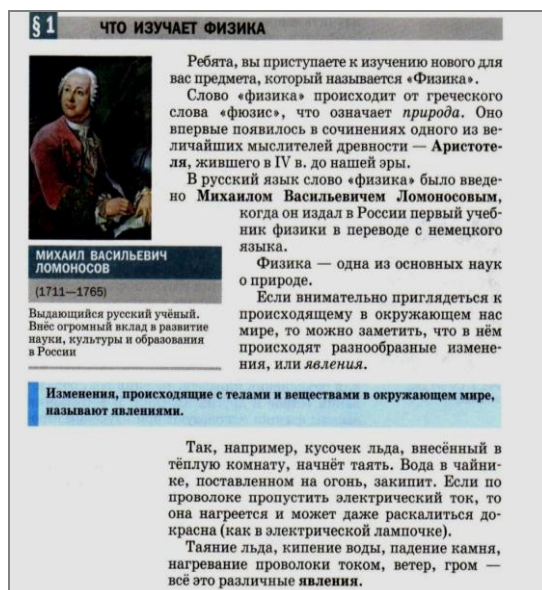


Рис. 1. Учебник «Физика. 7 класс» (А.В. Перышкин) [7]

По мере формирования различных концепций содержания электронного учебника развивалась система медиаформатов представления его структурных элементов. Первоначально учебные медиаресурсы размещались на специализированных образовательных сайтах. Наиболее популярным из них является сайт «Класс!ная физика всегда рядом» (рис. 2).



Рис. 2. Сайт «Класс!ная физика всегда рядом» [1]

На страницах этого сайта представлены тексты, формулы, большое количество иллюстраций, включая анимацию и видеоролики. Учащийся имеет возможность самостоятельно провести различные эксперименты, решить задачи и записать полученные данные в специальную электронную форму. Некоторые из виртуальных моделей экспериментальных установок позволяют реализовать в деятельности учащихся элементы исследования [3]. Для самоконтроля качества усвоения материала на сайте представлены проверочные работы. Отметим, что проект «Класс!ная физика всегда рядом» работает только при наличии подключения к сети Интернет.

Особенностью настоящего этапа в создании электронных учебных пособий является разработка их мобильных версий. Это обусловлено в значительной мере появлением мобильных цифровых устройств и их широким распространением среди пользователей. Первый опыт разработки мобильных приложений для учебного процесса уже имеет место. Одной из последних разработок компании «Интернет для жизни» является мобильное приложение для сопровождения учебника «Физика. 7 класс» (авторы: В.В. Белага, И.А. Ломаченков, Ю.А. Панебратцев) (рис. 3). Это электронный учебник физики с дополненной реальностью, созданный с целью «оживления» страниц печатного издания. Приложение включает видео- и аудиоматериалы, анимированные 3D-сцены физических процессов и явлений, практические работы, графики и диаграммы, встроенные презентации, таблицы и формы для ввода данных, встроенные тесты и системы контроля знаний.

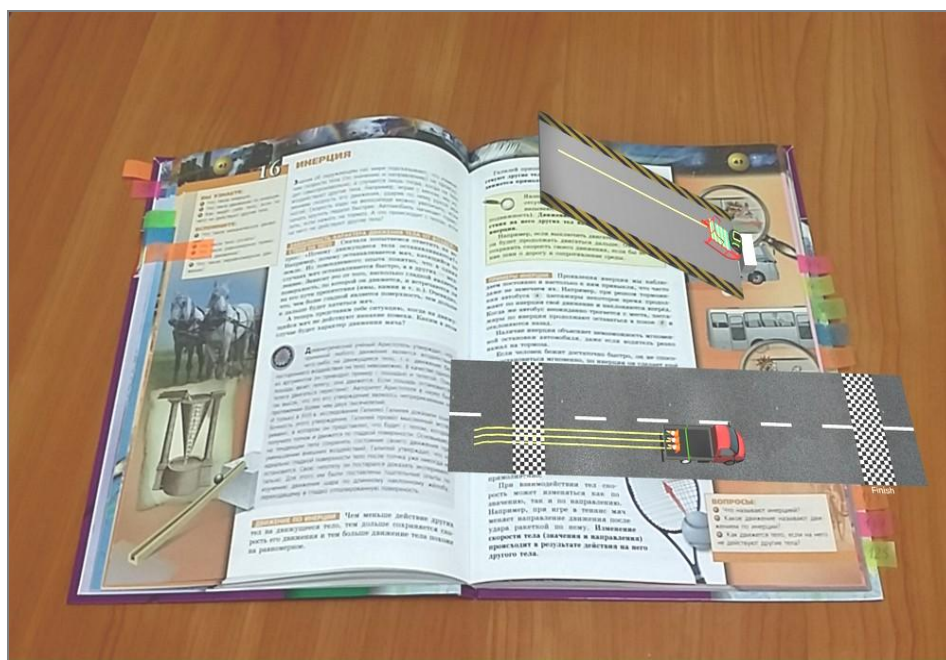


Рис. 3. Учебник «Физика. 7 класс» с дополненной реальностью (авторы: В.В. Белага, И.А. Ломаченков, Ю.А. Панебратцев) [6]

Еще одним примером электронного приложения к учебнику является проект «Увлекательная реальность». Приложение создано для 8 разделов физики и содержит более 70 демонстраций и 35 лабораторных работ. К данному проекту прилагаются специальные маркеры. При наведении на маркер на экране персонального компьютера или мобильного устройства воспроизводятся

ся 3D-модели учебных объектов. Возможно проведение учащимися отдельных виртуальных физических экспериментов (рис. 4).



Рис. 4. Образовательный комплекс «Увлекательная реальность»
(<https://www.youtube.com/channel/UCOe4JEsKtIctoU2vDHeQCtg>)

Это весьма полезные цифровые учебные пособия. Однако не менее важной является разработка комплексных мобильных ресурсов, основанных на реализации модульного подхода к обучению. В такие мобильные образовательные ресурсы должны быть включены наиболее важные материалы, обеспечивающие завершённый цикл обучения по конкретной теме, например: учебный текст, анимация, аудиосопровождение, видеоматериалы, виртуальные лабораторные работы и задания для самоконтроля, в том числе представленные в игровой форме. Такие мобильные приложения могут быть относительно самостоятельными и применяться как средства дополнительной дидактической поддержки учебного процесса по предмету. Важной целью их разработки является реализация принципа «обучение здесь и сейчас».

Перед тем как начать процесс разработки мобильных учебных приложений, важно выяснить, устройствами какой операционной системы в настоящее время больше всего пользуются потребители. По данным исследования «Gartner» 2016 г., самым продаваемым являются мобильные устройства на базе Android – 87,8 %. Операционная система IOS занимает второе место по продажам – 11,5 %, на третьем месте Windows – 0,4 %, и другие – 0,3 % [10]. Стоимость мобильного устройства тоже является одним из важных критериев его выбора для личного пользования. Анализ рынка мобильных устройств показал, что самыми бюджетными из них являются смартфоны на базе Android. Именно поэтому нами было принято решение разрабатывать приложение для смартфонов и планшетов с операционной системой Android на платформе Android Studio. Отметим, что данная платформа выбрана компанией Google в качестве основной для разработки мобильных приложений [11].

Структура и содержание мобильного приложения к учебнику физики по теме «Закон Архимеда»

В рамках нашего исследования с целью совершенствования практики цифрового обеспечения учебного процесса по физике создано мобильное приложение, поддерживающее самостоятельную работу учащихся по конкретной учебной теме. Приложение устанавливается

на смартфоне и может быть использовано учащимся в любое удобное для него время (в домашних условиях, по дороге в школу, на обычной прогулке и даже в путешествии).

При запуске программа выводит на экран главную страницу приложения, на которой представлена информация о пользователе, указаны разделы курса физики 7-го класса, включающие учебные модули по различным учебным темам, а также имеются вкладки «Справка» и «Личный кабинет (рис. 5). Учебные модули каждого раздела содержат: *теоретические сведения, домашний физический эксперимент, игротеку как средство закрепления учебного материала, задания и вопросы для самоконтроля.* «Личный кабинет» аккумулирует информацию об освоенных учащимся учебных темах и качестве его учебной работы. В разделе «Справка» дан перечень ресурсов Интернета, которыми обучающийся может дополнительно воспользоваться при необходимости.

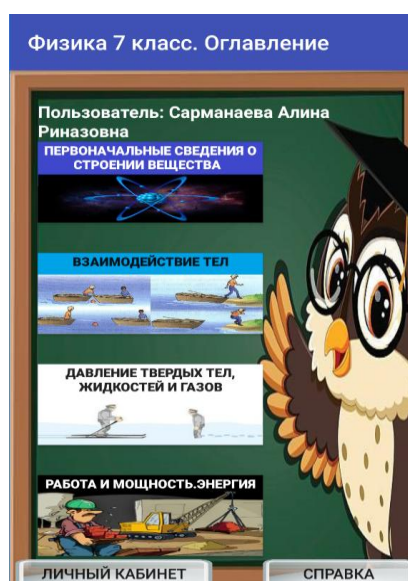


Рис. 5. Рабочее окно мобильного приложения «Физика. 7 класс. Оглавление»

Рассмотрим кратко содержание одной из учебных тем раздела «Давление твердых тел, жидкостей и газов», а именно темы «Закон Архимеда», представленной в данном приложении.

Учебный материал темы в приложении не является копией текста традиционного учебника. Предполагается, что при необходимости учащийся для детального ознакомления с содержанием учебного материала может обратиться по ссылке к соответствующим интернет-источникам. Основной задачей теоретического блока темы является систематизация ранее приобретенных знаний. Основаниями для построения такой системы являются обобщенный план изучения физического закона [5]. План изучения физического закона включает следующие пункты: 1) имя ученого, открывшего закон, и его краткая биография; 2) формулировка закона; 3) математическое выражение закона; 4) опыт, подтверждающий справедливость закона; 5) границы применимости; 6) способы практического использования. Подготовка систематизированного изложения содержания закона Архимеда на основе данного плана осуществлялась с учетом материала соответствующего параграфа учебника физики для 7-го класса А.В. Перышкина [7].

На рис. 6 показан фрагмент систематизированного изложения материала по обобщенному плану. В начале текста представлена иллюстрация «Эврика», нажав на которую ученик мо-

жет перейти на страницу с видеороликом «История об Архимеде». В данном ролике рассказывается о том, как Архимед пришел к открытию закона (рис. 7). После просмотра ролика возврат на предыдущую страницу осуществляется по кнопке «Назад».



Рис. 6. Фрагмент страницы «Теоретический материал» по теме «Закон Архимеда»



Рис. 7. Ссылка на интернет-ресурс «История об Архимеде» [2]

По окончании работы с учебным текстом школьник может просмотреть видеоролик «Демонстрация опыта «Закон Архимеда»» (рис. 8).

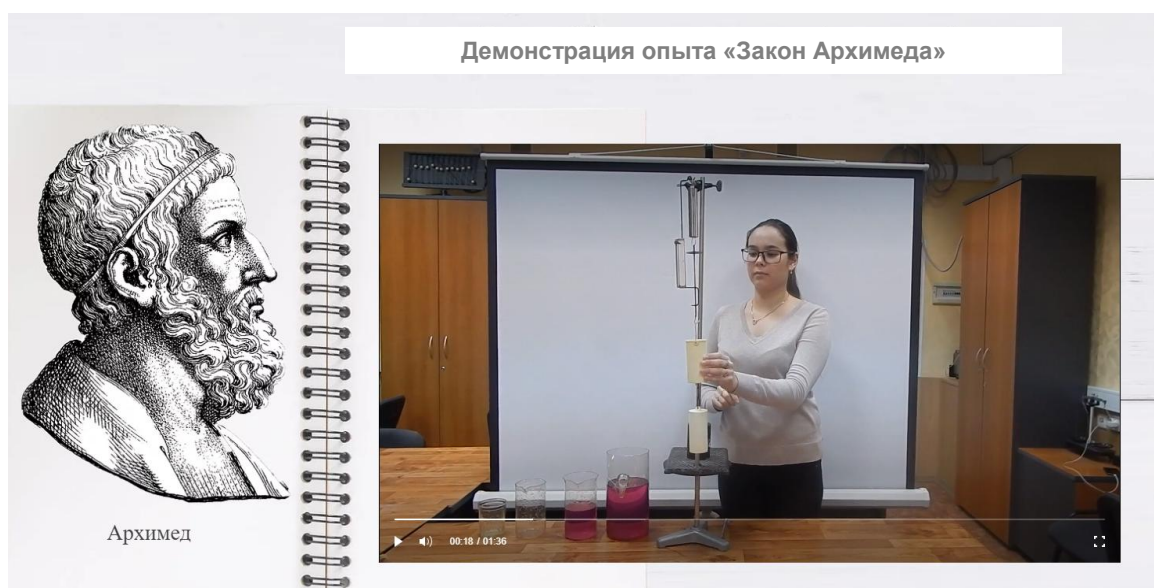


Рис. 8. Видеозапись демонстрационного опыта «Закон Архимеда»

После просмотра учебной демонстрации учащийся имеет возможность обратиться к более детальному ее изучению с помощью ресурса «Интерактивное видео». При нажатии на соответствующую кнопку ученик попадает на сайт, созданный с помощью демоверсии конструктора WIX (рис. 9).

Интерактивное видео состоит из 5 html-страниц, на которых последовательно представлены видеосюжеты учебной демонстрации «Закон Архимеда» и вопросы по их содержанию. При правильном ответе на вопрос школьнику становится доступным переход на следующую страницу. Чтобы выйти обратно в приложение, достаточно закрыть браузер.

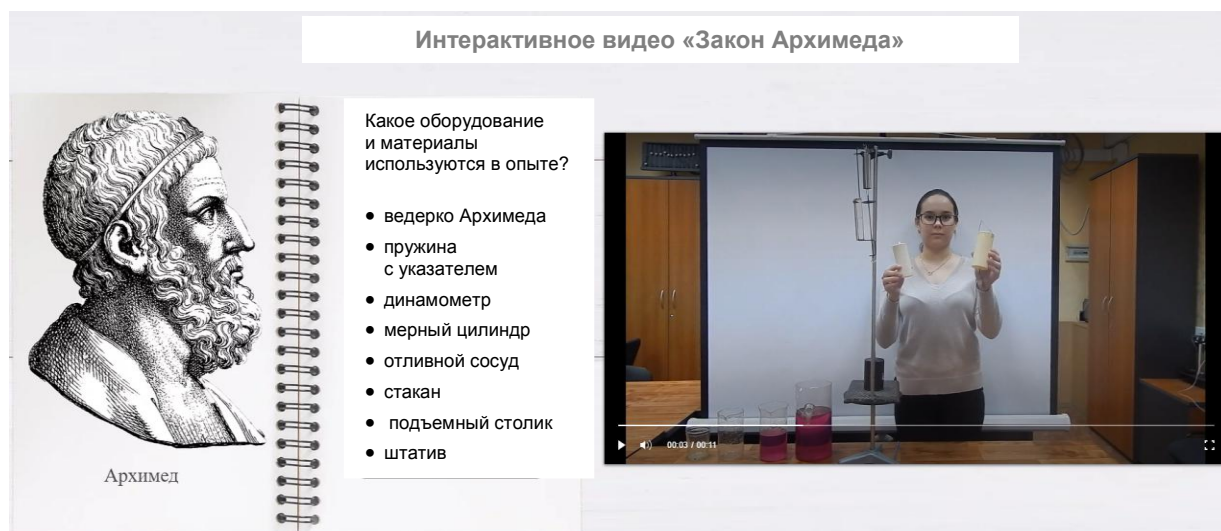


Рис. 9. Окно «Интерактивное видео»

Иконка «Интерактивный опыт» направляет учащегося на страницу с виртуальным лабораторным экспериментом по проверке закона Архимеда (рис. 10) [5]. Ученику при выполнении эксперимента необходимо убедиться, что архимедова сила равна весу жидкости, вытесненной телом. Для проведения опыта учащимся предлагается пошаговая инструкция.

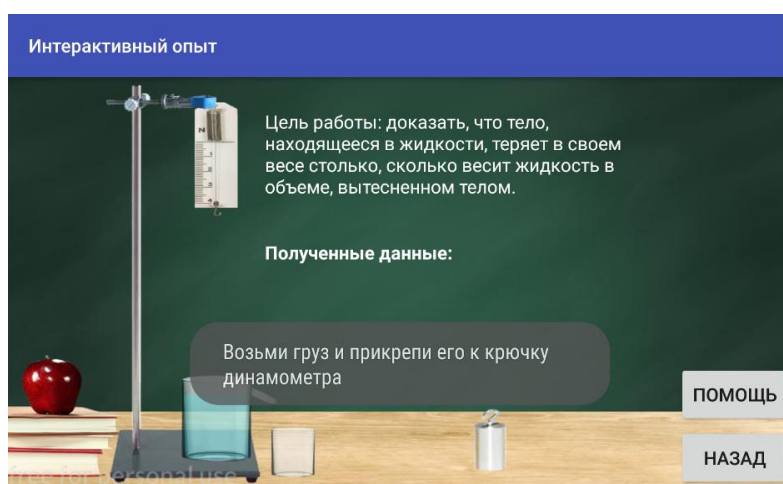


Рис. 10. Окно «Интерактивный опыт»

Далее школьнику предстоит выполнить два домашних опыта «Шар в воде» и «Картезианский водолаз».

В первом опыте необходимо опередить вес конструкции в трех случаях (рис. 11): 1) когда шар находится в ведре с водой; 2) когда шар крепится к крючку безмена; 3) когда шар находится в ведре с водой, но нить прикрепленна к отдельному крючку. После проведения опыта необходимо объяснить полученные результаты.

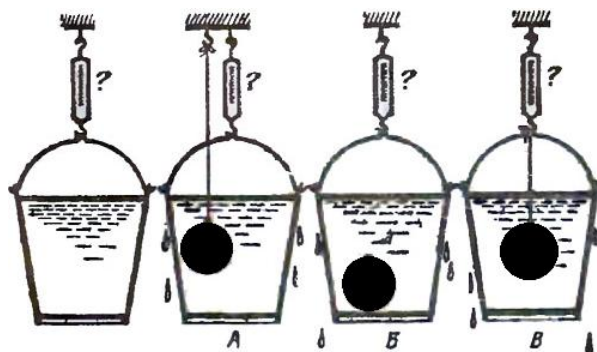


Рис. 11. Иллюстрация к заданию «Шар в воде» [8]

Во втором опыте пипетка, частично наполненная водой, опускается в бутылку с водой. При надавливании на боковые стенки бутылки, пипетка отпускается на дно (Рабица Ф. Опыты без приборов. М., 1988). Необходимо объяснить наблюдаемое перемещение пипетки.

Для каждого опыта в приложении указаны цель и порядок работы, обозначены поля для ввода ответов на вопросы, указана область для загрузки фотоотчета в приложение (по желанию) (рис. 12). После выхода из раздела введенные школьником данные сохраняются.

Домашний физический эксперимент «Шар в воде»	
Цель: определить вес заполненного водой ведра с шаром в трех случаях: А) когда шар подвешен на нити, Б) когда шар на дне ведра, В) когда шар подвешен к безмену. Оборудование: ведро, шар, домашний динамометр (безмен), нить. Примечание: домашний динамометр (безмен) измеряет вес подвешенного к нему тела, при этом динамометр проградуирован в единицах масс. Для того чтобы определить вес тела, необходимо показание динамометра умножить на 9,8 Н/кг, так как вес тела на неподвижном подвесе определяется по формуле: $P = F_{\text{тяж}} = m \cdot g$ Ход работы: 1. Наполните ведро водой, измерьте его вес $P_{\text{ведра с водой}}$. 2. Определите вес шара $P_{\text{шара}}$. 3. Поместите подвешенный шар в воду (рис. А) и измерьте вес конструкции P_1. 4. Поместите шар на дно ведра (рис. Б), и вновь измерьте вес конструкции P_2. 5. Закрепите подвешенный шар к безмену (рис. В), и определите вес конструкции P_3.	Таблица $P_{\text{(ведра с водой)}}, \text{ Н}$ _____ $P_{\text{(шара)}}, \text{ Н}$ _____ $P_1, \text{ Н}$ _____ $P_2, \text{ Н}$ _____ $P_3, \text{ Н}$ _____

Рис. 12. Домашний физический эксперимент «Шар в воде»

Уровень усвоения учебного материала контролируется с помощью теста, в который включены задания с выбором ответа и задания открытого типа (рис. 13). Для составления теста использовались материалы методического пособия А.В Чеботаревой [8]. По окончании тестирования при нажатии кнопки «Проверить» выводится результат и дается оценка качества знаний

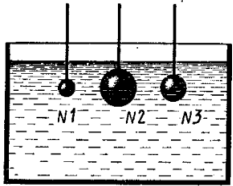
учащегося. Тест можно проходить неоднократно. Результаты тестирования сохраняются в личном кабинете учащегося.

Тест

Вопрос №1. Формула Закона Архимеда

☐ $P = 9,8 \text{ Н/кг} \cdot pV$
☐ $F = 9,8 \text{ Н/кг} \cdot pV$
☐ $F = 9,8 \text{ Н/кг} \cdot m$
☐ $F = pS$

Вопрос №2. На какое из тел действует наименьшая выталкивающая сила?



☐ Шарик №1
☐ Шарик №2
☐ Шарик №3
☐ На все одинаково

Тест

☐ ... больше плотность тела
☐ ... больше плотность жидкости
☐ ... больше масса тела

Вопрос №5. Когда тело массой 10 кг опустили в жидкость, оно потеряло в весе 25 Н. Каким стал вес тела в жидкости (ответ запишите в Ньютонах)

Готово

Сохранить результат

Отправить результат

Назад

Рис. 13. Окно «Тест»

Итоговой и весьма интересной составляющей модуля по теме «Закон Архимеда является учебная игротека. Учащимся предлагается популярный в настоящее время вид игры – квест. Цель игры – пройти все ее уровни и узнать буквы кодового слова для замка, открывающего доступ к сокровищу. Квест состоит из 5 уровней.

Первый уровень. Необходимо разгадать два ребуса и ответить на один вопрос из раздела «История об Архимеде». Ответы вписываются учащимися в специальные окна ввода. При нажатии кнопки «Проверить» в случае правильных ответов программа позволяет игроку перейти на следующий этап, в противном случае на экране появляется оповещение об ошибке.

Второй уровень. Предлагается выполнить задание на установление соответствия трех карточек, которые находятся на игровом поле (рис. 14). Если три карточки собраны в группу верно, то они исчезают с игрового поля. Если подбор карточек неверный, то появляется сообщение об ошибке. Этап считается пройденным успешно, если на поле не останется ни одной карточки.

Третий уровень. Необходимо оценить выталкивающую силу, которая действует на человека в Мертвом море. Все необходимые данные для расчета приведены на стартовой странице квеста во вкладке «Табличные значения».

Четвертый уровень. Дается задание просмотреть отрывок из фильма «Гарри Поттер», где главный герой с помощью заклинания увеличивает объем тела своей тетушки Мардж (рис. 15). Ученику требуется ответить на вопрос: «Во сколько раз нужно увеличить объем тела

тетушки Мардж, чтобы она взлетела?». То есть необходимо найти отношения конечного объема к первоначальному. На данном этапе имеется возможность использовать подсказку.



Рис. 14. Второй уровень квеста

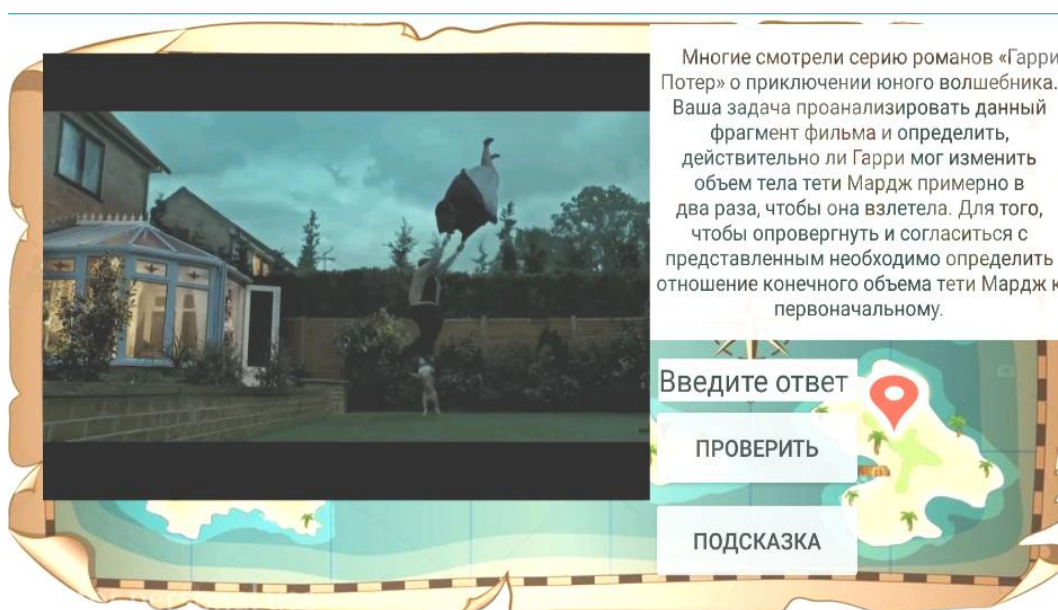


Рис. 15. Четвертый уровень квеста

Пятый уровень. На этом уровне требуется повторить интерактивный эксперимент по проверке закона Архимеда. Пользователю в этом случае является недоступной вкладка «Помощь».

Квест считается пройденным, если ученик составит из букв кодовое слово, введет его и получит доступ к сокровищу.

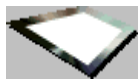
Время игры не ограничено. Игру можно проходить неоднократно.

Разработанное мобильное приложение по теме «Закон Архимеда» является не только источником учебной информации, но средством для ее повторения, закрепления и систематизации, формирования познавательных умений, а также контроля успешности учащихся в ее освоении. Принцип «обучение здесь и сейчас» позволяет школьнику неоднократно в любое время обращаться к содержанию ресурса, уточнять и повторять учебный материал, работать над заданиями в компании своих сверстников или совместно с родителями. Учебный материал, находящийся всегда «под рукой», лучше запоминается и успешнее применяется в дальнейшем.



Список цитируемых источников

1. Классная физика всегда рядом [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.youtube.com/user/ClassFiz> (дата обращения: 14.04.2019).
2. Мультитики студии «Союзмультфильм» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.youtube.com/user/ClassicCartoonsMedia/featured> (дата обращения: 18.04.2019).
3. Оспенникова Е.В. Методологическая функция виртуального лабораторного эксперимента // Информатика и образование. – 2002. – № 11. – С. 83–89.
4. Оспенников Н.А., Оспенникова Е.В. Виды компьютерных моделей и направления использования в обучении физике // Вестник Томского гос. пед. ун-та. – 2010. – № 4 (94). – С. 118–124.
5. Оспенников Н.А., Оспенникова Е.В. Формирование у учащихся обобщенных подходов к работе с компьютерными моделями // Известия Южного федерального университета. Педагогические науки. – 2009. – № 12. – С. 206–214.
6. Открытый урок с «Просвещением». Физика. 7 класс [Электронный ресурс]. – URL: https://www.youtube.com/watch?v=cf8Med__p_A (дата обращения: 14.04.2019).
7. Перышкин А.В. Физика. 7 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений. – 2-е изд., стер. – М.: Дрофа, 2013. – 221 с.
8. Чеботарева А.В. Тесты по физике: 7 класс: к учебнику А.В. Перышкина «Физика. 7 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений». – 3-е изд., стер. – М.: Экзамен, 2010. – 159, [1] с. – (Сер. «Учебно-методический комплекс»).
9. Электронные учебники: кто будет платить? [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ug.ru/archive/61521> (дата обращения: 18.04.2019).
10. Gartner Says Chinese Smartphone [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gartner.com/newsroom/id/3516317>
11. OpenNews: Компания Google представила среду разработки Android Studio и добавила поддержку PHP в App Engine [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gartner.com/newsroom/id/3516317> (дата обращения: 18.04.2019).



УДК 53 (07): 62

А.Д. Терехин

РОБОТИЗИРОВАННЫЙ ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ КАК ОБЪЕКТ ПРОЕКТНОЙ ВНЕУРОЧНОЙ ДЕТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Обсуждаются вопросы применения наборов по образовательной робототехнике на учебных занятиях по физике, а также во внеурочной деятельности по предмету. Рассматривается возможность включения учащихся в деятельность по проектированию и созданию роботизированных установок для демонстрационного и лабораторного экспериментов по физике. В качестве примера раскрыты особенности проектирования школьниками роботизированной установки по изучению стробоскопического эффекта. Дано описание процесса создания данной установки, приведены примеры управляющих программ.

К л ю ч е в ы е с л о в а : обучение физике, политехническая направленность обучения, образовательная робототехника, робототехника в учебном физическом эксперименте, предметные учебные проекты по робототехнике, техническое творчество, аппаратная платформа Arduino.

Демонстрационный эксперимент относится к иллюстративным методам обучения. Главное действующее лицо в применении данного метода – учитель, который проводит демонстрацию опыта и организует учебную работу школьников по его изучению. Эксперимент этого вида направлен на ознакомление учащихся с каким-либо физическим явлением и методом его изучения. Это не только источник новых знаний, но и важное средство формирования у учащихся интереса к изучению физики.

В ходе учебных демонстраций школьники не работают с приборами, но при этом могут привлекаться учителем к их подготовке. С появлением в школах наборов по образовательной робототехнике стало возможным организовывать работу учащихся по подготовке к учебным занятиям по физике роботизированных физических демонстрационных экспериментов. Демонстрационный физический эксперимент на РТ-установках, собранных силами самих учеников, обеспечивает синтез их знаний и умений в области физики, робототехники, информатики и 3D-моделирования. Преимущество таких экспериментов состоит в том, что они одновременно могут быть как демонстрационными, так и лабораторными.

В данной статье обсуждаются возможности применения набора по образовательной робототехнике Arduino при подготовке экспериментальных демонстрационных установок для лабораторных работ физического практикума. Работа с такими установками помогает учащимся не только повторить учебный материал по физике, но и приобрести знания политехнического содержания, в частности, осознать общую структуру робототехнического устройства, изучить состав и назначе-

ние его базовых систем, осмыслить физические основы их работы и взаимодействия. При самостоятельном проектировании и создании таких установок у учащихся формируются умения применения знаний по физике в решении конкретных практических задач, а также умения и навыки в области технического творчества и программирования.

Роль проектной работы учащихся в области робототехники при изучении курса физики раскрыта в публикациях [1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10]. Рассмотрим содержание такой работы на примере создания учащимися демонстрационной установки для изучения стробоскопического эффекта (рис. 1).



Рис.1. Установка для изучения стробоскопического эффекта

Стробоскопический эффект – это один из видов оптических иллюзий, заключающийся в слиянии в сознании зрителя в один образ отдельных изображений неподвижного или движущегося предмета, наблюдаемых не непрерывно, а в течение ряда коротких и периодически следующих друг за другом интервалов времени. Стробоскопический эффект возникает, например, при периодических вспышках света в темном помещении или при периодическом открывании и закрывании вращающимся диском с прорезями проецируемой на экран картины. Стробоскопический эффект обусловлен так называемой инерцией зрения, т.е. сохранением в сознании наблюдателя зрительного образа в течение 0,1–0,2 секунды уже после того, как картина, вызвавшая этот образ, исчезнет. Если время между последовательными наблюдениями предмета меньше 0,1–0,2 секунды, то образы, вызванные отдельно каждым актом наблюдения, сливаются и наблюдение субъективно кажется непрерывным. При таком последовательном восприятии ряда стационарных положений объекта, отличающихся некоторым изменением их формы или расположения, возникает впечатление движения объекта.

Возможны два типа стробоскопического эффекта. Первый возникает при прерывном наблюдении произвольно движущихся тел. Этот тип стробоскопического эффекта используется в кинематографе и телевидении для воспроизведения движущихся изображений. Второй тип стробоскопического эффекта возникает при наблюдении объектов, совершающих периодиче-

ское или квазипериодическое движение. Иллюзия полной неподвижности падающих с одинаковой частотой ν_1 тел, например, каплей воды, возникает, если частота ν_1 совпадает с частотой моментов наблюдений (вспышек) ν_2 . Падающая капля каждый раз освещается в одном и том же положении 0 и кажется неподвижной. Если же ν_1 и ν_2 не равны, но близки, то воспринимаемое кажущееся движение характеризуется частотой $\nu_2 - \nu_1$. Если $\nu_2 < \nu_1$, т.е. время между вспышками больше периода падения и следующая капля успевает пройти положение 0 и фиксируется вспышкой чуть ниже, при каждой следующей вспышке капля будет казаться сдвинутой немного в направлении падения последовательно в положения 1, 2, 3 и т.д., т.е. будет казаться медленно движущейся в том же направлении. Если $\nu_2 > \nu_1$, то каждая последующая вспышка будет освещать каплю, когда она еще не достигла положения 0, т.е. последовательно в положениях 1, 2, 3, и она будет казаться медленно движущейся в сторону, противоположную ее реальному движению [8].

Приборы для реализации стробоскопического эффекта второго типа называют стробоскопами. В современных стробоскопах прерывистое освещение осуществляется с помощью импульсных ламп с регулируемой частотой вспышек. Второй тип стробоскопического эффекта наблюдается при движении объекта с периодической структурой (вращающиеся диски, распределенные на сектора, колеса со спицами); его используют, например, в индикаторах угловых скоростей.

Рассмотрим порядок работы учащихся над проектом по созданию РТ-установки для демонстрации стробоскопического эффекта второго типа. Решение этой задачи включает следующие этапы: 1) проектирование электронной схемы работы установки для демонстрационного эксперимента; 2) создание прототипа установки с одной падающей каплей (рис.2); 3) разработка программы управления роботизированным демонстрационным экспериментом.



Рис.2. Вариант реализации установки с одной падающей каплей

Для сборки стробоскопа понадобятся следующие элементы: 1) микроконтроллер Arduino; 2) светодиодная лента; 3) блок питания (в данной установке удобно использовать компьютерный блок питания, позволяющий одновременно получать 12 В, необходимые для светодиодной ленты, и 5В для Arduino, с помощью понижающего AC/DC преобразователя); 4) силовой ключ (микроконтроллер, такой как Arduino, не может напрямую управлять мощной нагрузкой, его выходы обеспечивают только небольшой ток, которого недостаточно для управления светодиодной лентой); 5) потенциометр (для управления яркостью светодиодной ленты и частотой ее мерцания)

При проектировании дизайна установки было принято решение аппаратную часть установки разместить внутри корпуса, а все необходимые элементы управления и питания установить снаружи.

Важной задачей подготовки эксперимента является определение способа подачи воды в виде последовательности падающих капель. Учащимися было предложено следующее решение этой задачи. Под верхней крышкой установки был расположен небольшой резервуар с водой, который представляет собой симбиоз крышки и колесика регулятора медицинской капельницы, позволяющий изменять частоту падения капель. Крепеж для резервуара изготовлен на 3D-принтере и крепится к подшипникам, установленным на дне крышки. Это необходимо для того, чтобы при подъеме крышки резервуар не опрокидывался и не заливал аппаратную часть установки (рис.3). Отметим, что у такой схемы подачи воды есть недостатки: 1) не предусмотрен возврат воды из нижнего резервуара в верхний, поэтому проведение эксперимента возможно в течение ограниченного количества времени, после чего воду необходимо перелить обратно в верхний резервуар; 2) при уменьшении количества воды уменьшается ее давление, вследствие чего падает частота падения капель, необходимо подстраивать частоту мерцания светодиодной ленты.

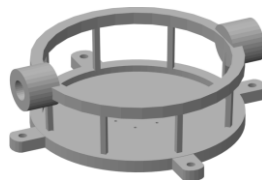


Рис.3. 3D-модель крепления

После сборки установки в единую систему учащиеся приступили к разработке управляющей программы. Программа, написанная в среде Arduino, называется скетч. Скетч пишется в текстовом редакторе, имеющем инструменты вырезки/вставки, поиска/замены текста. Во время сохранения и экспорта проекта в области сообщений появляются пояснения, также могут отображаться возникшие ошибки. Окно вывода текста (консоль) показывает сообщения Arduino, включающие полные отчеты об ошибках и другую информацию. Кнопки панели инструментов позволяют проверить и записать программу, создать, открыть и сохранить скетч. Для загрузки программ и связи среда разработки подключается к аппаратной части Arduino. В это время в режиме монитора порта показываются данные о частоте мерцания светодиодной ленты и степени освещенности (важно знать, что если микроконтроллер не подключен к компьютеру через

USB-кабель, то в режиме монитора порта не будет отображаться никакой информации, и будет невозможно зафиксировать данные). Пример управляющей программы приведен ниже (рис.4).

```
ledtest strobo_4 $
#define led_pin 2 //
#define freq_min 12
#define freq_max 17
#define lt_min 1
#define lt_max 15
#define potentiometer_pin A0
#define lt_potentiometer_pin A1

float freq = 16.38;
float potentiometer_voltage = 40;
float lt_potentiometer_voltage = 40;
float lighttime = 2;

unsigned long ms = 0;

void setup()
{
  Serial.begin(2000000);
  pinMode(led_pin, OUTPUT);
  pinMode(potentiometer_pin, INPUT);
  pinMode(lt_potentiometer_pin, INPUT);
}

void loop()
{
  // stroboscope
  digitalWrite(led_pin, 1);
  delay(lighttime);
  digitalWrite(led_pin, 0);

  ms = millis();

  // read freq
  potentiometer_voltage = analogRead(potentiometer_pin);
  freq = potentiometer_voltage / 1023 * (freq_max - freq_min) + freq_min;
  //Serial.println(potentiometer_voltage);
  Serial.println(freq);

  //read lighttime
  lt_potentiometer_voltage = analogRead(lt_potentiometer_pin);
  lighttime = lt_potentiometer_voltage / 1023 * (lt_max - lt_min) + lt_min;

  while((millis() - ms) < ((1000 / freq) - lighttime))
  {
    // do shit
  }
}
```

Рис.4. Пример управляющей программы

Рассмотрим базовые системы роботизированной установки для демонстрации стробоскопического эффекта [3, 6] .

1. *Система исполнения.* Первоначально в данной установке система исполнения отсутствовала. Была создана вторая установка, в которую был включен электрический насос. Это позволило решить проблему автоматизации эксперимента, поскольку благодаря насосу в резервуарах теперь поддерживался постоянный уровень воды.

2. *Система обратной связи.* Система обратной связи представлена двумя параметрическими датчиками – потенциометрами. В установке они отвечают за уровень засветки светодиодной ленты и частоту ее мерцания. Потенциометры (резисторы с регулируемым сопротивлением) используются в робототехнике как регуляторы различных параметров, например, мощности, напряжения.

3. *Система управления.* Отличительной особенностью установки является система управления, аппаратная часть которой представлена микроконтроллером Arduino. Если обратить внимание на таблицу с основными компонентами робота, то для установки по демонстрации стробоскопического эффекта она будет отличаться от той, что представлена в работах М.Г.Ершова [1, 6]. Это связано с особенностью платформы Arduino, а именно с отсутствием у нее своей операционной системы. Этот факт делает возможным обращаться в среде программирования напрямую ко всем управляющим элементам микроконтроллера, тем самым показывая, что при работе с системой исполнения учащиеся работают сразу не на четырех, а на пяти уровнях освоения робота.

4. *Система питания.* Важной частью данной установки является система питания. Установка питается от сети переменного тока с напряжением 220 В. Все электронные микроконтроллеры для более качественной обработки сигналов используют постоянный ток (так проще выявлять сигнал и его отсутствие), при этом напряжение для микроконтроллера 5В. Светодиодная лента также потребляет постоянный ток, а иначе бы она мерцала с частотой сети 50 герц. Необходимое для нее напряжение питания 12 В. Поэтому требуется решить задачу преобразования переменного тока сети в постоянный ток напряжением 5 В для Arduino и 12 В для светодиодной ленты.

Учебный эксперимент в известной мере соответствует научному физическому эксперименту, но полного тождества между ними нет. Научный эксперимент ставится с целью исследования природы и получения новых знаний о ней, а учебный эксперимент призван довести эти знания до учащихся. Отражая в целом структуру научного эксперимента, учебный физический эксперимент включает в себя новый элемент учебного характера – учителя, который выступает в роли руководителя учебного физического эксперимента и может влиять либо на учащихся, либо на средства исследования [1, 7, 8]. В нашем случае выбор средств исследования заключается в выборе набора по образовательной робототехнике, с применением которого будет ставиться эксперимент. В случае привлечения школьников к подготовке эксперимента важно выявить тех из них, которые способны углубиться в тему исследования, разобраться со структурой эксперимента и реализовать его в роботизированном варианте. Учащимся необходимо разобраться со всеми системами робота, освоить среду программирования для слаженного функционирования всех его устройств.

Для углубленного изучения учащимися физических принципов работы РТ-установки им для решения были предложены следующие задачи.

1. В проекте используется светодиодная лента длиной 0,5 метра. Схема подключения светодиодов приведена на рис. 5. Потребляемый ток светодиодной ленты длиной 5 метров равен 3 А. Какой ток потребляет лента длиной 0,5 метра? (*Ответ.* Все элементы светодиодной ленты подключены параллельно, поэтому сумма токов, протекающих по проводникам, равна току

в неразветвленной цепи: $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$. Так как длина ленты уменьшилась в 10 раз, потребляемый ток тоже уменьшится в 10 раз, соответственно, лента будет потреблять 0,3А).

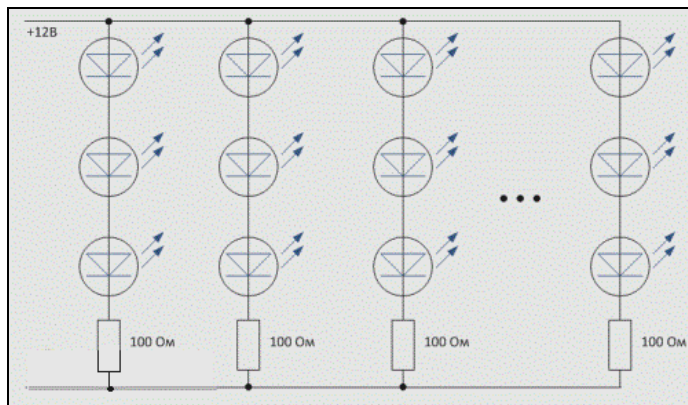


Рис. 5. Схема подключения светодиодов

2. Напряжение, необходимое для светодиодной ленты длиной 5 метров, равняется 12В. Какое напряжение необходимо для ленты длиной 0,5 метра? (*Ответ.* При параллельном соединении напряжения на всех концах проводников одинаковы, поэтому лента длиной 0,5 метра будет иметь напряжение 12В)

3. Потребляемая мощность светодиодной ленты длиной 5 метров равна 36 Вт. Какую мощность будет потреблять светодиодная лента длиной 0,5 метра? (*Ответ.* Потребляемая мощность равна произведению потребляемого тока и напряжения сети: $P = I \cdot U$, поскольку соединение параллельно, потребляемый ток снижается в 10 раз (задача №1), соответственно, в 10 раз снизится потребляемая мощность 3,6 Вт).

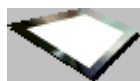
Важным следствием проектной работы учащихся по созданию роботизированной установки физического эксперимента по изучению стробоскопического эффекта стало их инициативное предложение по ее усовершенствованию. Были поставлены задачи устранения программных и аппаратных недостатков установки, увеличения числа одновременно падающих капель, обеспечение возврата воды из нижнего резервуара в верхний. Все эти задачи были успешно решены. Обновленная версия установки была представлена в качестве экспоната в Парке научных развлечений г. Перми.

Рассмотренная в настоящей статье практика организации самостоятельной работы учащихся по проектированию роботизированных экспериментальных установок для физического эксперимента прошла педагогическую апробацию. Итогом такой работы стало создание учащимися под руководством учителя оригинальных роботизированных установок для школьных лабораторных экспериментов по физике. Проекты РТ-установок, разработанных учащимися школы № 135 и лицея № 4 г. Перми, были представлены в 2018 и 2019 гг. на муниципальном и региональном этапах олимпиады школьников по технологии, первенстве Пермского края по робототехнике, на краевом конкурсе «Юные техники и изобретатели Пермского края», краевой выставке «Интеллектуальные системы в науке и технике». Важным следствием такой работы является возросший интерес учащихся к техническому творчеству, осознание того, что для решения сложных технических проблем им необходимы глубокие знания физики, математики, информатики и ряда других учебных предметов.



Список цитируемых источников

1. Ершов М.Г. Робототехника как объект изучения в курсе физики средней школы // Педагогическое образование в России. – 2015. – № 3. – С. 117–125.
2. Ершов М.Г., Оспенникова Е.В. Образовательная робототехника как инструмент познания в учебном процессе по физике // Вестник Челяб. гос. пед. ун-та. – 2015. – № 4.
3. Ильин И.В., Оспенникова Е.В. Систематизация и метавуровень обобщения технического знания как одно из направлений реализации принципа политехнизма в обучении физике // European Social Science Journal. – 2012. – № 3 (19). – С. 111–118.
4. Каширин Д.А., Ключникова М.В., Федорова Н.Д. Курс «Робототехника»: внеурочная деятельность»: метод. рекомендации для учителя. – Курган: ИРОСТ, 2013. – 80 с.
5. Оспенникова Е.В., Ершов М.Г. Образовательная робототехника как инновационная технология реализации политехнической направленности обучения физике в средней школе // Педагогическое образование в России. – 2015. – № 3. – С. 33–40.
6. Принцип политехнизма в обучении физике: современная интерпретация и технологии реализации в средней школе: моногр. / Е.В. Оспенникова, И.В. Ильин, М.Г. Ершов, А.А. Оспенников; под общ. ред. Е.В. Оспенниковой. – Пермь: Перм. кн. изд-во, 2014. – 502 с.
7. Терехин А.Д., Оспенникова Е.В. Роботизированный учебный эксперимент как средство демонстрации технических приложений физики // Вестник Перм.гос.гуманит.-пед.ун-та. – 2018. – № 14.
8. Физическая энциклопедия [Электронный ресурс]. – URL: https://dic.academic.ru/contents.nsf/enc_physics/ (дата обращения: 23.04.2019).
9. Халамов В.Н. [и др.]. Образовательная робототехника на уроках информатики и физики в средней школе: учеб.-метод. пособие. – Челябинск: Взгляд, 2011. – 160 с.
10. Ospennikova E.V., Ershov M.G., Ilyin I.V. Educational Robotics as an Inovative Educational Technology // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2015. – Vol. 214. – P.18–26.



УДК 62 (07): 004.8

Ю.В. Якимова

ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КАК СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ТВОРЧЕСТВОМ УЧАЩИХСЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАНЯТИЙ ПО РОБОТОТЕХНИКЕ

Обсуждается проблема поиска средств эффективного управления развитием технического творчества учащихся средней школы в области робототехники. Рассматриваются возможности использования с этой целью ресурсов открытого образовательного интернет-пространства. Выполнен анализ сетевых ресурсов по образовательной робототехнике, предложена их классификация. Представлена модель сетевого ресурса «ТехноТворчество» как средства тьюторского сопровождения технического творчества учащихся в области образовательной робототехники.

К л ю ч е в ы е с л о в а : техническое творчество, открытое образовательное интернет-пространство, сетевые ресурсы, тьюторство, политехническое обучение, образовательная робототехника.

Современное образование, как известно, должно обеспечивать формирование у учащихся системы знаний основ наук и освоение познавательных и практических умений. Не менее важной целью является становление мотивационной сферы обучающихся, определяющей активность и самостоятельность их учебной деятельности, готовность к самообразованию. Непременно должны быть созданы условия для раскрытия творческого потенциала личности каждого учащегося. Достижение этих целей возможно за счет создания вариативной образовательной среды, в которой будет возможна реализация индивидуальных траекторий развития творчества. По мнению И.С. Якиманской, чем разнообразнее школьная среда, тем успешнее будут решаться задачи индивидуализации обучения на основе учета интересов обучающихся, их склонностей, объективного опыта, накопленного в обучении и реальной жизни [10, с. 45].

В процессе обучения в настоящее время активно используются современные информационные технологии, в том числе ресурсы Интернета, создающие дополнительные возможности для самостоятельной познавательной деятельности школьников, их самовоспитания и саморазвития. Сложно переоценить возможности Всемирной сети в процессе организации образовательной деятельности. Объединение современных информационных технологий с массовой компьютеризацией и информатизацией учреждений образования и развитыми глобальными компьютерными сетями позволяет организовать единое информационное образовательное пространство, открывающее новые возможности в совершенствовании способов и методов управления системой школьного образования, включая управление качеством образовательного процесса [5, с. 29].

Одним из средств организации эффективного взаимодействия субъектов с элементами открытого информационного пространства является тематический школьный образовательный сайт, адаптированный под интересы, потребности, возможности и возраст учащихся. Согласно позиции Т.М. Ковалевой, такой сайт, как совокупность веб-страниц с повторяющимся дизайном, объединенных по смыслу и навигационно, обеспечивает своим содержанием целенаправленный процесс обучения и воспитания, и может при необходимости сопровождаться аттестацией обучающихся или констатацией достижения ими различных образовательных уровней [3].

В настоящее время существует множество сайтов технической направленности. Можно утверждать, что уже создано и развивается открытое образовательное пространство в области политехнической подготовки учащихся.

Важной составляющей данного образовательного пространства являются сайты по образовательной робототехнике. Можно выделить следующие их разновидности.

1. Образовательные порталы, созданные для поддержки деятельности учащейся молодежи в области образовательной робототехники («Международная ассоциация спортивной и образовательной робототехники», <http://raor.ru/>; «Занимательная робототехника», <http://edurobots.ru>).

2. Сайты научных центров (Научно-учебный центр «Робототехника», <http://robot.bmstu.ru/index.php?c=links>).

3. Сайты для продвижения услуг или товаров. Данные сетевые ресурсы представляют собой рекламно-информационный контент об услугах организаций дополнительного образования в области робототехнического творчества («LIGA роботов», <http://lr.obrYaz.pro/>; «Академия роботов», <http://a-robotov.ru/>).

4. Персональные сайты преподавателей робототехники. Такие сайты создаются с целью обмена опытом обучения школьников основам робототехники, содержат программы курсов по робототехнике, методические разработки, задания для обучающихся, инструкции по сборке роботов и написанию управляющих программ, проекты учащихся и информацию об их достижениях («Школа мехатроники и робототехники», <http://robot13.at.ua/>).

5. Сайты интернет-проектов, на которых представлена информация о соревнованиях, конкурсах, мероприятиях, интерактивных площадках, олимпиадах по робототехнике («Робофест», <http://www.robofest.ru/>).

6. Блоги, посвященные робототехнике. Цель блогеров – поделиться собственным опытом. Авторы публикуют информацию о проектах, в которых принимают участие, ссылки на полезные ресурсы по робототехнике, программы творческих мероприятий, анонс интересных событий в мире робототехники («Роботы и робототехника», <http://insiderobot.blogspot.com/>).

7. Сетевые библиотеки или журналы по робототехнике («Шелезяка», <http://www.shelezyaka.com/index.php/blog>; «Робототехника», <http://roboticslib.ru/books/>).

8. Сетевые объединения преподавателей робототехники дошкольного, общего, профессионального образования, руководителей ресурсных центров по робототехнике, которые ведут научно-методические разработки в области применения образовательной робототехники в предметной среде («Робототехника в образовании», <http://фгос-игра.рф/>).

9. Социальные сети. Это один из наиболее популярных видов веб-сайтов на сегодняшний день. Такие сайты объединяют в людей, имеющих общие интересы, при этом контент сайта

заполняется самими пользователями. Здесь можно найти пошаговые инструкции сборки роботизированных моделей, задать интересующие вопросы, обменяться ресурсами, обсудить современные достижения в области робототехники.

10. Сайты комбинированного типа. Такие сайты содержат разнообразный контент: информацию о рынке робототехники, практические статьи по робототехнике, ссылки на полезные ресурсы, уроки по лего-конструированию, технические форумы и чаты, инструкции по сборке роботов, информацию о проходящих мероприятиях, соревнованиях как в России, так и на международном уровне. Анализ содержания ресурсов Интернета по образовательной робототехнике показал, что сайты комбинированного типа являются преобладающими.

Разнообразие сайтов способствует формированию конкурентной среды между их разработчиками. При проектировании сайта необходимо добиваться оптимального сочетания его содержательной, эстетической и технической составляющих. Пользователи в первую очередь оценивают ресурс с точки зрения его содержания, но зрелищное и осмысленное графическое оформление усиливает воздействие контента, повышая его художественную привлекательность [9]. Лицом сайта является главная страница, элементы которой должны не только отражать основную тематику сайта, но и быть удобными в использовании. Многочисленные исследования движения глаз при просмотре веб-сайта показали, что пользователь не читает всю информацию, представленную на странице, а сканирует ее. На сегодняшний день наиболее популярным сценарием просмотра страниц с большим количеством текста является *F*-паттерн. По мнению Я. Нельсона, «...во время просмотра веб-страниц глаза пользователей “рисуют” букву *F*: сначала – верхнюю горизонтальную линию, затем – среднюю, короткую, потом – длинную вертикальную. *F* – первая буква английского слова *fast*, “быстро”» [2]. Следуя такому паттерну, посетитель в течение нескольких секунд получает максимум информации о контенте страницы. Популярность *F*-образного паттерна обусловлена общим тенденциям движения человеческого глаза при чтении. Таким образом, логотип сайта целесообразно размещать в левом верхнем углу, так как первоначально взгляд пользователя падает именно в эту область. Основное меню следует расположить горизонтально в верхней части сайта. Конечной точкой верхней горизонтальной линии может являться строка поиска или кнопка регистрации. Основная важная информация должна располагаться слева. Правую часть целесообразно дополнить картинками, видео или анимацией. При создании веб-сайта с современным и качественным дизайном прежде всего необходимо применять знания дизайн-композиции, психологии цвета и стилей, а также учитывать функциональные возможности новых информационных технологий [1, с. 27].

ИКТ-инструментарий и цифровые образовательные ресурсы Интернета дают учащимся возможность самостоятельно искать необходимую информацию политехнического содержания, анализировать полученные данные, планировать и корректировать свою деятельность, осуществлять взаимодействие с учителем, специалистами, учащимися, представлять и публично защищать свои собственные проекты [11, с. 71].

Анализ содержания и дизайна сайтов по образовательной робототехнике позволил сделать некоторые важные выводы. Несмотря на информационную насыщенность, далеко не все сайты этой направленности являются удобными для пользователя. Многие из них не адаптированы для определенной возрастной категории пользователей и содержат информацию как для школьников, так и для студентов, а также преподавателей. Составляющие образовательного

пространства в области робототехники, представленные на сайтах, нередко имеют широкий территориальный разброс. Современному школьнику непросто ориентироваться в этом информационном пространстве и выбирать из всего многообразия предложений именно те, которые отвечают его индивидуальному образовательному запросу и возможностям освоения предъявляемой информации.

Необходимо профессиональное сопровождение практики применения учащимся сервисов и ресурсов Интернета в их техническом творчестве. Посредником между учеником и ресурсами открытого образовательного пространства становится тьютор, который помогает ученику выстраивать свое обучение, используя современные ИКТ-инструменты и ресурсы Глобальной сети. Сущность тьюторского сопровождения заключается в целенаправленном создании тьютором ситуации осмысления учениками собственных образовательных выборов и действий [3, с. 211].

В рамках нашего исследования был создан сайт «ТехноТворчество» как компонент школьной образовательной среды. Главной с целью его разработки является создание условий для развития технических способностей учащихся, становления мотивации к творческой деятельности, формирования готовности к коммуникации и совместной работе над проектами по образовательной робототехнике, развития критичности мышления, самоанализа и адекватной самооценки [4, 7, 8]. Данная образовательная среда способствует выстраиванию учащимися индивидуальных образовательных маршрутов в освоении такой области технического творчества, как образовательная робототехника.

Сайт включает следующие структурные компоненты: главная страница, новости, контакты, дополнительное образование, образовательные мероприятия, полезные ресурсы, фотогалерея, роботы в художественной и научно-популярной литературе, уроки робототехники, тьюторы, проекты учащихся, уроки робототехники.

Главная страница раскрывает тематику сайта (рис. 1) рассказывает о преимуществах тьюторского сопровождения перед классической системой образования. Учащиеся и их родители могут познакомиться с анонсом творческих мероприятий, конкурсов и соревнований, правилами и условиями участия.

В разделе «Образовательные мероприятия» представлен перечень внешних очных и дистанционных конкурсов, выставок, соревнований, олимпиад, мастер-классов технической направленности, подобранных с учетом возраста обучающихся. Ученик может выбрать мероприятия, отвечающие его интересам для построения индивидуального образовательного маршрута. Ознакомиться с подробной информацией относительно каждого мероприятия позволяют ссылки на внешние источники. В раздел включен отдельный блок – «Школьные конкурсы и соревнования». Участниками школьных мероприятий могут стать ученики других школ города. Для этого на сайте заполняется соответствующая заявка (рис. 2).

Раздел «Новости» содержит информацию о последних достижениях в области робототехники как в нашей стране, так и за рубежом. Анализ современных тенденций и перспектив развития роботостроения для многих учащихся выступает стимулом создания прототипов наиболее востребованных конструкций роботов или их отдельных блоков в рамках индивидуальных или групповых проектов.



Рис. 1. Сайт «ТехноТворчество»

Раздел «Фотогалерея» включает фотоотчеты участия школьников в творческих мероприятиях, соревнованиях, конкурсах. Здесь представлены фотоснимки результатов выполнения технических проектов, реализуемых учащимися в рамках данной модели обучения.

Интересным для учащихся может стать раздел «Роботы в художественной и научно-популярной литературе», который содержит как фантастические истории о роботах, так и информацию об актуальных направлениях разработки реальных робототехнических устройств, а также рекомендации по сборке моделей роботов. В разделе приведены ссылки на виртуальные библиотеки и журналы соответствующего профиля. Популяризация художественной и научно-технической литературы, связанной с роботостроением, – одно из весьма полезных и интересных для учащихся направлений реализации политехнического обучения. В рамках данного направления по итогам работы школьников с литературными произведениями организуется обсуждение технических приложений физики в области роботостроения и осуществляется постановка новых задач проектной деятельности в области физико-технического творчества учащихся [6, 7]. Ресурсы данного раздела важны для самообразования учащихся.

В разделе «Творческие проекты» представлены коллективные работы учащихся, объединенные названием «Физика в роботах» (рис. 2). Работа над проектами, их последующая публикация и обсуждение в Сети направлены на актуализацию приобретенных ранее знаний и стимулирование познавательной активности учащихся, способствует развитию их творческого мышления и готовности к критической оценке собственных достижений. Школьники должны не только продемонстрировать внешний вид, назначение и технические характеристики созданной ими модели роботов, но и раскрыть физические основы функционирования их отдельных

составляющих [8]. Содержание данного раздела поддерживает процессы творческой коммуникации пользователей сайта, организацию творческих коллективов для создания новых более сложных робототехнических проектов.



Рис. 2. Раздел сайта «Творческие проекты»

Существенным отличием сайта «ТехноТворчество» от других сайтов по образовательной робототехнике является наличие раздела «Тьюторы». Основная форма деятельности тьютора – групповое и индивидуальное консультирование, которое достаточно трудно вместить в рамки традиционной классно-урочной системы обучения. Данный структурный компонент сайта обеспечивает возможность дистанционного общения между тьютором и учащимися в режиме реального времени. Цель тьюторского сопровождения технического творчества учащихся – научить их планировать собственную деятельность, осуществлять ее анализ, самостоятельно формулировать направления личностного роста. Для достижения этой цели тьютору необходимо создать необходимые условия. При этом важно не самому (тьютору) планировать общую линию обучения, развития и воспитания для каждого учащегося, а помочь ему самостоятельно построить траекторию движения к образовательной цели в опоре на свои способности, имеющиеся умения и навыки, интересы. Работа тьютора строится на основе изучения реальной деятельно-

сти учащегося и ее последующего моделирования с целью развития. Тьютор создает для учащегося ситуации выбора, проблематизирует основания выбора или способ деятельности.

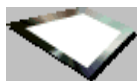
В предложенной модели обучения, базирующейся на применении сетевых образовательных технологий, тьюторское сопровождение технического творчества осуществляется в рамках специально спроектированной под интересы учащихся цифровой образовательной среды. Данный сайт может использоваться для организации коллективной и индивидуальной работы на аудиторных занятиях по робототехнике, а также для сопровождения самостоятельной внеурочной деятельности школьников. Применение сетевых технологий тьюторского сопровождения технического творчества позволяет максимально индивидуализировать образовательный процесс, выстроив его с учетом интересов и возможностей каждого обучающегося. Структура сайта «ТехноТоврчество», содержание и технология организации работы учащихся с его материалами направлены на повышение эффективности реализации политехнической направленности обучения в средней общеобразовательной школе.



Список цитируемых источников

1. Бандуристый Ф.Ф. Семиотические системы как средство образовательного и воспитательного процесса в изобразительном искусстве и дизайне // Современное искусство: проблемы, тенденции, перспективы (в рамках второго Международного фестиваля современного искусства «Увидеть невидимое»). – Хабаровск, 2011. – С. 23–33.
2. Как посетители просматривают страницы сайтов? [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.shopolog.ru/metodichka/analytics/kak-posetiteli-prosmatrivayut-stranicy-sajtov-issledovanie-komandy-nilsena/> (дата обращения: 08.01.2019).
3. Ковалева Т.М. Организация тьюторской деятельности в современной школе // Проблемы современного образования. – 2010. – № 4. – С. 19–23.
4. Моделирование эстетического оформления веб-сайта [Электронный ресурс] / М.И. Корзина, О.А. Костюченко, В.А. Лысенко и др. // Arctic Environmental Research. – 2013. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-esteticheskogo-oformleniya-veb-sayta> (дата обращения: 16.01.2019).
5. Осипова О.П., Семиздралова О.А. Психолого-педагогические особенности создания и сопровождения официального сайта школы // Муниципальное образование: инновации и эксперимент. – 2009. – № 6.
6. Оспенникова Е.В., Ершов М.Г. Образовательная робототехника как инновационная технология реализации политехнической направленности обучения физике в средней школе // Педагогическое образование в России. – 2015. – № 3. – С. 33–40.
7. Оспенникова Е.В., Ильин И.В. Систематизация и метауровень обобщения технического знания как одно из направлений реализации принципа политехнизма в обучении физике // European Social Science Journal (Европейский журнал социальных наук). – 2012. – № 3 (19). – С. 111–118. [журнал ВАК].

8. Принцип политехнизма в обучении физике: современная интерпретация и технологии реализации в средней школе: моногр. / Е.В. Оспенникова, И.В. Ильин, М.Г. Ершов, А.А. Оспенников; под общ. ред. Е.В. Оспенниковой. – Пермь: Перм. кн. изд-во, 2014. – 502 с.
9. Пуляевская А.М. Формы и программные средства реализации тьюторского сопровождения дистанционного обучения учащихся // Вестник ИГЛУ. – 2011. – № 3.
10. Якиманская И.С. Технология личностно ориентированного образования. – М.: Сентябрь, 1996. – 96 с.
11. Якимова Ю.В. Применение сетевых технологий как средства тьюторского сопровождения технического творчества учащихся // Вестник Перм. гос. гуманитар.-пед. ун-та. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. – 2018. – № 14. – С. 67–78.



УДК 004.9:33

Г.В. Корытов, И.В. Ильин

КОМПОНЕНТЫ ERP-СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СКЛАДСКОГО УЧЕТА НА ПРЕДПРИЯТИИ МАЛОГО БИЗНЕСА

Обсуждается необходимость автоматизации деятельности складского учета на предприятии малого бизнеса. Представлены основные концепции информационных систем (ИС) управления предприятием (MRP, ERP, APS, CRM и др.) и соответствующее программное обеспечение для решения задач планирования, учета, контроля и анализа всех основных бизнес-процессов компании. Приводится авторский вариант разработанной информационной системы автоматизации деятельности складского учета (как компонент ERP-систем), реализованный для конкретного заказчика. Созданный программный продукт будет доступен для свободного пользования. Представлены варианты программной реализации функциональной части информационной системы, интеграции с офисными приложениями, базами данных и компонентами визуализации.

К л ю ч е в ы е с л о в а : ИСУП, ERP-система, складской учет, свободное программное обеспечение.

Деятельность торговых предприятий связана с решением многих важных задач, таких как: осуществление закупок товаров у поставщиков, обеспечение выполнения плана продаж, анализ эффективности деятельности предприятия, управление персоналом и др. В этой связи деятельность руководства и структурных подразделений предприятия должна быть нацелена на успешное достижение конкретных целей: максимизации прибыли, рентабельности, рационального использования сырья и материалов и др. На сегодняшний день достижение этих принципиальных целей невозможно без использования информационных систем управления предприятием (ИСУП). Комплексная ИСУП позволяет руководству повысить конкурентоспособность и инвестиционную привлекательность компании за счет оптимизации бизнес-процессов и прозрачности операционной и финансовой деятельности.

Рынок IT предлагает множество решений для бизнеса, позволяющих организовать управление ресурсами предприятия, интегрировать и автоматизировать бизнес-процессы, реализовывать задачи бизнес-аналитики. К таким инструментам относятся и системы ERP (от англ. *Enterprise Resources Planning* – управление ресурсами предприятия), которые позволяют создать единую среду для автоматизации планирования, учета, контроля и анализа всех основных бизнес-процессов предприятия. Теоретически ERP-система представляет собой общую стратегию деятельности компании, которая учитывает управление финансовыми и трудовыми ресурсами, активами, взаимодействие с партнерами и учет истории операций клиентов. На практике ERP-

системы используется для автоматизации каждого из перечисленных направлений, а также других процессов деятельности компании для сведения их в общую взаимосвязанную базу данных (БД), необходимых для работы предприятия [2, 3, 4, 11]. Помимо этого, использование ИСУП дает руководителю компании оперативную информацию по движению товаров, их остатков, излишков и так далее, что позволяет выстраивать отношения с поставщиками и покупателями, с персоналом компании, принимать управленческие решения и развивать свое предприятие.

На рынке ИСУП представлено множество программных продуктов класса ERP (рис. 1–6). В зависимости от масштабов предприятия используются как коробочные варианты ERP-систем, которые включают в себя целый комплекс решаемых бизнес-задач, так и небольшие программы, предназначенные непосредственно для автоматизации какой-либо части финансово-хозяйственной деятельности.

По мнению TAdviser, авторитетного издания в области информатизации в органах власти и бизнесе, «...лидером отечественного рынка ERP-систем по итогам 2016 г. по-прежнему является SAP... выручка этой компании от проектов в сфере ERP в России достигла 20,8 млрд рублей. Следом расположились 1С и Microsoft с результатами 14 и 3,7 млрд рублей соответственно [10]».

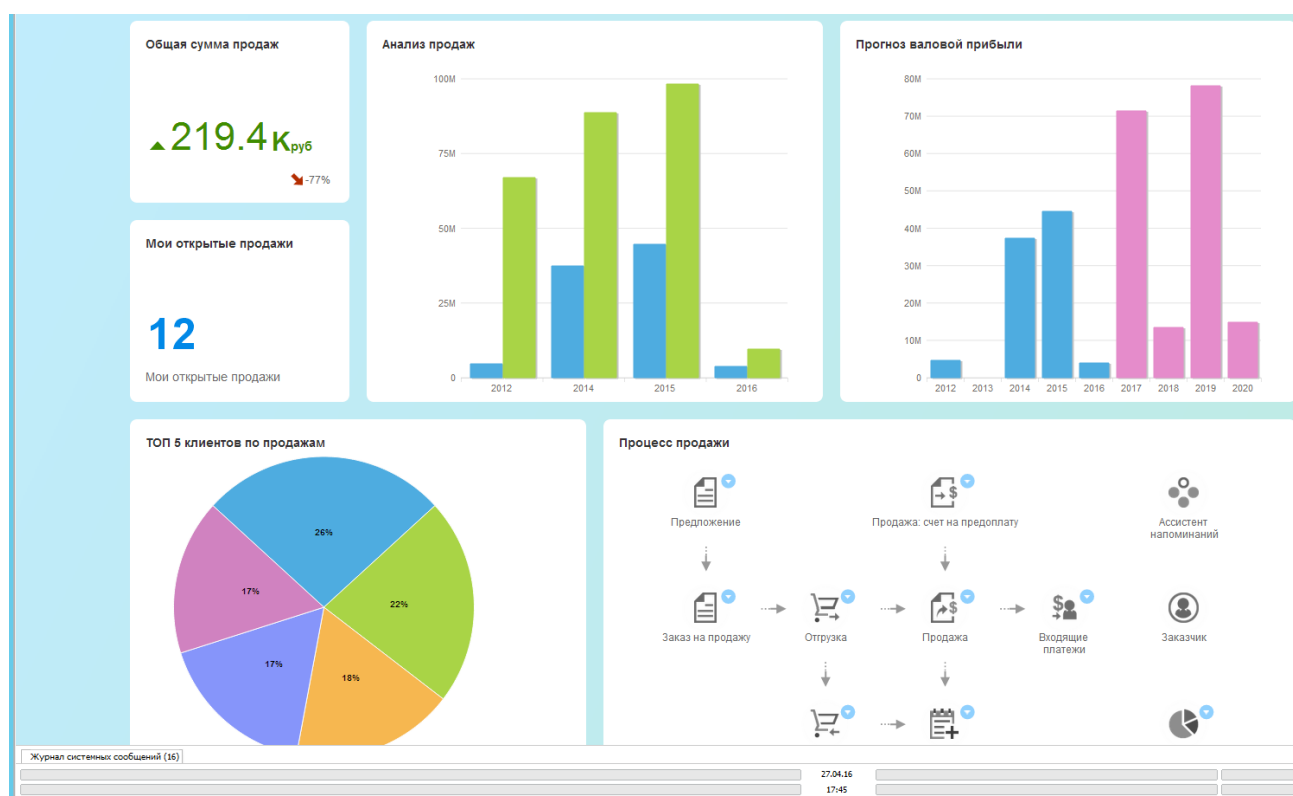


Рис. 1. ERP-система SAP

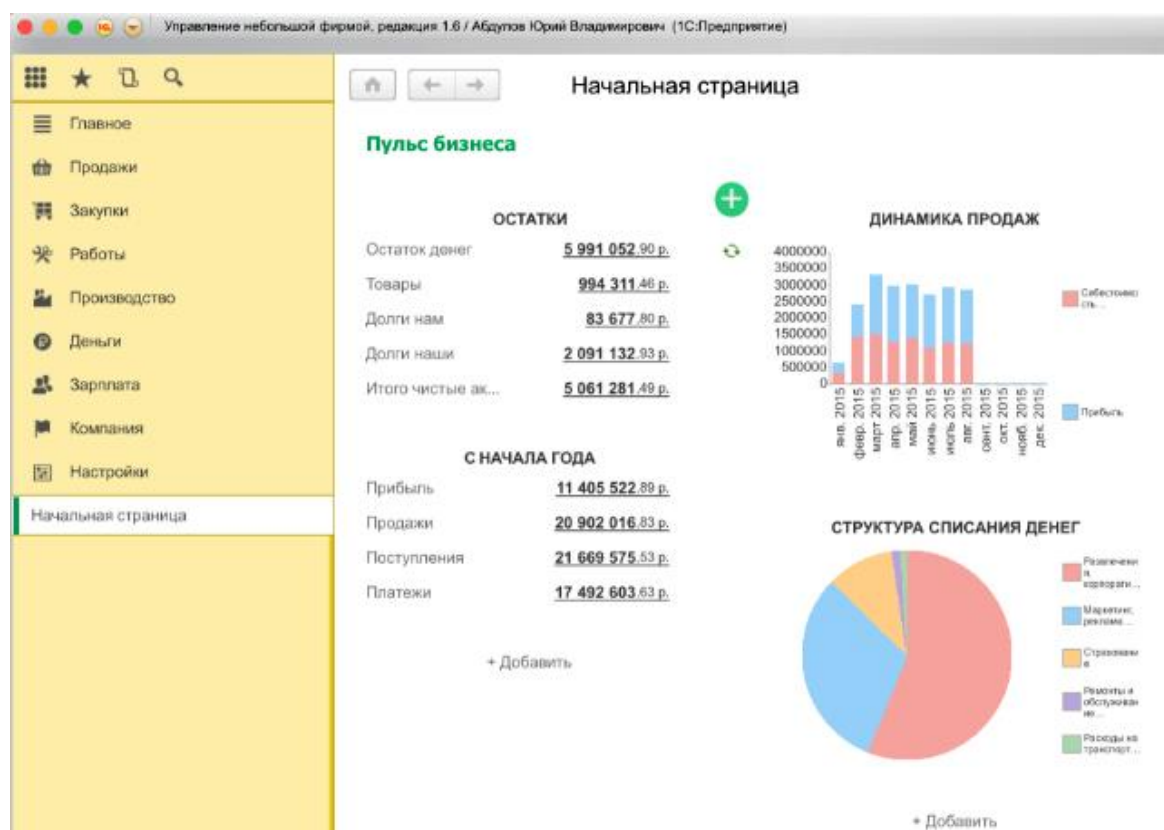


Рис. 2. ERP-система 1С

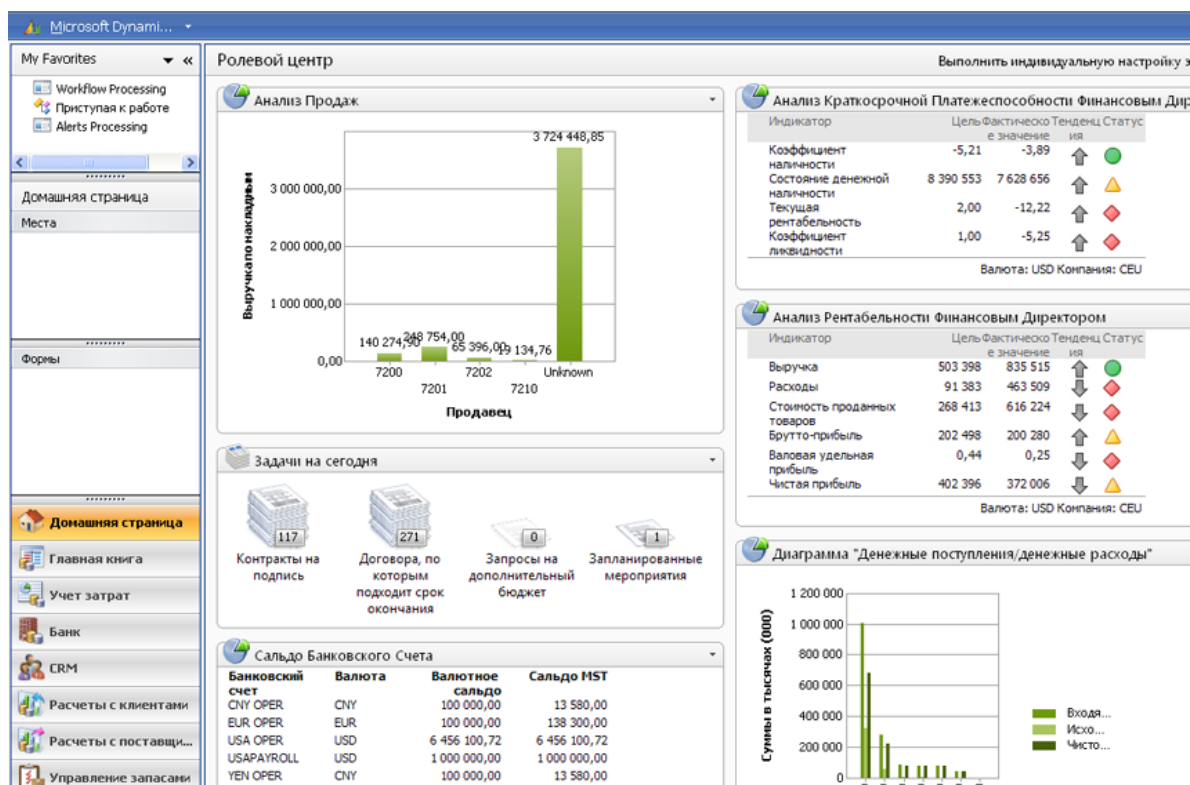


Рис. 3. ERP-система Microsoft Dynamics AX

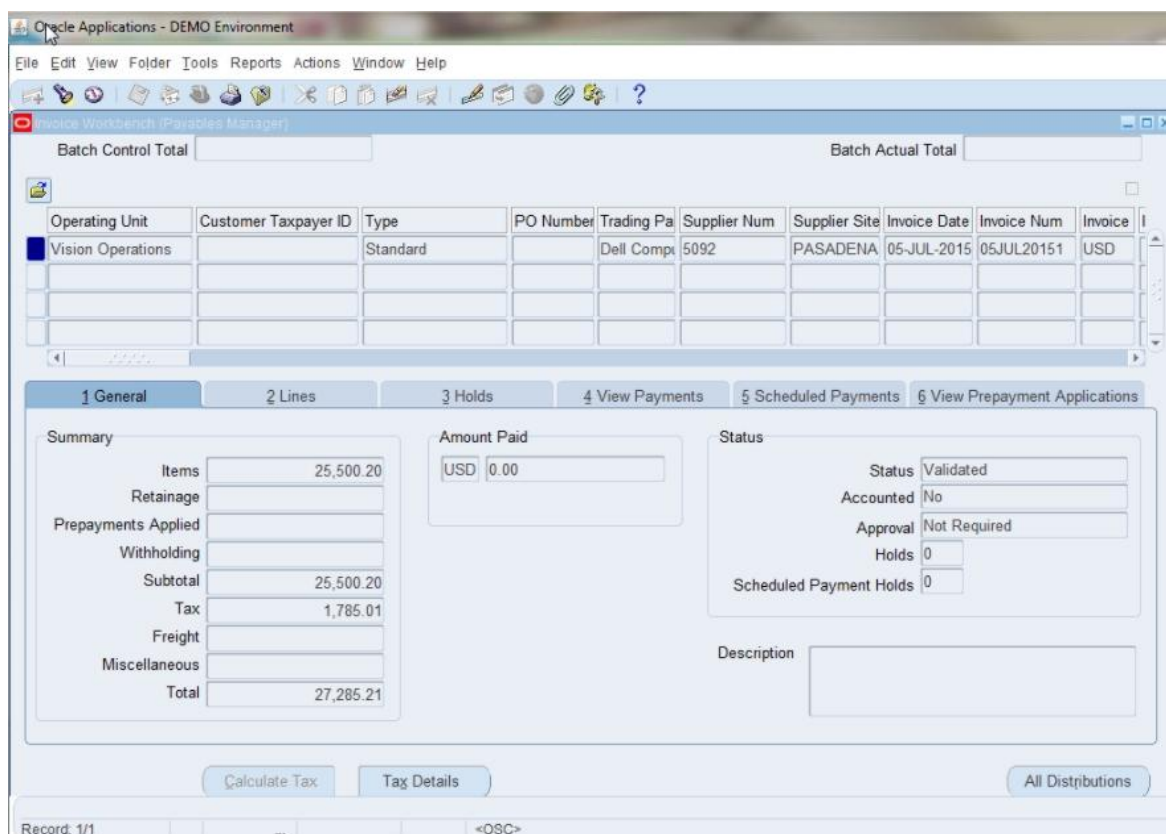


Рис. 4. ERP-система Oracle E-Business Suite

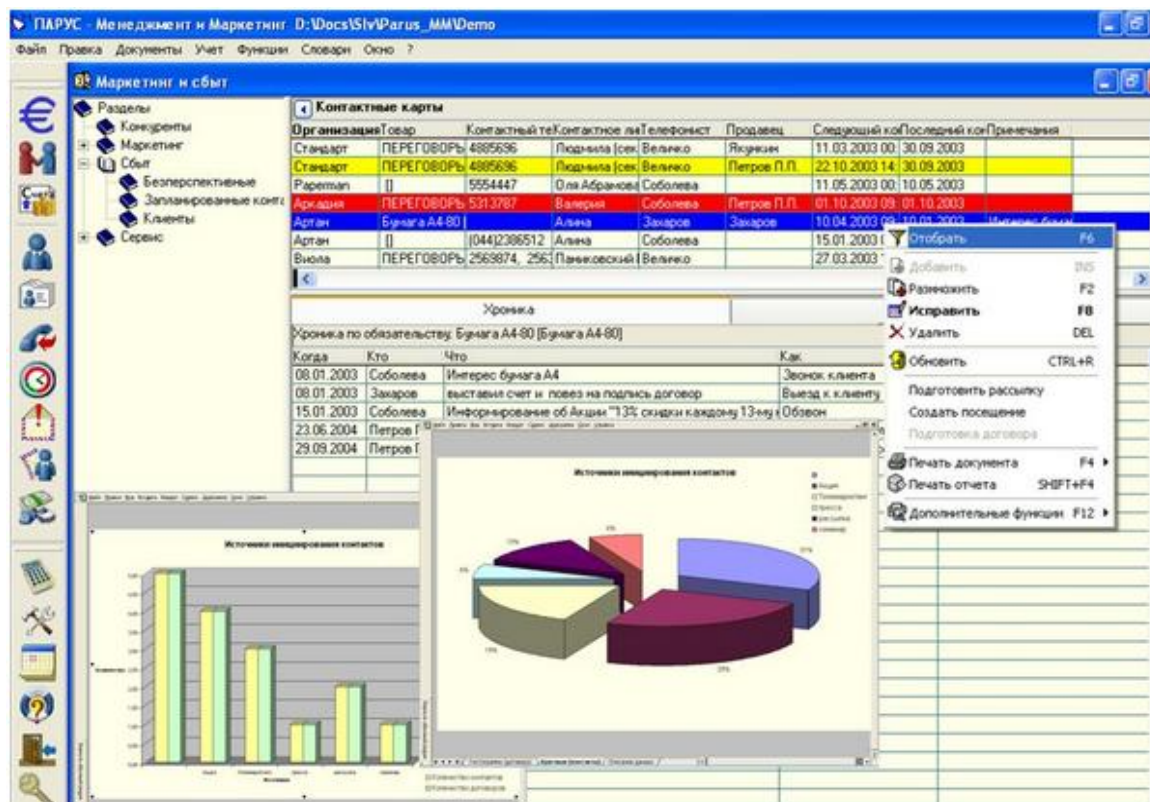


Рис. 5. ERP-система «Парус»

Галактика ERP - 8.10 - Управление персоналом [БД - d:\gal81\data]

База данных | Операции | Отчеты | Настройка | Сервис

Перечень приказов
Принят на работу
Увольнение
Перемещение по службе
Оформление отпусков
Приказы на командировки

Библиотека документов
Картотека сотрудников
Штатное наполнение
Подбор персонала
Рабочая корзина
История больничных
Штатное расписание
Протокол штатного расписания
Перечень приказов по штатному расписанию
Профили должностей
Функциональная структура
Дни рождения
Табель учета рабочего времени
Графики работы
Отпуска сотрудников
Аттестация сотрудников
Повышение квалификации
Профсоюз
Кадровый резерв
Тесты и содержание

Штатное расписание: "Администрация"

Подразделение: Администрация

№ п/п: 1 Кол-во штатных единиц: 1.000 Вакансий: 0.000
Дата введения: 10/01/2001 Дата закрытия:

Должность: Директор

Категория: АУП Доп. свед-я:
Система оплаты: Оклад Тариф: Разряд: 0
Оклад/ставка: 10000.000 от: Корректир.коэф-т: 1.000
Мин. оклад: 9000.000 Макс. оклад: 12000.000
%мин.откл.("-"): 0.000 %макс.откл.("+"): 0.000
Режим: 5-дневная рабочая неделя Условия: Ненормированный рабочий день
Льгот. ленин: Доп. хар-ка: Руководящий состав
Отпуск(дней): 28 Аттест. период: 0 Период повыш.квал-ции: 0
Счет: 26 Субсчет:
Аналитика: Затраты на оплату труда
Хозоперация: Параметр:

№ п/п	Должность	Код должности	Категория	Штат. ед-ц	Вакансий	Дата введения	Дата закрытия
1	Директор	01	АУП	1.000	0.000	10/01/2001	
2	Офис-менеджер	03	ИТР	1.000	0.000	10/01/2001	
3	Уборщица	13	Рабочие	1.000	0.250	01/10/2001	

Вакансия | Характеристики | Сотрудники | Доплаты | Отпуска | Кадровый резерв

Рис. 6. ERP-система «Галактика»

В целом если рассматривать идеологию концепций управленческих ИС, то выделяют и других представителей, которые решают уже узкоспециализированные задачи управления предприятием [1, 2, 4, 11].

Так, системы класса MRP (от англ. *Material Resource Planning* – планирование потребностей в материальных ресурсах) были разработаны в середине 1970-х гг. и предназначались для минимизации издержек, связанных со складскими запасами (в том числе и на различных участках производства).

Класс систем MRP II (от англ. *Manufacturing Resource Planning* – планирование производственных ресурсов) разработаны в начале 1980-х гг. для планирования всех производственных ресурсов предприятия (сырье, материалы, оборудование, персонал и т.д.) с учетом производственных мощностей, их загрузки, стоимости рабочей силы и т.д. (рис. 7).

Как уже отмечалось, к комплексному варианту автоматизации деятельности предприятия относятся системы класса ERP, которые применяются с 1990-х гг. и предназначаются для создания единого «хранилища данных» с накопленными данными в процессе ведения деловых операций, включая финансовую информацию, данные, связанные с производством, управлением персоналом и др. (рис. 8).

Отслеживанием истории развития взаимоотношений с клиентами, координации связей, управления продажами и клиентоориентированным маркетингом занимаются ИС класса CRM (от англ. *Customer Relationship Management* – управление отношениями с заказчиками), которые стали появляться в середине 1990-х гг.

Объединение двух предыдущих концепций вылилось в специализированный класс ИС CSRP (от англ. *Customer Synchronized Resource Planning* – управление, ориентированное на взаимодействие с клиентами) (рис. 9).

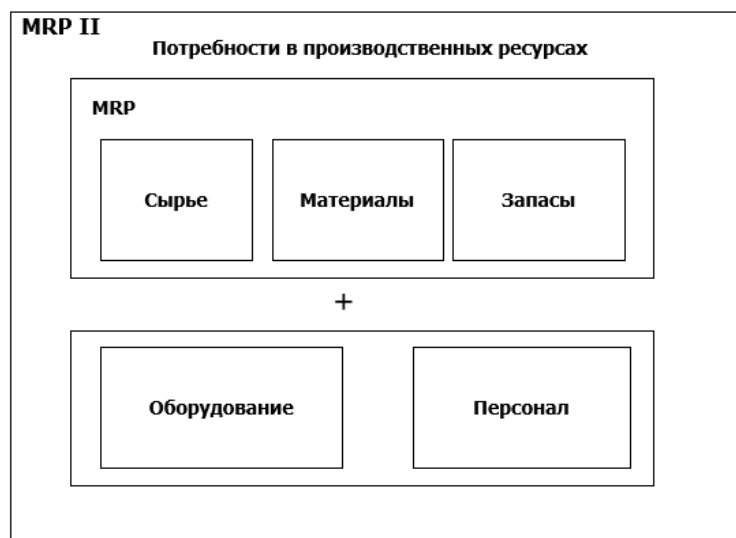


Рис. 7. Основные объекты и процессы автоматизации систем класса MRP и MRP II



Рис. 8. Основные объекты и процессы автоматизации систем класса ERP

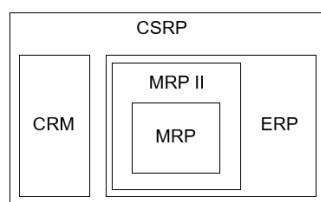


Рис. 9. Компоненты CSRP

Кроме того, существует множество классов ИС, решающих конкретные задачи управления предприятием. Так, системы APS (от англ. *Advanced Planning and Scheduling* – усовершенствованное планирование) направлены на планирование, снабжение и диспетчеризацию производственных участков (согласование материалов и мощностей происходит синхронно, что сокращает время перепланирования). Отдельные показатели деятельности предприятия можно проанализировать средствами ИС класса KPI (от англ. *Key Performance Indicators* – ключевые показатели эффективности), которые предоставляют удобный визуальный интерфейс с настраиваемыми

мыми виджетами. Существуют и облачные решения в области ИСУП [5], для работы которых необходим только браузер.

В работе реализуется процесс автоматизации задачи складского учета [6, 12] как процесса учета товаров и материалов, размещенных на территории склада. Как правило, ERP включает решение задачи складского учета. В зависимости от масштабов предприятия используются как крупное промышленное ПО, которые включают в себя целый комплекс решаемых бизнес-задач, так и небольшие программы, предназначенные непосредственно для организации работы склада. Так, например, программа складского учета «1С: Предприятие 8. WMS Логистика. Управление складом» [9], предназначенная для автоматизированного управления всеми технологическими процессами грузообработки складского комплекса. По данным разработчика, стоимость внедрения составляет не менее 125 тыс. руб. на 10 терминалов (по состоянию на апрель 2019 г.).

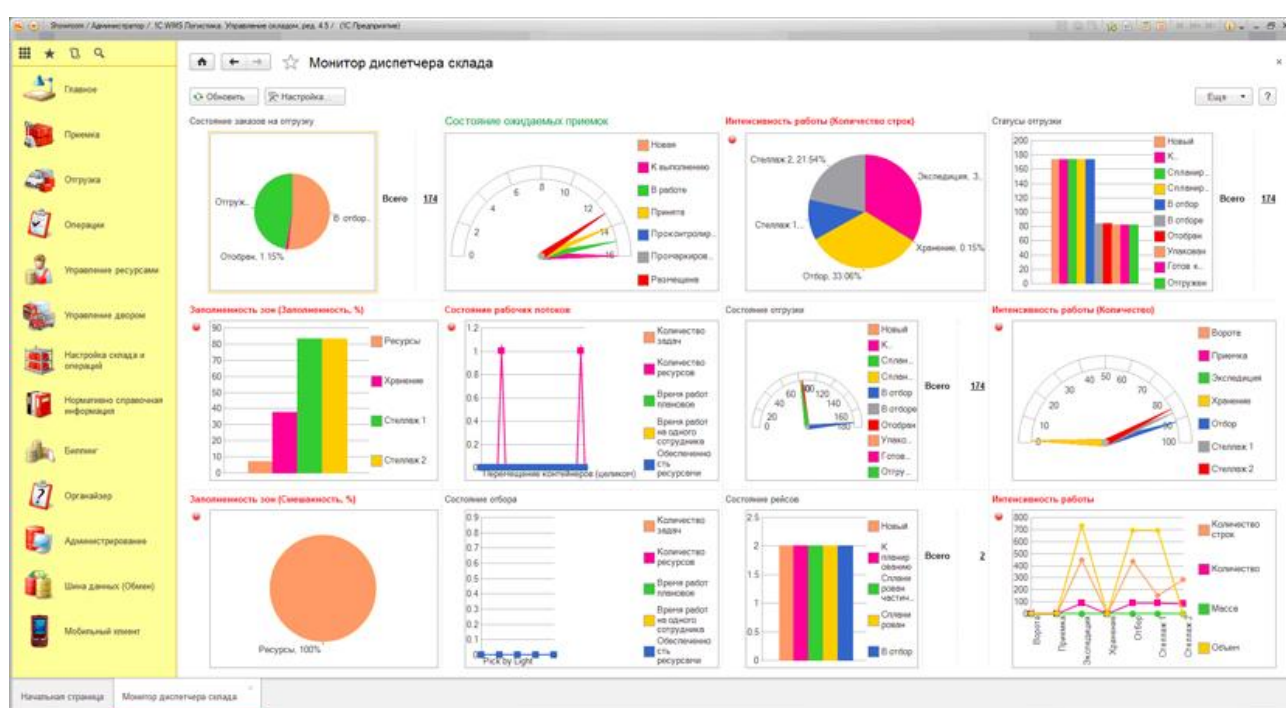


Рис. 10. ИС «1С: Предприятие 8. WMS Логистика» [9]

ИС подобного класса должны обладать следующим функционалом:

- задание топологии складского комплекса;
- приемка товара на склад;
- отбор и отгрузка товара;
- перемещение товаров;
- пересчет товаров;
- управление задачами (любыми действиями с товаром на складе);
- анализ эффективности деятельности склада.

Для небольших предприятий внедрение подобных коммерческих систем в финансовом отношении не представляется возможным. Встает вопрос о выборе бесплатных аналогов, таких как «Инфо-Предприятие: Торговый Склад», «Движение товара», «Простой Склад», «Складской

учет», «ОК-СКЛАД: Складской учет и торговля» и так далее, которые обычно обладают стандартным функционалом. Но не всегда подобный функционал соответствует специфике задач заказчика, поэтому встает вопрос о разработке системы складского учета с тонкой настройкой под конкретного заказчика.

Для создания информационной системы использовалась платформа .NET Framework как интегрированная инфраструктура средств разработки, развертывания и исполнения программного обеспечения [7, 8]. На рис. 11 выделены общезыковая среда выполнения (CLR) и библиотеки классов (базовые классы, классы для работы с данными, Windows Forms, Web Forms, Web Services).

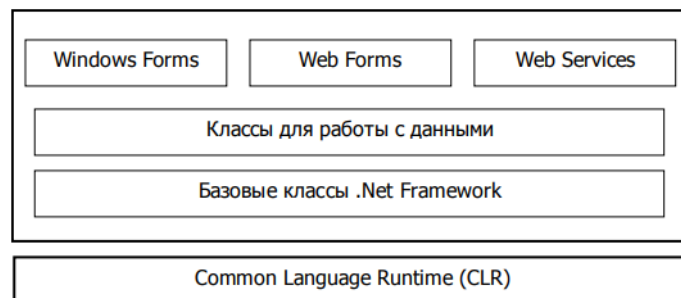


Рис. 11. Архитектура MS .NET Framework [8]

Большинство крупных приложений используют для хранения данных внешние СУБД, такие как Oracle, MS SQL Server, MySQL и др. Для осуществления связи между базой данных и приложением используется, как правило, технология ADO.NET в виде набора классов, предоставляющих службы доступа к данным, использующим платформу .NET Framework [7].

В соответствии со спецификой задач заказчика была выбрана традиционная программная реализация ИС в виде классической архитектуры «файл-сервер» с СУБД SQLite (рис. 12).

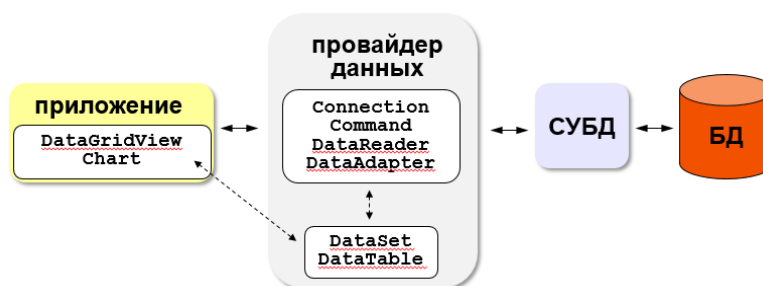


Рис. 12. Компоненты разработанной ИС

При дальнейшем описании ИС будет приведена программная реализация отдельных ее компонентов (для будущего использования в различных проектах, в том числе студенческих).

Рассмотрим функционал разработанного программного обеспечения для автоматизации складского учета на предприятии малого бизнеса. Разработанная ИС состоит из пяти функциональных модулей, характеристика которых приведена ниже.

Форма оформления заказа. Форма, посредством которой каждый новый заказ заносится в базу данных и выводится на печать. Является наиболее важной в ежедневной работе частью программы, вынесена в отдельное окно.

Для взаимодействия приложения и базы данных осуществляется подключение посредством следующего кода:

```
private string sSql = string.Empty; // SQL-команды
private string ConnectionString = "Data Source=" + "DB.db3" + ";Version=3;"
//строка соединения, задается имя файла базы данных и версия СУБД
static SQLiteConnection connection = new SQLiteConnection(ConnectionString);
//создание соединения на основе ConnectionString
static SQLiteCommand command = new SQLiteCommand(sSql, connection);
//создание объекта command для обращения к базе данных
```

Форма базы заказов. Через данный интерфейс осуществляется доступ к ранее принятым заказам, сохраненным в базе данных (рис. 13).

Рис. 13. Форма «База заказов»

Форма базы товаров. Здесь содержится информация об остатке товара на складе, а также форма для занесения новых позиций (рис. 14). При оформлении заказа происходит сверка с данной базой, при обнаружении малого количества единиц товара выводится предупреждение. Инструменты для взаимодействия с базой товаров:

- добавление новой позиции;
- приход товара;
- списание;
- удаление товара;

- напоминание;
- вывод на печать в виде отчета;
- экспорт данных в офисные приложения (например, MS Excel).

ID линзы	Сфера	Материал	Покрытие	Розничная цена	Остаток штук
1	1	Стекло 1.5	Без покрытия	200	15
2	+1.5	Пластик 1.498	Без покрытия	250	9
3	+1.5	Пластик 1.498	НМС	290	41
4	-1.25	Стекло 1.5	НМС	170	39
5	-1.25	Пластик 1.498	Без покрытия	220	56

Рис. 14. Форма «База товаров»

Ведение базы товаров позволяет автоматизировать складской учет и вовремя предупредить менеджера при обнаружении малого количества единиц той или иной позиции для оперативного заказа новой партии у поставщика.

Форма базы клиентов (модуль CRM). База клиентов содержит в себе информацию о клиентах компании (контакты, а также количество сделанных заказов и их сумма в денежном выражении). При оформлении заказа (рис. 15) информация о клиенте автоматически попадает в базу или обновляется, если произошли изменения в его данных. Инструменты для взаимодействия с базой клиентов:

- звонок клиенту (генерируется QR-код для вызова);
- СМС клиенту (генерирует QR-код с использованием сообщения – шаблона, либо с введенным текстом);
- поиск клиента (при вводе первых букв фамилии или цифр телефона база выводит информацию о необходимом клиенте);
- отображение заказов клиента;
- создание напоминания (используется для создания напоминания о необходимости звонка или СМС клиенту);
- форма для добавления покупателя без заказа (используется при необходимости сохранить информацию о потенциальном клиенте, еще не совершившем заказ);

- вывод на печать;
- экспорт данных в офисные приложения (например, MS Excel).

Меню

- База заказов
 - Заказы в работе
 - На сегодня
 - На завтра
 - На неделю
 - На конкретные даты
 - Все
- Готовые заказы
 - На конкретные даты
 - Все
- Клиенты

ID клиента	Фамилия, имя	Телефон	Адрес	Дата последнего заказа	Количество заказов	Сумма заказов
1				09.05.2018	4	5460
2	Корытов Глеб			09.05.2018	4	8230
3	Протов	5639251		21.06.2018	3	4040
10	Корытов Глеб1234			09.05.2018	1	1464
11	Улаев	89617550212	Далеко	21.06.2018	2	2330
17	Корытов			12.06.2018	1	1450
20	Корытов Глеб Викто...	89091010707		09.05.2018	6	10490
21	ФИО	Телефон	Адрес	21.06.2018	5	3890
24	Арбузова			01.06.2018	1	252
26	Виктор	телефон	адрес	21.06.2018	3	4650
27	Юрков Глеб			09.05.2018	1	1751
28	Семенов Семен			09.05.2018	1	1300
29	Павлов	89652	Пермская 27	12.05.2018	3	4320
30	Петров	2177717	фев	21.06.2018	3	3207
31	Фамилия	89191518752	Хорошевского	09.05.2018	2	3440
32	Тестов	9617550		11.06.2018	2	2611
33	Пролов	8800553535		15.06.2018	2	2613
34	Клавиатурин	102422048	Стол	15.06.2018	1	405
35	Орлов	89617550808	Пермь	20.06.2018	2	3550
36	Роман	2245098		20.06.2018	1	2500
37	Хромин	89744125611		20.06.2018	2	2530
38	Проверкин	2223322		21.06.2018	2	3200
39	Часовой	7912912123		21.06.2018	2	2560

Заказывающиеся лансы: 9 +1.5 Пластик 1.498 бп

Заказов на сегодня 0

Потенциальные клиенты: Имя, Телефон, Пожелания

Поиск Клиента: Имя, Телефон, Последний заказ: июн, 2018

Выход

Рис. 15. Форма «База клиентов»

Для работы с отображаемыми данными служат инструментальные кнопки в нижней части формы (рис. 16–17). Их назначение изменяется в зависимости от активной таблицы, в случае с отображением базы заказов они выполняют следующие функции:

- отметить заказ как выполненный (ZakazGotovButton_Click);
- звонок клиенту (PhoneORSMS);
- СМС клиенту (PhoneORSMS);
- экспорт данных в MS Excel (ToExcelOrPrint);
- печать отчета (ToExcelOrPrint).

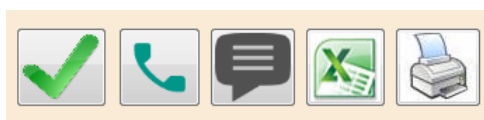


Рис. 16. Кнопки для взаимодействия с отображаемыми данными в базе заказов



Рис. 17. Генерируемый QR-код

Первые три кнопки не активны, если фокус смещен с таблицы. Нажатие на первую кнопку вызывает DML-операцию Update, указывающую на готовность заказа (метод `ZakazGotovButton_Click(object sender, EventArgs e)`). Кнопка не отобразится, если в таблице показываются уже выполненные заказы. Вторая и третья кнопки генерируют строку, преобразуемую в QR-код и отображаемая во всплывающем окне (рис. 16). Их нажатие вызывает

метод `PhoneORSMS (int Variant)` и в качестве параметра передается вариант требуемого кода – для звонка или СМС. Генерация QR-кода происходит при помощи сторонней библиотеки `Zxing`:

```
var barcodeWriter = new BarcodeWriter();  
barcodeWriter.Format = BarcodeFormat.QR_CODE;  
barcodeWriter.Options = opt;  
pictureBox1.Image = barcodeWriter.Write(main.Phone);
```

Создается объект `barcodeWriter`, из него вызывается метод создания QR-кода на основе строки `main.Phone`. QR-код отображается в центре главного окна и не перекрывает другие запущенные программы и формы, для этого ему задается свойство `fQRPhoneSMSWindow.Owner = this`. Оно задает родителя (главное окно) форме с QR-кодом. Для изменения данных во всплывающем окне используется метод `ChangeQR()`. Для доступа к переменным главного окна (`MainWindow`) в методах зависимой формы прописывается следующий программный код: `MainWindow main = Owner as MainWindow`. Получив строку, QR-код генерируется в том же методе `ChangeQR()`.

Кнопки сохранения отчета и печати используют средства MS Excel. Нажатие кнопок вызывает метод `ToExcelOrPrint (int Variant)`. В качестве параметра передается значение, характеризующее ситуацию относительно того, что необходимо сохранить документ в файл (`.xls`) или вывести на печать.

Перенос данных из компонента `DataGridView` в MS Excel производится посредством следующего программного кода:

```
int i, j; i = 1; j = 1;  
for (i = 0; i < dataGridView1.RowCount + 1; i++)  
{  
    for (j = 1; j < dataGridView1.ColumnCount + 1; j++)  
    {  
        if (i == 0)  
        {  
            worksheet.Rows[i + 1].Columns[j] = dataGridView1.Columns[j - 1].HeaderText;  
        }  
        else  
            worksheet.Rows[i + 1].Columns[j] = dataGridView1.Rows[i - 1].Cells[j - 1].Value;  
    }  
}
```

Кнопки для взаимодействия с отображаемыми данными, кроме печати отчета и сохранения в документ, изменяются в зависимости от выбранного модуля. Также от этого меняется поведение программы при двойном клике по таблице с данными. Например, при работе с формой базы заказов подобное действие вызовет окно с подробной информацией о заказе, а при работе с формой базой клиентов покажет информацию о всех заказах выбранного клиента. В основе этих

методов лежит запрос к базе данных с использованием ID заказа, который выбирается из таблицы:

```
Int32            значение            =            Convert.ToInt32 (dataGridView1[0,
dataGridView1.CurrentRow. Index].Value);
```

Итак, форма базы клиентов позволяет получать доступ к информации о клиентах, оперативно совершать звонки и отправлять СМС-сообщения, не отвлекаясь на ввод номера и текст на мобильном устройстве.

Форма аналитики и визуализации. Здесь формируются диаграммы и агрегированные значения с различными показателями деятельности предприятия. Для каждой из диаграмм можно настроить временной интервал отображения и тип визуализатора (рис. 18).



Рис. 18. Компонент «Аналитика»

Данный модуль строит четыре графика по данным из информационной базы. Сначала данные загружаются из БД следующим запросом:

```
sSql = "select sum(stoimost) as \"Сумма\", data_gotovnosti as \"Data
готовности\" from zakazy where data_gotovnosti like @dp group by
data_gotovnosti order by data_gotovnosti\";
```

В результате запроса возвращаются два столбца: сумма заказов за день и дата. В качестве параметра @dp передается текущий месяц. Полученные параметры передаются компоненту Chart:

```
chartSales.DataSource = ds.Tables[0].DefaultView; // в качестве источ-
ника данных для графика указываем предварительно заполненный DataSet
```

```
chartSales.Series[0].Points.Clear();  
chartSales.Series[0].XValueMember = "Дата готовности";  
chartSales.Series[0].YValueMembers = "Сумма";
```

После получения данных график построится автоматически, на оси абсцисс будут отображены даты продаж, на оси ординат – суммы (рис. 19).



Рис. 19. График продаж за месяц

В случае использования графика с двумя и более рядами для передачи данных необходим обход таблицы для копирования значений на оси X и Y (рис. 20).

```
dt = ds1.Tables[0]; // заполняем объект класса DataTable значениями из  
DataSet, где хранятся данные для графика  
foreach (DataRow dr in dt.Rows) // проходим по строкам таблицы  
{  
    chartSravnenieSales.Series[1].Points.AddXY(dr[1].ToString(),  
    Convert.ToInt32(dr[0].ToString()));  
}
```



Рис. 20. Сравнение продаж за периоды

Для изменения интервалов отображения графика применяется SQL-запрос с требуемыми датами. Также в программе доступно изменение внешнего вида диаграмм с использованием свойств компонента Chart.

Единая оболочка программы позволяет объединить части приложения в одном интерфейсе, унифицировав принципы взаимодействия с различными частями общей базы данных. Информация предоставляется пользователю в удобной форме в табличном виде или с применением

визуализаторов. Новые данные в БД добавляются только через специальные формы с множеством проверок, что позволяет избежать ошибок при дальнейшем взаимодействии с программой.

Реализованное приложение решает все поставленные перед ним в процессе разработки задачи, имеет удобный интерфейс и обширный функционал. Программа работает со всеми необходимыми базами данных, позволяет анализировать основные показатели работы предприятия. Использование ИС упрощает поиск необходимой для работы информации, ускоряет процесс оформления заказов, тем самым повышает качество обслуживания клиентов.



Список цитируемых источников

1. Акимова Е.В. Информационные системы и технологии в экономике и управлении. Проектирование информационных систем. – Саратов: Вузовское образование, 2016. – 178 с.
2. Граничин О.Н. Информационные технологии в управлении. – М.: ИНТУИТ, 2016. – 377 с.
3. Информационные технологии: учеб. / под ред. В.В. Трофимова. – М.: Юрайт, 2011. – 624 с.
4. Косиненко Н.С. Информационные системы и технологии в экономике. – М.: Дашков и К: Ай Пи Эр Медиа, 2017. – 304 с.
5. Облачная платформа 1С: Предприятие [Электронный ресурс]. – URL: http://v8.1c.ru/overview/Term_000000803.htm (дата обращения: 20.02.2018).
6. Организация складского учета на предприятии [Электронный ресурс]. – URL: <https://assistentus.ru/vedenie-biznesa/skladskoj-uchet/> (дата обращения: 01.03.2018).
7. Официальная документация ADO.NET Microsoft Docs [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/framework/data/adonet/> (дата обращения: 02.03.2018).
8. Официальная документация платформы .NET Microsoft Docs [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/standard/tour> (дата обращения: 02.03.2018).
9. Официальный сайт «1С: Предприятие 8. WMS Логистика. Управление складом» [Электронный ресурс]. – URL: <https://solutions.1c.ru/catalog/wms4/features> (дата обращения: 08.03.2018).
10. Системы управления предприятием (ERP). Рынок России [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.tadviser.ru/index.php> (дата обращения: 20.02.2018).
11. Уткин В.Б., Балдин К.В. Информационные системы и технологии в экономике: учеб. для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. – 336 с.
12. Федеральный закон от 24.07.2007 № 209-ФЗ (ред. от 27.11.2017) «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации». Ст. 4. Категории субъектов малого и среднего предпринимательства [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_52144/08b3ecbcdc9a360ad1dc314150a6328886703356/ (дата обращения: 20.02. 2018).

Электронное научное издание

**ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Серия
**«Информационные компьютерные технологии
в образовании»**

ВЫПУСК 15/ 2019

Электронный научный журнал

Главный редактор серии и главный редактор выпуска
Оспенникова Елена Васильевна

Выпускающий редактор
Ильин Иван Вадимович

Редактор *О.В. Вязова*
Компьютерная верстка – *Н.А. Оспенников*
Макетирование – *Н.А. Оспенников*

Редакционно-издательский отдел
Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета
614990, г. Пермь, ГСП, ул. Сибирская, 24, корп. 2, оф. 71,
тел. +7 (342) 238-63-12
e-mail:rio@pspu.ru