

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. В.П. АСТАФЬЕВА»

На правах рукописи



Асауленко Евгений Васильевич

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИИ
ПЕРСониФИЦИРОВАННОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
СТУДЕНТОВ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНОГО
ПОДХОДА**

**13.00.02 – Теория и методика обучения и воспитания
(информатизация образования)**

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата педагогических наук

Научный руководитель –
доктор педагогических наук,
профессор
Пак Николай Инсебович

Красноярск – 2020

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ УМЕНИЯ РЕШАТЬ РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАЧИ	19
§ 1.1. Анализ трудностей организации персонифицированной самостоятельной работы студентов по решению расчетных задач по модели «черный ящик»	19
1.1.1. Актуальность автоматизации процесса организации персонифицированной самостоятельной работы	19
1.1.2. Применение модели «черный ящик»	23
1.1.3. Трудности возникающие при применении модели «черный ящик»	32
1.1.4. Исторический аспект становления модели «черный ящик»	37
1.1.5. Направление исследований, для преодоления проблем модели «черный ящик»	44
1.1.6. Выводы по параграфу	45
§ 1.2. Сущность контроля умения решать расчетные задачи по модели «белый ящик»	47
1.2.1. Понятие расчетная задача и ее место в системе задач в различных дисциплинах.....	47
1.2.2. Обобщенная схема решения расчетных задач	50
1.2.3. Подход к формализации умения решать расчетные задачи на основе модели «белый ящик».....	51
1.2.4. Методологическая основа создания модели «белый ящик»	56
1.2.5. Выводы по параграфу	58
§ 1.3. Формализация умения решать расчетные задачи с позиций когнитивного подхода на основе структурно-ментальных схем	59

1.3.1. Вычислительные примитивы и структурно-ментальные схемы	59
1.3.2. Примеры структурно-ментальных схем	63
1.3.3. Выводы по параграфу	76
ГЛАВА 2. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНТЕРАКТИВНАЯ ПРОГРАММНАЯ СРЕДА ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРСОНИФИЦИРОВАННОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО РЕШЕНИЮ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ (НА ПРИМЕРЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ)	
§ 2.1. Содержание автоматизированной интерактивной программной среды	77
2.1.1. Концептуальная модель программной среды	77
2.1.2. Предметные структурно-ментальные схемы	82
2.1.3. Адаптивность на основе рейтинговой системы А. Эло	95
2.1.4. Кусочно-линейная модель забывания	105
2.1.5. Выводы по параграфу	114
§ 2.2. Автоматизированная интерактивная программная среда и особенности методики ее применения для организации персонифицированной самостоятельной работы студентов	116
2.2.1. Интерфейс автоматизированной интерактивной программной среды	116
2.2.2. Геймификация и игровые механики	126
2.2.3. Элементы методики применения автоматизированной интерактивной программной среды в процессе организации персонифицированной самостоятельной работы студентов при формировании умения решать расчетные задачи	135
2.2.4. Анализ разработанной модели «белый ящик»	141
2.2.5. Выводы по параграфу	145

§ 2.3. Результаты апробации программной среды.....	146
2.3.1. Обеспечение автоматизации процесса организации персонализированной самостоятельной работы	146
2.3.2. Экспериментальная работа 2018-го года.....	155
2.3.3. Экспериментальная работа 2019-го года.....	159
2.3.4. Выводы по параграфу	168
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	171
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	174
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Фрагменты образовательных стандартов	195
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Педагогический эксперимент 2018-го года	200
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Педагогический эксперимент 2019-го года	202
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ ...	204
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Акт внедрения КГПУ	205

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Обучение точным наукам немислимо без решения задач. Требования к сформированности умения решать расчетные задачи у обучаемых по математике, физике, химии и биологии закладываются уже при получении среднего образования [125, ПРИЛОЖЕНИЕ А]. Умение решать задачи является одним из важнейших компетенций для многочисленных технических дисциплин в системе среднего профессионального образования (СПО) [121, 120, 122]. К примеру, в ФГОС СПО описываются общие компетенции, среди которых на первом месте стоит компетенция «Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам». Следует отметить, что некоторые профессиональные компетенции неразрывно связаны с умением решать расчетные задачи. Примеры таких профессиональных компетенций приведены в ПРИЛОЖЕНИИ А (для специальностей с кодами 08.02.02, 13.02.04, 23.02.04). Помимо требований стандартов, формирование умения решать задачи имеет и разнообразные дидактические цели. Действительно, решение задач является хорошей практикой применения полученных знаний. Через решение задач чаще всего происходит контроль знаний в точных, естественных и технических дисциплинах. В физике широко распространена точка зрения, наиболее ярко выражаемая высказыванием, которое приписывают Э. Ферми: «Человек знает физику, если он умеет решать задачи». В предисловии к своему, широко известному курсу лекций по физике, Ричард Фейнман анализируя опыт чтения этих лекций и вспоминая о студентах, которые не освоили курс в полном объеме, задается вопросом: «Как все-таки помочь студентам?». И сам же отвечает на него: «Может быть, надо больше поработать над составлением комплекса задач ... Задачи дадут хорошую возможность расширить лекционный материал и помогут сделать идеи лекций более осязаемыми и полными, лучше уложить их в голову» [153, стр. 15]. Приведенные высказывания подтверждают чрезвычайную значимость формирования и развития у обучаемых умения решать расчетные задачи на всех уровнях образования.

Однако, анализ результатов единого государственного экзамена по дисциплинам, в которых решение расчетных задач традиционно считается одним из основных видов деятельности, показывает их низкий уровень. Средние результаты ЕГЭ по физике, математике, информатике, биологии и химии за последние три года остаются на уровне 50-60 %. И это несмотря на то, что данные предметы являются необязательными, их выбирают мотивированные учащиеся, нацеливающиеся на естественно-научные направления будущей профессии. Естественно было бы ожидать противное – результаты экзаменов должны быть высокими. Обозначенная проблема характерна не только для среднего общего образования. На уровне основного общего образования ситуация с умениями решать задачи складывается также не лучшим образом.

Успешное формирование умения решать расчетные задачи у обучаемых ожидается при полноценном методическом обеспечении учебного процесса. Традиционно средствами такого обеспечения являлись печатные пособия: учебники, сборники задач, решебники, методические пособия и т. п. Сегодня наблюдается избыток различного рода цифровых ресурсов, как представляющих off-line приложения, так и доступных в режиме on-line в сети internet. В частности, на примере физики, имеющиеся информационные ресурсы представляют собой:

- тесты [89, 146];
- оцифрованные задачки [83];
- виртуальные среды моделирования эксперимента и анимации [59, 176, 177];
- приложения-справочники [23, 154, 142, 155].

Лишь в последнее время стали появляться немногие цифровые ресурсы, посвященные автоматизированным методикам обучения решению задач.

Наблюдающийся дефицит прикладных разработок в этом направлении сдерживает развитие современных и весьма перспективных научных идей:

- когнитивной психологии (Дж. Андерсон, У. Найссер, Э. Толмен,) – понятие схема для объяснения механизмов восприятия и мышления;

- ментальной дидактики (Н.И. Пак) – концептуальная модель ментальной схемы;
- кибернетики (Н. Виннер, У. Росс Эшби) – моделям черный и белый ящик.

Пробел в этом направлении информатизации образования предположительно связан с тем, что разработка полноценного приложения – тренажера по формированию умения решать расчетные задачи представляется сложной в силу ряда причин. Главная из них – трудная формализация процесса решения задачи. Также сложно поддается формализации *умение человека решать задачи*, что чрезвычайно важно для понимания сущности и структуры этого умения, дальнейшего его формирования и развития. Как известно, любое знание выражается в языке или в какой-либо другой знаковой форме [71]. Понимание умения решать задачи только в общем смысле, как умение вообще, т.е. готовность сознательно выполнять практические действия на основе полученных знаний, обедняет рассмотрение тем, что ограничивается на внешних проявлениях этого качества. Такой подход затрудняет анализ данного умения и ориентирует его изучение через определение степени его выраженности. При этом не учитывается многокомпонентность умения решать задачи, его внутренняя сложность и системность. Так, сравнительно легко определить на каком уровне развития находится умение решать задачи у конкретного обучающегося через указание задач, которые он способен/неспособен решить. Для выявления же причин этого необходим подробный экспертный анализ артефактов, оставленных обучающимся (как правило записей на бумажном носителе). При этом происходит приближение к границе знания, поскольку экспертный анализ трудноформализуем. Вышесказанное указывает на важность и необходимость исследований по поиску способов формализации умения решать расчетные задачи.

Современная структура социальных отношений, возрастающие потребности личности и динамичный прогресс требуют от каждого человека высокой самостоятельности, автономности, развития собственного Я. Под *самостоятельностью* часто понимают обобщенное свойство личности,

проявляющееся в инициативности, критичности, адекватной самооценке и чувстве личной ответственности за свою деятельность и поведение [48, 2]. Основные современные нормативные документы в сфере образования содержат прямое указание на необходимость формирования у обучающихся, выпускников и будущих специалистов умений и навыков самостоятельной деятельности, в том числе и в плане самообразования. Самостоятельность не относится к какому-либо предмету и имеет универсальный характер личностного качества, поэтому она отражена в требованиях к личностным и метапредметным результатам освоения программ различных уровней образования.

Впервые самостоятельность в требованиях к результатам обучения встречается на уровне начального общего образования; так ФГОС НОО (фрагменты стандарта в ПРИЛОЖЕНИИ А) содержит личностный результат № 6, требующий «развития самостоятельности и личной ответственности за свои поступки ...». Там же указывается метапредметный результат освоения основной образовательной программы начального образования № 4, требующий «формирования умения понимать причины успеха/неуспеха учебной деятельности и способности конструктивно действовать даже в ситуациях неуспеха» [124].

На следующем уровне – основном общем образовании (фрагменты стандарта в ПРИЛОЖЕНИИ А) личностные и метапредметные результаты значительно чаще формулируются через требование к самостоятельности. Личностные результаты № 2 и № 6 и сразу пять первых метапредметных результатов формулируются, либо явно с учетом требования к самостоятельности, либо неявно, но однозначно требуют от обучающихся проявления самостоятельности в своей деятельности [127]. ФГОС среднего общего образования (фрагменты стандарта в ПРИЛОЖЕНИИ А) содержит описание одного личностного результата (личностный результат № 5) и сразу двух метапредметных результатов (метапредметные результаты № 1 и № 7), отражающих необходимость навыков и умений, направленных на самостоятельность в различных контекстах [125].

На уровне среднего профессионального образования тема самостоятельности продолжается в направлении профессионального развития. Федеральные

государственные образовательные стандарты среднего профессионального образования различных специальностей (в варианте от 2018 года) включают общую компетенцию (ОК 03) в одинаковой формулировке: «Выпускник, освоивший образовательную программу, должен ... планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие». В стандартах СПО профессий (в документах от 2013-2016 годов), содержится общая компетенция (ОК 2): «Выпускник, освоивший ППКРС, должен обладать общими компетенциями, включающими в себя способность ... организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов ее достижения, определенных руководителем» [126, 123]. Во-втором случае директивной является постановка цели и способы ее достижения (это, очевидно, диктуется конкретной производственной ситуацией), а также подразумевается руководство над исполнителем – рабочим. Самостоятельность же в этом случае требуется проявить в организации собственной деятельности при достижении цели. Подобные версии ФГОС СПО изданы достаточно давно, но на сегодняшний день они еще актуальны, поэтому их требования необходимо выполнять. Можно ожидать, что в ближайшем будущем эти версии стандартов будут обновлены и роль самостоятельности в них будет усилена. Дальнейшее развитие этого качества продолжается и на уровне высшего профессионального образования. Высокое развитие самостоятельности является фундаментом для развития умения работы в режиме высокой неопределенности и быстрой смены условий задач, умения быстро принимать решения, реагировать на изменение условий работы, умения распределять ресурсы и управлять своим временем. Последние перечисленные умения являются приоритетными для специалистов будущего и входят в набор необходимых умений для многочисленных профессий представленных в Атласе новых профессий [14]. Проведенный анализ нормативной базы выявляет высокую важность самостоятельности, как качества личности, и ее необходимость для становления полноценного члена общества.

Умение решать задачи является сугубо индивидуальным, и самостоятельность при его формировании является ключевым фактором

успешности обучения. Поэтому обучение решению задач не представляется возможным без организации самостоятельной работы по решению задач. В свою очередь, первостепенная роль самостоятельной работы создает дополнительную нагрузку на преподавателя, как организатора учебного процесса в группе обучающихся. Это связано главным образом с индивидуализированным характером самостоятельной работы. Процесс обучения решению задач, в конечном счете, складывается из многочисленных итераций – попыток решения, проверок, коррекции. Число таких итераций для конкретного обучающегося зависит от начального уровня, способностей, мотивации и других факторов, уровень которых оказывается разным для каждого индивидуума. Такой персонифицированный характер самостоятельной работы влечет за собой необходимость также персонифицированной диагностики ее результатов. Эти соображения конфликтуют с распространенной классно-урочной системой обучения, которая базируется на общепринятой, экономически обоснованной установке – один учитель должен обучать множество учеников. В современном состоянии этот тезис воплощается в учебный процесс, при котором на одного педагога одновременно приходится до 30 обучающихся. В таких условиях организовать персонифицированную самостоятельную работу и, тем более, персонифицированную диагностику ее результатов представляется чрезвычайно сложной задачей. Естественным разрешением данной проблемной ситуации может быть автоматизация наиболее трудоемких операций.

В настоящее время автоматизация диагностики результатов обучения представляется возможной, например, с помощью систем тестового контроля, адаптивного контроля, модульно-рейтинговых технологий, электронных портфолио. Данные направления перспективны для автоматизации, однако применить их к организации персонифицированной самостоятельной работы при формировании умения решать расчетные задачи едва ли возможны в силу сложности и многокомпонентности рассматриваемого умения.

Проведенный анализ нормативных документов и существующих ресурсов позволяет выделить следующие **противоречия**:

на социально-педагогическом уровне:

– между потребностью современного информационного общества в специалистах среднего звена, способных самостоятельно приобретать знания и умения в своей профессиональной области, в том числе и умения решать расчетные задачи, и недостаточным информационно-методическим обеспечением этого процесса;

на научно-педагогическом уровне:

– между потенциальными возможностями формализации умения решать расчетные задачи с позиций когнитивного подхода и недостаточной разработанностью соответствующих прикладных моделей и методов;

на научно-методическом уровне:

– между большими перспективами применения цифровых технологий к автоматизации процесса организации персонифицированной самостоятельной работы студентов по решению расчетных задач и недостаточной разработанностью существующих средств обучения и методики их применения.

Необходимость разрешения выявленных противоречий обуславливает актуальность исследования и определяет его **проблему**: каким образом автоматизировать процесс организации персонифицированной самостоятельной работы студентов по решению задач?

Объектом исследования является: информатизация процесса обучения студентов решению задач.

Предмет исследования: автоматизация процесса организации персонифицированной самостоятельной работы студентов в системе среднего профессионального образования по решению задач (на примере физических задач).

Цель работы заключается в теоретическом обосновании возможности автоматизации процесса организации персонифицированной самостоятельной работы студентов технического профиля СПО по решению задач и разработке автоматизированной интерактивной программной среды, обеспечивающей

результативность формирования их умения решать расчетные задачи (на примере физических задач), на основе структурно-ментальных схем и контроля и обучения по модели «белый ящик».

Согласно проблеме, объекту, предмету и цели исследования была выдвинута **гипотеза**: автоматизация процесса организации персонифицированной самостоятельной работы студентов технического профиля СПО будет результативно обеспечена, если использовать интерактивную программную среду, в которой:

– формализация процесса обучения студентов решению задач осуществляется с помощью предметных структурно-ментальных схем, а обучение и контроль этого умения реализуется на основе модели «белый ящик»;

– адаптивность подбора заданий по сложности обеспечивается за счет рейтинга А. Эло;

– внутренняя мотивация студентов к самостоятельной работе по решению расчетных задач формируется с помощью игровых механик и учета забывания по кусочно-линейной модели.

Для достижения обозначенной цели и подтверждения гипотезы были поставлены следующие **задачи**:

1. Провести анализ трудностей организации персонифицированной самостоятельной работы студентов решению расчетных задач, раскрыть сущность контроля по модели «черный ящик» и обосновать возникающие при ее использовании проблемы.
2. Раскрыть сущность контроля, основанного на использовании модели «белый ящик». Описать основные принципы применения этой модели.
3. Провести формализацию умения решать расчетные задачи с позиций когнитивного подхода на основе структурно-ментальных схем.
4. Разработать комплект предметных структурно-ментальных схем, формализующих умение решать расчетные задачи на примере физических задач.
5. Разработать интерактивную программную среду, позволяющую

автоматизировать процесс организации персонифицированной самостоятельной работы студентов по решению расчетных задач и описать методику ее использования.

6. Провести оценку результативности использования разработанной интерактивной программной среды, автоматизирующей процесс организации персонифицированной самостоятельной работы студентов по решению расчетных задач (на примере физических задач).

В процессе исследования были использованы следующие **методы**:

- изучение и анализ научной, методической и психолого-педагогической литературы по проблеме исследования и смежным областям;
- анализ федеральных государственных образовательных стандартов среднего общего и среднего профессионального образования различных технических специальностей и профессий;
- эмпирические методы: тестирование, наблюдение, педагогический эксперимент;
- непараметрические методы статистической обработки экспериментальных данных: сравнение зависимых выборок (Т-критерий Уилкоксона); сравнение независимых выборок (U-критерий Манна-Уитни);
- вспомогательные методы компьютерной обработки данных: оформление данных в виде таблиц, диаграмм, графиков.

Теоретико-методологической основой исследования являются:

– системно-деятельностный подход и теория развивающего обучения (Л.С. Выгодский, В.В. Давыдов, Л.В. Занков, А.Н. Леонтьев, Д.Б. Эльконин и др.), обосновавшие эффективность активных методов обучения, которые соответствуют задаче формирования у обучаемых умения решать задачи;

– задачный подход в обучении и частнопредметные методики преподавания (Г.А. Балл, С.Е. Каменецкий, Ю.М. Колягин, В.П. Орехов, Дж. Пойа, В.И. Полещук, Л.М. Фридман, А.В. Усова и др.), позволившие обосновать

необходимость формирования умения решать задачи, развития интеллектуальной сферы сознания;

– исследования в области информатизации образования (Е.З. Власова, С.Г. Григорьев, В.В. Гриншкун, И.Г. Захарова, С.Д. Каракозов, М.В. Лапенко, М.П. Лапчик, Н.И. Пак, С.А. Панюкова, И.В. Роберт, О.Г. Смолянинова, С.Р. Удалов и др.), способствующие определению места проводимого исследования в системе педагогических наук;

– исследования в области когнитивной психологии и когнитивного подхода в образовании (Дж. Андерсон, Б.М. Величковский, В.Н. Дружинин, У. Найссер, Л.С. Рубинштейн, Р. Солсо, Г. Эббингауз, и др.), способствовавшие разработке модели обучающегося;

Научная новизна исследования заключается в том, что:

- Предложена научная идея возможности автоматизации процесса организации персонифицированной самостоятельной работы студентов системы среднего профессионального образования технических специальностей по решению расчетных задач, за счет формализации данного умения с помощью структурно-ментальных схем и организации контроля по модели «белый ящик».
- Разработан прототип интерактивной программной среды, автоматизирующей организацию персонифицированной самостоятельной работы студентов при формировании умения решать расчетные задачи.
- Доказательно апробирована в реальном учебном процессе системы среднего профессионального образования созданная авторская интерактивная программная среда MSBX.RU, обеспечивающая автоматизацию процесса организации персонифицированной самостоятельной работы студентов и способствующая повышению их уровня умения решать расчетные задачи (на примере физических задач).

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что:

- выявлены и обоснованы объективные причины трудностей контроля умения решать задачи по модели «черный ящик»;

- доказана возможность формализации умения решать расчетные задачи с позиций когнитивного подхода на основе предметных структурно-ментальных схем, построенных с помощью вычислительных примитивов.
- предложены: подход к организации контроля умения решать расчетные задачи по модели «белый ящик»; способ построения предметных структурно-ментальных схем на основе вычислительных примитивов; способ повышения мотивации студентов к самостоятельной работе по решению расчетных задач на основе набора игровых механик и учета забывания по кусочно-линейной модели.

Практическая значимость исследования:

1. Разработан комплект предметных структурно-ментальных схем, позволяющих формализовать умение решать расчетные задачи по некоторым разделам элементарного курса физики;
2. Разработан прототип интерактивной автоматизированной программной среды MSBX.RU, позволяющий автоматизировать процесс организации персонифицированной самостоятельной работы студентов по решению расчетных задач;
3. Разработана методика использования интерактивной автоматизированной программной среды MSBX.RU для организации персонифицированной самостоятельной работы по решению расчетных задач для студентов системы среднего профессионального образования.

Апробация и внедрение результатов. Экспериментальной базой исследования выступил КГБПОУ «Дивногорский гидроэнергетический техникум имени А.Е. Бочкина», в учебном процессе которого была использована автоматизированная интерактивная программная среда MSBX.RU.

Результаты исследования обсуждались и докладывались на II Международной научной конференции «Информатизация образования и методика электронного обучения» (Красноярск 2018): доклад «Автоматизация процесса

обучения решению вычислительных задач с позиций когнитивного подхода», XVIII Международной конференции по науке и технологиям Россия-Корея-СНГ (Москва 2018): статья «Модель искусственного учителя на основе ментального подхода», XIX Международном научно-практическом форуме студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и наука XXI века» (Красноярск 2018): доклад «Моделирование ментальных схем умения решать вычислительные задачи на примере физических задач», IX Международной научно-практической конференции «Наука, образование, общество: тенденции и перспективы развития» (Чебоксары 2018): статья «Динамическая параметризация тестовых заданий», Международной конференции «Достижения науки в 2017» (Киев 2017): статья «Применение линейной функции для описания забывания в условиях частого повторения».

Основные этапы исследования. Исследование началось в 2012-м году.

Первый этап (2012-2016 гг) – поисковый. Посвящен поиску научной проблемы. В ходе этого этапа была изучена ситуация, складывающаяся в области информатизации образования при автоматизации обучения решению задач. Были обнаружены противоречия на социально-педагогическом, научно-педагогическом и научно-методическом уровнях. Была сформулирована проблема и составлен план исследования.

Второй этап (2016-2017 гг) – пропедевтический. В ходе этого этапа была изучена научная литература по проблеме исследования, разработан подход к формализации умения решать расчетные задачи с позиций когнитивного подхода, разработаны вычислительные примитивы и предметная структурно-ментальная схема по теме «скорость», разработан концепт интерактивной автоматизированной программной среды MSBX.RU, проведено ее первичное тестирование и выделены направления по ее доработке.

Третий этап (2017-2018 гг) – конструктивный. Была доработана интерактивная автоматизированная программная среда MSBX.RU с учетом выявленных недочетов, расширена база новыми темами: «плотность», «давление», «работа и мощность», «энергия». Реализована возможность просмотра верного

решения задачи в виде схемы, а также проведены некоторые доработки, касающиеся графического интерфейса программы. Результатом данного этапа стала разработка рабочего прототипа интерактивной программной среды.

Четвертый этап (2018-2019 гг) – экспериментальный. Был проведен первый педагогический эксперимент (без контрольной группы), показавший результативность разработанной интерактивной программной среды.

Пятый этап (2019-2020 гг) – контрольно-экспериментальный. На данном этапе был проведен второй педагогический эксперимент (с контрольной группой), показавший преимущества самостоятельной работы студентов в условиях использования разработанной интерактивной автоматизированной программной среды по сравнению с традиционным способом (без применения среды). Были сформулированы основные результаты исследования, основные положения, выносимые на защиту, а также оформлена диссертация.

Достоверность результатов диссертационного исследования обеспечивается: теоретико-методологическими основами исследования; опорой на современные научные достижения в области педагогики и когнитивной психологии; анализом отечественной и зарубежной научной литературы; публикаций по теме исследования, а также смежным областям; соответствием используемых эмпирических и теоретических методов исследования поставленным целям и задачам; апробацией разработанной интерактивной программной среды в условиях реального учебного процесса; статистической обработкой результатов проведенных педагогических экспериментов.

На защиту выносятся следующие **положения**:

1. Структурно-ментальные схемы предметной области, построенные с помощью вычислительных примитивов, позволяют формализовать умение решать расчетные задачи.

2. Автоматизация процесса организации персонифицированной самостоятельной работы студентов по решению расчетных задач принципиально возможна при использовании:

- рейтинга А. Эло для обеспечения адаптивности системы;

- игровых механик для обеспечения мотивации обучающихся;
- кусочно-линейной модели забывания для динамической во времени оценки уровня сформированности рассматриваемого умения;
- модели «белый ящик» для организации контроля.

3. Разработанная по предложенному подходу автоматизированная интерактивная программная среда (MSBX.RU) обеспечивает результативность самостоятельной работы студентов по решению расчетных задач (на примере физических задач).

Диссертация состоит из введения, двух глав, заключения, списка литературы, приложений. Текст диссертации содержит 51 рисунок, 5 приложений.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ УМЕНИЯ РЕШАТЬ РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАЧИ

§ 1.1. Анализ трудностей организации персонифицированной самостоятельной работы студентов по решению расчетных задач по модели «черный ящик»

1.1.1. Актуальность автоматизации процесса организации персонифицированной самостоятельной работы

Не вызывает сомнений важность умения решать задачи вообще и расчетные задачи в частности. Однако, уровень этого умения у современных выпускников общеобразовательных школ является низким. Динамика средних результатов ЕГЭ по физике, математике, информатике, биологии и химии за последние три года [143] представленная на рис. 1 убедительно это доказывает.

Предмет\год	2017	2018	2019
Физика	53,2	53,2	54,4
Математика (профиль)	47,1	49,8	56,5
Информатика	59,2	58,4	62,4
Биология	52,6	51,7	52,2
Химия	55,2	55,1	56,7

Рис. 1. Динамика результатов сдачи ЕГЭ по предметам, в которых широко распространены расчетные задачи

Не смотря на некоторый рост, средний балл остается на уровне 50-60 %. Такие результаты следует признать низкими, поскольку экзамены по данным учебным предметам выбираются обучающимися добровольно, согласно собственным склонностям, успехам, интересам и с уклоном на будущую профессию. Поэтому ожидаемо то, что результаты должны быть значительно более высокими. Для сравнения средние результаты ЕГЭ по иностранным языкам (английский, немецкий, французский, испанский) превосходят в среднем за последние 3 года 72 %. Однако, такого уровня не наблюдается по учебным предметам, требующих умений решать расчетные задачи. Эти результаты

подтверждают низкий базовый уровень (базовый для следующих ступеней образования) рассматриваемого умения. Таким образом, проблема формирования умения решать расчетные задачи является актуальной.

В свою очередь, умение решать задачи формируется в большей степени при самостоятельной работе. Важность самостоятельной работы при обучении решению задач отмечается многими авторами, практически безотносительно к предметной области, к которой относятся задачи [95, 69, 135, 98, 72]. Наиболее же разработанной среди различных дисциплин проблема обучения решению задач оказывается в методике преподавания физики. Это подтверждается соответствующими монографиями [19, 70, 74, 151, 84], многочисленными научными публикациями методической направленности [78, 86, 160, 24, 156, 78] и диссертациями [5, 76, 55, 103]. Наилучшим же образом место самостоятельной работы при обучении решению задач определено в классификации методов обучения предложенной А.В. Усовой. Согласно этой классификации, выделяется три принципиально различных способа взаимодействия учителя и ученика в процессе обучения решению задач: традиционный, полусамостоятельный и алгоритмический, см. [151, стр. 47] и [152, стр. 80]. Без сомнения, данную классификацию можно перенести на любую другую естественнонаучную, точную или техническую дисциплину, в которой имеет место быть решение задач, как вид учебной и практической деятельности. Во всех этих способах присутствует этап внеаудиторной самостоятельной работы по решению задач. Обучение решению задач, при котором самостоятельная работа отсутствует – не представляется возможным. Таким образом, самостоятельная работа играет чрезвычайно важную роль при формировании рассматриваемого умения по любой дисциплине. Умение решать расчетные задачи является весьма многокомпонентным. Так, для успешного решения расчетной задачи необходимы многие смежные качества. Во-первых, уверенное владение необходимыми понятиями и законами предметной области, по которой составлена задача. Во-вторых, для решения практически любой расчетной задачи необходимы некоторые математические навыки и умения (умение безошибочно проводить вычисления, умение выполнять алгебраические

преобразования, умение решать уравнения и их системы). В-третьих, для решения некоторых задач по естественнонаучным дисциплинам необходимы знания системы единиц измерения и умения преобразовывать внесистемные единицы в общепринятые. Эта многогранность умения решать задачи делает его метапредметным, междисциплинарным. Кроме этого, оно формируется только в процессе самостоятельной деятельности, в практике – при многократных попытках решать задачи. Это в свою очередь приводит к повышению роли личностного опыта обучающегося.

Такие специфические особенности (необходимость самостоятельной работы, метапредметность, высокое значение опыта) выделяют умение решать расчетные задачи в особую категорию умений, в которых чрезвычайно важен подход к обучению, ориентированный на личность, на индивидуальные предпочтения и возможности обучающегося, на индивидуальную траекторию обучения. В современной педагогике существуют три термина отражающие такой личностный характер обучения, это: дифференциация, индивидуализация и персонификация обучения [167]. Различия между этими понятиями существенные с точки зрения действующего субъекта. Если при дифференциации и индивидуализации ведущая роль отводится педагогу, то персонификация характеризуется в первую очередь активной, вовлеченной деятельностью ученика, и ставит его в центр образовательного процесса [184]. Поэтому важнейшим свойством самостоятельной работы при обучении решению задач следует признать ее персонифицированность. Несмотря на то, что эти соображения относительно характера самостоятельной работы просты и, в некоторой степени, могут показаться очевидными, организация персонифицированной самостоятельной работы составляет актуальную дидактическую проблему и сталкивается с определенными трудностями.

Класно-урочная система, как доминирующая сегодня модель организации обучения была разработана и введена в практику в XVII в. Я. А. Коменским [82]. Основным ее предназначением тогда было сделать образование массовым, посредством замены индивидуального и семейного обучения – групповым. Таким образом, эта система существует в дидактике уже более трех веков, эта

консервативность обусловлена в первую очередь тем, что классно-урочная система экономически выгодна. Современные тренды в образовании направлены прямо в противоположном направлении и резко конфликтуют с самой сущностью традиционных устоев. Это подтверждается современными исследованиями в области информатизации образования, в которых акцент делается преимущественно на компьютерные, цифровые средства обучения, электронное обучение [91], дистанционные и веб-технологии [72], использование систем управления обучением (LMS) [139], [140]. Во всех этих и смежных направлениях делается акцент на персонификацию обучения, на то, чтобы сделать обучающегося активным деятелем в образовательном процессе своего обучения.

Организация же персонифицированной самостоятельной работы в любой области влечет за собой необходимость проведения, также персонифицированного контроля. При возрастании количества учеников, приходящихся на одного педагога, персонификация обучения становится практически невозможной, ввиду ограниченности времени и сил преподавателя. Технологии подсказывают путь к разрешению данного противоречия, заключающийся в автоматизации наиболее трудоемких операций, прежде выполняемых преподавателем вручную. К таким операциям при обучении решению задач в первую очередь относятся: подбор задач для решения, проверка решения, оценка умения решать задачи, учет индивидуального опыта обучающегося (индивидуальной траектории обучения) и др. Перечисленные операции составляют сущность контроля. Важными направлениями в этой области являются: автоматизация диагностики [32], и распознавания алгоритма решения [31]. Таким образом, очевидна необходимость автоматизации всестороннего контроля результатов обучения.

Автоматизировать, в свою очередь, возможно только те объекты и процессы, для которых можно построить формальную и сравнительно простую модель. Моделирование как метод познания объективной реальности широко применяется как в технических и естественных науках, так и в педагогике [60, стр. 36-37]. Под *моделированием* понимают метод исследования объектов по их *моделям* [159, стр. 338]. Необходимость использования моделей, замещающих реальные

объекты, диктуется рядом объективных причин. Обычно моделирование применяют для исследования либо очень сложных объектов, либо объектов, непосредственное изучение которых невозможно или экономически нецелесообразно. В данном случае, когда речь идет об автоматизации процесса контроля, для достижения возможности автоматизации процесса организации персонифицированной самостоятельной работы по решению расчетных задач, чрезвычайно важно иметь формальную модель обучающегося, в которой, необходимо каким-то образом отразить его знания и умения.

1.1.2. Применение модели «черный ящик»

При подготовке данного раздела использовались авторские идеи, опубликованные в работе [10].

Среди множества различных моделей, наряду с узко специализированными существуют общенаучные модели, которые могут применяться в различных науках. Одной из таких универсальных моделей является модель «черный ящик». Под *черным ящиком* (ЧЯ) обычно понимают объект, внутреннее устройство которого либо недоступно для изучения, либо слишком сложно для того, чтобы по свойствам его составных частей и характеру связей между ними можно было сделать заключение о поведении объекта и его свойствах [27, том 29, стр. 107]. Модель ЧЯ может применяться как к техническим объектам, так и к людям. Далее будет показано, что модель ЧЯ лежит в основе многих существующих методов контроля, в которых обучающийся считается объектом, подлежащим изучению. При этом пренебрегается всеми «характеристиками» обучающегося кроме его знаний, умений и навыков в области по которой проводится контроль. Поэтому необходимо кратко описать эту модель. Изложим основные категории и положения теории ЧЯ по У. Росс Эшби [166] с позиций кибернетики.

При исследовании объекта, который представляется как ЧЯ, внешнему наблюдателю доступны только набор значений некоторых параметров: уровень воздействий, оказываемых на ЧЯ, и уровень откликов которые показывает ЧЯ в ответ на воздействия. Внутреннее же устройство и процессы, обеспечивающие

работу объекта неизвестны [165]. Под входом ЧЯ понимают способ, которым на него оказывается воздействие, выходом ЧЯ называют способ, которым регистрируется отклик. В том случае, когда при воздействии происходит передача некоторой информации, этот процесс называют входным сигналом (на рис. 2 обозначены α_n), если же отклик, заключается в получении информации от объекта, его называют выходным сигналом (на рис. 2 обозначены β_n). Числа, выражающие интенсивность входных и выходных сигналов, называют входными и выходными величинами соответственно.



Рис. 2. Модель «черный ящик». α_n – входной сигналы, β_n – выходные сигналы, \mathcal{Z} – характеристика ЧЯ (его устройство, алгоритм поведения)

Если при определенных условиях свойства объекта могут быть однозначно идентифицированы при повторном появлении, их называют состоянием ЧЯ. Отсутствие возможности теоретически вывести зависимость между входными и выходными переменными является, в данном случае, неотъемлемым свойством модели. Единственным способом доступным для исследователя, изучающего ЧЯ, является анализ откликов и состояний при известных входных воздействиях. Только эта информация может быть использована для получения представления об устройстве ЧЯ.

Исследование ЧЯ ведется посредством составления протокола — таблицы, в которой сводятся входные и выходные сигналы и моменты их наблюдения см. рис. 3.

Время	Входной сигнал (α_n)	Выходной сигнал (β_n)
...

Рис. 3. Протокол исследования чёрного ящика

Составление и перекодировка такого протокола – единственный способ исследования ЧЯ. Одно из положений теории ЧЯ гласит: «все, что можно узнать о свойствах ЧЯ, можно узнать путем перекодирования протокола» [166, стр. 131]. При этом алгоритм подачи входных сигналов не постулируется, и любая последовательность входных сигналов в качественном смысле оказывается не лучше белого шума, поскольку в нем могут встретиться всевозможные уровни входных сигналов с равной вероятностью, которая, для конкретного значения, возрастает с увеличением продолжительности наблюдения.

В общем случае ЧЯ выполняет преобразование некоторого операнда (входного сигнала) в соответствующий ему образ (выходной сигнал). Когда преобразование не порождает новых элементов (т.е. когда образы и операнды принадлежат одному множеству), оно называется замкнутым. Однозначным называют преобразование, которое превращает один операнд в один образ. Причем, строго всегда один и тот же операнд превращается в один и тот же образ. Если ЧЯ соответствует некоторому замкнутому и однозначному преобразованию, то его называют детерминированным. Таковыми являются сравнительно простые системы, для которых возможно составить диаграмму состояний или по Эшби – кинематический график. Такая диаграмма является полным описанием ЧЯ. Если ЧЯ не детерминирован, что является общей и более реальной ситуацией, то исследовать его возможно в двух различных направлениях [166, стр. 133], см. рис. 4. Во-первых, принять во внимание большее количество входных и выходных величин (т.е. увеличить число входов и выходов), в надежде получить детерминированную систему. Во-вторых, предпринять попытку обнаружить статистическую детерминированность.

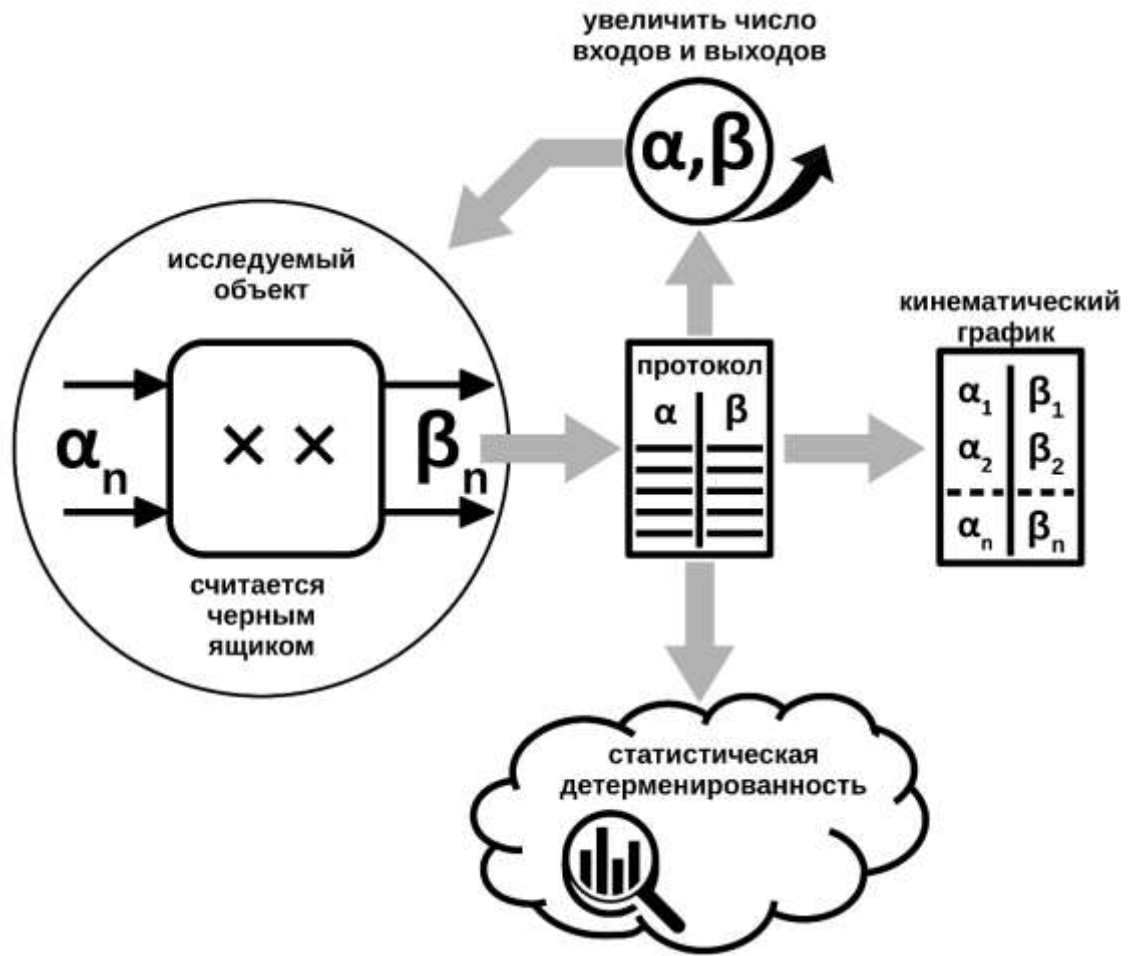


Рис. 4. Исследование с использованием модели «черный ящик»
(α – входные сигналы, β – выходные сигналы)

Как оказывается, модель ЧЯ широко применяется при контроле образовательных результатов. В этом случае сам обучающийся заменяется моделью – черным ящиком. Под контролем вслед за А.В. Хуторским будем понимать выявление, измерение и оценку знаний, умений и навыков ученика [161, стр. 456]. Согласно информационному подходу к обучению, развитому в [107] ученик воспроизводит некоторый процесс получения, обработки и передачи информации. Воздействия на ЧЯ в данном случае осуществляются, или с использованием текстовых/графических контрольно-измерительных материалов различного рода, или посредством устных вопросов (т.е. задействуются чаще всего, или визуальный, или аудиальный канал восприятия), все это составляет суть входных сигналов. Знания, умения и навыки, усвоенные учеником, в данном

контексте являются устройством ЧЯ. Результат обработки входного сигнала составляет выходной сигнал – результат выполнения задания или ответ на вопрос. Экзаменатор (преподаватель или автоматизированная система контроля) относительно ЧЯ является исследователем.

В дидактике применение модели ЧЯ относится к контролю образовательных результатов: во-первых, по продолжительному периоду обучения (периодическому или итоговому) или по большому объёму учебного материала, во-вторых, к предварительному контролю, когда о будущих обучающихся еще ничего неизвестно. Реже эта модель используется при повторном и текущем контроле. Связь ЧЯ с методами контроля знаний может показаться неочевидной, вероятно, поэтому данная тема практически не освещена в работах педагогической и методической тематики. Для обоснования данной точки зрения рассмотрим некоторые общие особенности методов контроля образовательных результатов подтверждающие их тесную связь с моделью ЧЯ.

Любой метод контроля организуется так, что на испытуемого оказывается некоторое воздействие (т.е. предъявляется контрольное задание) и, спустя определенное время, отведенное на выполнение задания, от него ожидается отклик (т.е. ответ на задание). Подобным же образом происходит исследование ЧЯ. Контроль знаний, как правило, обучающиеся начинают в одинаковых условиях и одновременно. Часто используются компьютерные тестирующие программы для ускорения получения результатов. Перед машиной все испытуемые обезличиваются. Вся информация об испытуемом, накопленная в процессе обучения, отбрасывается, т.е. в процессе тестирования считается, что о знаниях, умениях и навыках ученика ничего не известно. Таким образом, испытуемый перед началом контроля объявляется «черным ящиком».

Еще одним подтверждением применения модели ЧЯ при контроле образовательных результатов является то, что в дидактике большое внимание уделяется нормам формирования входного сигнала. Обычно, для тестирования используются параллельные тесты, а при устном экзамене одинаковый для всех экзаменуемых набор экзаменационных билетов, в контрольной работе применяют

очень близкие варианты заданий. Это считается нормой, поскольку обеспечивает процедурную объективность контроля [65, стр. 50-51]. Одним из основных показателей качества контрольно-измерительных материалов, является наличие широкого спектра заданий различной сложности. Таким способом, обеспечивается их дифференцирующая способность. Подобные приемы направлены на то, чтобы улучшить входной сигнал по сравнению с белым шумом, они позволяют получить количественное улучшение. Входной сигнал становится сравнительно одинаковым для всех испытуемых и гарантированно разнообразным, однако качественных изменений подобные манипуляции с входным сигналом не приносят.

Результаты выполнения контрольных заданий организуются в виде пар вопрос-ответ или задание-результат и др., т.е. явно или неявно составляют протокол исследования. Анализ такого протокола экспертом-исследователем или машиной дает оценку уровня подготовленности обучающегося, т.е. формирует суждение о устройстве/поведении ЧЯ. В этом отношении процесс контроля образовательных результатов представляет собой исследование ЧЯ.

Рассмотрим применение данной модели в различных, весьма распространенных методах контроля.

При устном опросе входной сигнал представляет собой вопрос, который исследователь-экзаменатор задает испытуемому. Выходным сигналом является устный ответ. Исследователь оценивает время, затраченное на обдумывание каждого ответа испытуемого и его правильность. Протокол исследования тут обычно составляется в памяти экзаменатора, реже фиксируется в виде записей. После завершения опроса и составления протокола, исследователь перекодирует его, оценивая уровень подготовленности испытуемого. Таким образом, формируется экспертное суждение об устройстве ЧЯ. Традиционный устный экзамен по существу является также устным опросом (одного испытуемого). Поскольку устный экзамен применяется достаточно часто – устный опрос является одним из самых распространенных методов контроля.

Классическая письменная контрольная работа, чаще применяется при контроле знаний в точных дисциплинах. В этом случае контрольная работа,

обычно, заключается в решении набора задач по определенной теме. В задачах же ученик должен, оперируя известными значениями некоторых величин из определённой предметной области, вычислить значение неизвестной величины. Известные значения, в совокупности с текстом задачи составляют входной сигнал. Выходным сигналом является решение, которое испытуемый приводит в развернутом виде, и конечный ответ – значение искомой величины. Самый простой случай, когда в задаче проверяется только результат решения (ответ), эквивалентен тому, что у ЧЯ имеется только один выход. Обычно в письменной контрольной работе проверяется ход решения задачи. В ходе же решения выделяют ряд последовательных этапов, в которых возможно зафиксировать вполне определённый промежуточный результат, эти промежуточные результаты составляют множество выходных сигналов. В работе [12] разработана принципиальная схема решения учебной расчётной задачи по физике с выделением большинства возможных промежуточных этапов. В том случае, когда проводится анализ хода решения, так же к выходным сигналам причисляется способ решения, который использует испытуемый. Полностью автоматизировать проверку письменной контрольной работы сегодня не представляется возможным. Эта задача является многокомпонентной и чрезвычайно сложной, ввиду необходимости формализовать ход решения задачи, после чего распознать его по письменной работе испытуемого. Это, последнее, непременно приводит к задаче распознавания рукописного текста, причем не однородного текста, а целостной схемы решения, в которой могут встретиться специальные символы, промежуточные чертежи, схемы, графики. Практически, это эквивалентно ходу мысли испытуемого. Такая постановка задачи существенно выходит за рамки дидактики и переходит в область искусственного интеллекта. По этой причине перекодировку протокола при письменной контрольной работе производит эксперт, анализируя записи обучающегося и выделяя пройденные им этапы решения.

В подобных, классических, методах контроля основу перекодировки составляет субъективное экспертное восприятие. Поэтому, при их использовании

не представляется возможным однозначно установить алгоритм перекодировки. Это является причиной того, что методы контроля, основанные на экспертной оценке, считаются необъективными [22, стр. 57].

Классическая теория тестов позволяет значительно повысить объективность контроля. Входной сигнал в этом случае, представляет собой статичный, заранее сформированный, список тестовых заданий, чаще, открытого или закрытого типа. Каждому заданию соответствует один ответ ученика, являющийся выходным сигналом. Эти пары: вопрос-ответ составляют протокол исследования. Перекодировка протокола в этом случае сводится к сравнению списка выходных сигналов с заранее определенным эталоном – ключом теста. Этот процесс легко алгоритмируется и может быть реализован как в компьютерной тестирующей программе, так и вручную. Последнее обстоятельство значительно повышает объективность тестового контроля по сравнению с классическими методами, чем обуславливается значительная популярность тестов.

В современной теории тестирования (IRT от англ. Item Response Theory) ставится вопрос об измерении, как трудности тестовых заданий, так и уровня подготовленности испытуемого. Таким образом, предпринимается попытка измерить входные величины и численно охарактеризовать устройство ЧЯ, т.е. уровень подготовленности обучающегося (обозначено ϑ на рис. 2). В простейшем случае это становится возможным, при использовании однопараметрической модели педагогического измерения, разработанной Г. Рашем, [1]. Ее основу составляет предположение о вероятности верно выполнить тестовое задание, которая задается формулой:

$$p_j(\vartheta) = \frac{\exp(\vartheta - \beta_j)}{1 + \exp(\vartheta - \beta_j)}$$

где p_j – вероятность успешно выполнить j -е задание; ϑ – уровень подготовки испытуемого; β_j – параметр трудности j -го задания. Трудность задания, представляет собой интенсивность воздействия входного сигнала, поэтому β_j является входной величиной. Величина ϑ является характеристикой

обучающегося, поэтому ее следует понимать, как оценку устройства ЧЯ. Для практических целей удобно пользоваться единственной величиной, которая будет характеризовать интегрированный уровень подготовленности обучающегося, однако такая сложная система, как ученик, конечно же, должна быть охарактеризована множеством величин.

Известным преимуществом ИРТ по сравнению с классической теорией тестов является повышение качества измерения. Это преимущество также относится и к суждению об устройстве ЧЯ. Классическая теория тестирования позволяет измерить уровень подготовленности испытуемого по порядковой шкале. Характеристика ЧЯ в этом случае получается также порядковой. Все недостатки порядковой шкалы, уровня подготовленности испытуемого, становятся недостатками суждения относительно устройства ЧЯ. В данном контексте становится невозможным сделать вообще какое-либо суждение относительно устройства ЧЯ, имеется только возможность сравнить имеющиеся объекты между собой и расположить их по степени выраженности наблюдаемого свойства, однако становится невозможным анализировать обособленный ЧЯ. Любая оценка его свойств при этом становится бессмысленной в случае отсутствия подобных эталонных объектов для сравнения. Современная теория тестирования позволяет преодолеть эту проблему. Принято считать, что ИРТ дает интервальное измерение уровня подготовленности обучающегося [100, стр. 144]. Введение интервальной шкалы позволяет выдвигать суждения о свойствах, обособленного ЧЯ. В этом плане современная теория тестирования обладает преимуществом, однако основывается на той же модели обучающегося что и классическая теория тестов, т.е. на модели «черный ящик». Составление и обработка протокола исследования в ИРТ происходит таким же образом, как и при контроле по классической теории тестов.

При адаптивном контроле протокол исследования ЧЯ формируется динамически. Адаптивная автоматизированная тестирующая система генерирует некоторое задание – входной сигнал для испытуемого, считывает выходной сигнал – ответ, и в зависимости от его правильности генерирует следующее задание –

формирует очередной входной сигнал. В случае его правильности интенсивность входных сигналов (т.е. сложность заданий) возрастает, напротив, при ошибке – снижается. В данном случае и формирование, и перекодирование протокола может быть полностью автоматизировано и выполняться компьютерной тестирующей системой. Разработка подобных методов контроля является существенным шагом в направлении развития способов анализа ЧЯ, поскольку методы адаптивного контроля позволяют автоматизировать не только перекодировку, но и правила формирования протокола. Однако, следует помнить, что эти улучшения являются количественными. В данном случае это позволяет несколько сократить время контроля. Качественно же, любая последовательность входных сигналов не лучше случайной – т.е. белого шума.

Контроль знаний, основанный на классической или современной теории тестов и технологии адаптивного тестирования более объективен в отличие от классических методов контроля потому, что перекодировка протокола может быть алгоритмизирована, формализована. В этом случае возможность формализации способа перекодировки протокола может быть рассмотрена как критерий процедурной объективности методов контроля.

Таким образом, утверждение о широком применении модели ЧЯ при контроле образовательных результатов, является достаточно обоснованным. На современном уровне развития науки понимание процессов обучения, усвоения и извлечения осмысленной информации человеком, основанное только лишь на знаниях о том, как функционируют нейроны головного мозга человека, находится за гранью возможного. Однако, достоверно известно, что за обучение ответственен именно этот орган, и результаты обучения фиксируется в долговременной памяти, которая сосредоточена там же. Таким образом, необходимость применения модели ЧЯ диктуется невероятной сложностью человеческого мозга.

1.1.3. Трудности возникающие при применении модели «черный ящик»

При подготовке данного раздела использовались авторские идеи, опубликованные в работе [10].

Не смотря на широкое применение модели ЧЯ при контроле, связь теории ЧЯ с дидактикой, остается практически без внимания, и понятия этой теории не применяются к анализу методов контроля образовательных результатов. Как и любая другая модель, ЧЯ описывает реальный объект приближенно, и в следствие этого создает определенные трудности, даже не смотря на ее корректное применение. Недостаточное внимание к тому, что модель ЧЯ применяется в контроле, приводит к тому, что некоторые трудности, привнесенные этой моделью, становятся систематическими проблемами. Игнорирование связи модели ЧЯ с контролем образовательных результатов не позволяет увидеть те проблемы, первопричиной которых являются несовершенства этой модели, как следствие, становится затруднительным, поиск способов их решения. Основными проблемами, возникающими в связи с применением модели ЧЯ являются: противоречие ресурсы-качество (РК-противоречие, РК – от ресурсы-качество), отсутствие предварительной оценки, отрыв контроля от процесса обучения. Далее кратко раскрыта сущность каждой проблемы.

РК-противоречие. При контроле знаний, ЧЯ является моделью очень сложного объекта – живого человека, ученика. В этом случае замкнутость преобразования может быть обеспечена искусственным ограничением множества значений входных/выходных сигналов. Например, при контроле умения решать расчетные задачи множеством входных/выходных сигналов является множество величин, описывающих предметную область относительно которой составлена задача. Однозначность же преобразования обеспечить весьма сложно, поскольку нет никаких объективных причин быть уверенным в том, что одни и те же задания будут всегда приводить к одному и тому же ответу обучающегося. Таким образом, ученик при контроле знаний, является в высокой степени недетерминированной системой, в основном из-за неоднозначности выполняемого преобразования. При применении к ученику модели ЧЯ, это вынуждает искать, в процессе исследования (т.е. контроля в данном контексте), его статистическую детерминированность при предъявлении входных сигналов некоторого вида.

В этом случае знания об устройстве ЧЯ являются весьма вероятностными. Достоверность же их возрастает с увеличением числа экспериментов. В свою очередь, каждый эксперимент требует для проведения определенных ресурсов: времени, энергии, материальных объектов. Повышение достоверности получаемых знаний об устройстве ЧЯ требует повышение числа экспериментов, что непременно ведет к повышению количества затрачиваемых ресурсов. Таким образом, в противоборство вступают два фактора: первый – в целях повышения качества оценки устройства ЧЯ необходимо повышать количество экспериментов с ним; второй – каждый эксперимент несет с собой затраты, которые, когда речь идет о контроле образовательных результатов, являются преимущественно затратами времени. Желание получить более достоверные знания об устройстве ЧЯ, приводит к вовлечению в контроль все больших ресурсов. Напротив, экономия ресурсов приводит к снижению качества контроля. Описанное противоречие назовем РК-противоречие. Оно неизбежно сопровождает контроль образовательных результатов и принципиально неразрешимо в парадигме модели ЧЯ.

Относительно организации персонифицированной самостоятельной работы РК-противоречие, является особенно острым. Самостоятельная работа, как правило, проходит внеаудиторно. В таких условиях, повышаются требования одновременно и к скорости, и к качеству контроля. Обучающийся вовлекаясь в самостоятельную деятельность в процессе обучения, необходимо, должен быть снабжен информацией о своем уровне и прогрессе в плане приобретения знаний, умений и навыков. Это является неотъемлемым условием мотивации. Прерывать процесс самостоятельной работы длительными проверками для получения актуальных данных относительно своего уровня подготовленности, очевидно, нерационально.

Проблема отсутствия предварительной оценки. Применение модели ЧЯ подразумевает игнорирование различий в начальном уровне подготовки испытуемых до начала контроля. Так, при контроле, информация о том, насколько был успешен испытуемый в процессе обучения, часто отбрасывается. Этот момент

обычно считают положительной стороной контроля, поскольку это ставит всех испытуемых в равные условия. Однако, отброшенная информация о различиях испытуемых может быть использована для выбора контрольных заданий с необходимой дифференцирующей способностью, поскольку известно, что задания высокой сложности не подходят для контроля знаний слабых учеников, а лёгкие — для хорошо подготовленных обучающихся. Отсутствие этой информации восполняется применением адаптивных методов контроля. Основная идея которых заключается в том, чтобы динамически подбирать задания сложность которых соответствует уровню подготовки испытуемого [64]. Таким образом, при адаптивном контроле экзаменатор пытается, восстановить информацию о том, насколько был успешен испытуемый в процессе обучения. Так, наблюдается некоторый парадокс, особенно явно проявляющийся при адаптивном контроле: сначала экзаменатор отбрасывает информацию об успешности испытуемого в процессе обучения, а затем пытается восстановить её, посредством подбора и предъявления испытуемому заданий различной сложности. Такая противоречивая ситуация — прямое следствие применения к обучающемуся модели ЧЯ, и, в некотором роде, она является искусственной. Естественным решением этой проблемы будет учёт информации об успешности учеников в процессе обучения.

Игнорирование накопленной в процессе обучения информации, вероятно, иногда необходимо, например, при входном контроле, проводимом в начале обучения, как это бывает при поступлении обучающегося в учебное заведение. В этом случае, если нет централизованной системы оценки качества обучения, есть основания сомневаться в результатах, полученных на предыдущих этапах обучения, по другим образовательным программам. Кроме того, таких, предварительных, результатов может совсем не быть, если предстоящее обучение лишь в малой степени связано с предшествующим. Отказ от учета предыдущих достижений ставит всех обучающихся в равные начальные условия и дает возможность каждому обнаружить свой собственный уровень подготовки. Кроме этого, в ситуации входного контроля часто присутствует соревновательный

момент, в котором важно отобрать лучших обучающихся по результатам выполнения одинаковых заданий.

В том случае, когда контроль образовательных результатов происходит при самостоятельной работе, которая является в высокой степени персонифицированной, отбрасывание накопленной в процессе обучения информации не требуется. Это обусловлено тем, что в образовательном пространстве при самостоятельной работе находится один единственный человек – обучающийся. В данном случае контроль необходим в большей степени для самостоятельного определения динамики образовательных результатов. При этом, представляется сомнительным требование отбросить информацию, накопленную в процессе непосредственно самостоятельной работы. К тому же, очевидно отсутствует соревновательный момент между обучающимися, что делает бессмысленным отказ от накопившейся в процессе обучения информации. Таким образом, не находит весомых причин игнорирование информации о ходе обучения в процессе контроля образовательных результатов, при организации персонифицированной самостоятельной работы.

Отрыв контроля от процесса обучения. Контроль образовательных результатов, с позиции организация обучения, является отдельным процессом, в ходе которого появляется возможность получить обратную связь об уровне подготовленности обучающегося. Это вносит дискретность в образовательный процесс, дробя его на периоды, разделенные проверками знаний. Контроль обособляется от процесса обучения как во времени, для контроля выделяются отдельные уроки или отдельные этапы уроков, так и пространственно, контроль результатов обучения иногда проводят в специально отведенных для этого помещениях. Интеграция проверки знаний в процесс обучения частично происходит через систему текущего контроля, однако он по-прежнему остается независимым процессом. Такая обособленность приводит к тому, что проблематично достоверно судить об уровне подготовки обучающегося до тех пор, пока не будет так или иначе проведен контроль знаний. Становится затруднительным строить достаточно точный прогноз о результатах контроля и

влиять на его результаты в процессе обучения. Данная проблема напрямую следует из предположения, что об обучающемся ничего не известно, то есть корень ее кроется в организации контроля с применением модели ЧЯ. При персонифицированной самостоятельной работе очевидна необходимость непрерывного получения данных об уровне достигнутых образовательных результатов. Это требует частых проверок, что в свою очередь, является проблематичным при самостоятельной работе, в особенности, если она имеет наиболее актуальный – внеаудиторный характер.

Описанные проблемы характерны для различных методов контроля, их единой первопричиной является применение модели ЧЯ.

1.1.4. Исторический аспект становления модели «черный ящик»

При подготовке данного раздела использовались авторские идеи, опубликованные в работе [7].

Анализ применения данной модели при контроле знаний не будет полным, если не рассмотреть исторический аспект, не ответив тем самым на вопросы: «В чем причины того, что многие виды контроля, как традиционные, так и современные используют модель ЧЯ?», «Какие этапы развития модели ЧЯ уже пройдены?», «Каковы перспективы применения модели ЧЯ при контроле образовательных результатов?». Подобный анализ может пролить свет на возможные пути решения проблем, связанных с применением этой модели.

Потребность в обучении следующего поколения, вероятно, возникла одновременно с выделением человека как вида, в виде первобытных форм семейного воспитания. Основной целью его было способствовать сохранению популяции. С ростом производительных сил, и разделением труда, произошло выделение социального института – школы, а вместе с этим и появление, и развитие различных методов контроля. В этом историческом процессе относительно развития модели ЧЯ можно выделить несколько этапов.

I-й этап (4 тыс. лет до н.э. – XVI в. н.э.) – додидактический. Этот этап согласно общепринятой исторической периодизации культуры совпадает с периодом Древнего мира и Средних веков.

Школы крупнейших цивилизаций мира в это время имеют схожие черты. Так, в древнем Египте (3 тыс. лет до н.э.) существовали школы писцов, готовящие кадры для ведения канцелярской работы. Доступ к обучению, и как следствие – образованию, могли получить лишь дети привилегированного меньшинства, причем доступность эта была только для мальчиков [56, стр. 41]. В Древней Греции (3 тыс. лет до н.э. – I в. н.э.) существовала система общественных платных школ, предназначенных исключительно для знатных юношей [93, стр. 13]. В древней Индии конца Ведийского периода (2 тыс. до н.э. – V в. до. н.э.) функции школы выполнял гурукула – дом учителя. Обучение предназначалось исключительно для представителей высших каст и было платным. Платность обучения сохранялась в Индии и в средних веках [56, стр. 46]. В Западной Европе Средних веков (в VI–VII вв.) школы существовали при монастырях и приходах. Обучались в них только мальчики и юноши из высших сословий [93, стр. 15]. Классы были немногочисленны (3-10 учеников). В Киевской Руси (IX–XIII вв.) основной формой воспитания было семейное воспитание. Бояре приглашали домашних учителей. Организацией начального обучения грамоте занималась церковь. Ученики, объединенные в группы до восьми человек, занимались на монастырских подворьях, за обучение взималась плата [56, стр. 198].

Общими чертами образования на этом этапе являются: широкое распространение семейной (домашней, индивидуальной) формы воспитания; наличие половой, религиозной и сословной дифференциации учеников; платность обучения; немногочисленность классов. В таких условиях не возникает необходимость выделения и развития методов контроля знаний. Уровень подготовленности ученика определялся экспертной оценкой в процессе совместной деятельности с наставником. На этом этапе модель ЧЯ к ученику еще не применялась и соответственно, все проблемы, связанные с этой моделью, отсутствовали.

II-й этап (XVII – XIX вв.) – возникновение дидактики. С наступлением эпохи Возрождения, предпринимаются попытки построить образование на светских началах. Это приводит к увеличению в школах количества учеников из крестьян и горожан. Так, в общеобразовательных школах Франции уже в XVII в. половину учеников составляли представители третьего сословия [56, стр. 269]. Одновременно происходит расширение школьной программы предметами нерелигиозного содержания. Увеличивается численность учеников в расчете на одного учителя, и расширяется спектр изучаемых дисциплин, что приводит к массовому появлению экзаменов как системы контроля знаний и средства мониторинга образовательного процесса. В это время система образования приобретает, знакомые, современные формы.

Ярчайший педагог этого периода – Я.А. Коменский отразил основные педагогические идеи своей эпохи в широко известном труде «Великая дидактика». Я.А. Коменский теоретически обосновал классно-урочную систему, необходимость создания школ, введения всеобщего начального обучения, доступного для обоих полов, необходимость широкого многопредметного обучения. А также обязательность планирования учебного процесса, основные дидактические принципы, а также новую для своего времени и необходимо рациональную идею – обучения одним учителем множества учеников [82, стр. 242-477]. Предполагая познаваемость мира, Я.А. Коменский делает вывод о возможности познания всех явлений, связанных с педагогическим процессом и управления ими. Чтобы это реализовать необходим объективный контроль образовательных результатов. Частая проверка знаний у Коменского «как в определенные периоды, так и неожиданно» это одна из необходимых составляющих педагогического процесса [82, стр. 544].

В это время (XVII в.) о том, чтобы понять механизмы работы мозга и положить их в основу дидактики и контроля знаний, не было и речи. Научное исследование физиологии мозга началось только во второй половине XIX в. с работ И.М. Сеченова (см. работу «Рефлексы головного мозга» [133, стр. 7-127]), и механизмов памяти с работ Г. Эббингауза (см. работу «Смена душевных

образований» [47, стр. 224-239]). В виду этого, на этапе возникновения дидактики, представляется вполне оправданным применение к ученику модели ЧЯ при проведении контроля знаний. Так человечество впервые столкнулось в дидактике с РК-противоречием, которое неизбежно возникает при использовании этой модели. Дальнейшая периодизация обусловлена разнообразными попытками борьбы именно с этой проблемой – РК-противоречием.

III-й этап (конец XIX – первая половина XX вв.) – применение тестов на бумажном носителе. С развитием педагогики как науки, к контролю и измерению знаний предъявлялись все более жесткие требования. Различные методы контроля образовательных результатов, которые так или иначе используют экспертную оценку – традиционные методы (устный опрос, беседа, семинар, письменная контрольная работа и др.), не могут претендовать на роль измерителя знаний. По В.П. Беспалько [22, стр. 57] такие методы не могут служить средством объективного контроля в виду их субъективности, невоспроизводимости и отсутствия необходимой диагностичности. Таких недостатков лишены специально разработанные педагогические тесты. С появлением классической теории тестирования возрастает качество измерений в педагогике и психологии, и одновременное обострение РК-противоречия. Изначальная идея тестирования заключалась именно в сокращении времени необходимого для процедуры контроля. С позиций модели ЧЯ сокращение времени (количества заданий) тестирования приводит к понижению качества выводов относительно устройства ЧЯ (т.е. выводов относительно уровня подготовленности обучающегося). Повышение же времени тестирования и возрастание количества заданий в тесте влечет увеличение ресурсов, затрачиваемых на контроль. Эти недостатки тестового контроля в некоторой степени компенсируются повышением качества контроля, так теория тестов, в ее современном варианте - теории моделирования и параметризации педагогических тестов (IRT) позволяет ввести интервальную шкалу для измерения знаний [1].

История педагогических тестов начинается с конца XIX в. Первыми в этом направлении стали тесты Дж. Кеттеля (1896 г.), они предназначались для оценки

интеллектуальной подготовленности поступающих в учебное заведение. А также таблицы проверки орфографических знаний Дж. М. Раиса [97, стр. 10]. Дж. Кеттель впервые столкнувшись с РК-противоречием попытался разрешить его. Для педагогических тестов он ставил задачу оптимизации: получить результат за минимальное число экспериментов – тестовых заданий [94, стр. 16]. Однако, тест не разрешает РК-противоречие, а приспособливается под него. Это порождает новые трудности. Например, и сегодня не имеет однозначного решения проблема определения оптимального количества заданий в педагогическом тесте. Эта проблема не может быть решена без проведения масштабных статистических исследований [97, стр. 139]. Проводить которые для многочисленных предметных областей, очевидно нерационально. Открытым также и сегодня остается вопрос об оптимальном времени тестирования. Четырехчасовые тесты, применяемые в России при проведении ЕГЭ, дают достаточно точный результат, однако противоречат одной из основных целей тестирования – кратковременности контроля результатов обучения. Не смотря, на то, что введение тестов является несомненным достижением дидактики, они продолжают постулировать модель ЧЯ применительно к ученику. Таким образом, неизбежно встает вопрос о решении РК-противоречия. В некоторой степени сгладить РК-противоречие возможно путем оптимизации в плане сокращения затрат различных ресурсов на каждом этапе организации тестирования: при обработке результатов, в ходе проведения тестирования, при разработке тестовых заданий, тем не менее, все эти меры не избавят от РК-противоречия полностью.

IV-этап (с 1980 г.) – автоматизация проверки знаний. Обработка результатов тестирования это – вычислительная задача, которая решается за конечное число операций. Поэтому эту задачу можно решить с помощью электронно-вычислительной машины (ЭВМ). Появление и развитие ЭВМ позволило значительно сократить время обработки тестов.

Как известно, в истории развития ЭВМ выделяют несколько поколений [145], основанием для классификации в данном случае является тип элементной базы на основе которой созданы машины:

- 1-е поколение (1945 – 1955 гг.) – вакуумные лампы,
- 2-е поколение (1955 – 1965 гг.) – транзисторы,
- 3-е поколение (1965 – 1980 гг.) – интегральные схемы,
- 4-е поколение (с 1980 – по наши дни) – микропроцессоры.

Компьютеры 4-го поколения (привычные сегодня персональные компьютеры) становятся сравнительно компактными и дешевыми, а поэтому доступны для каждого человека. В это же время (начало 80-х гг.) появляется и быстро развивается глобальная компьютерная сеть Internet. Созданная технологическая база дает толчок к развитию прикладного программного обеспечения, в том числе и предназначенного для образовательных целей. В первую очередь это различные тестовые оболочки. Так, на 2000 г. среди программ образовательной направленности доступных в сети Internet, 50% составляли программы – предназначенные для проведения тестирования [119]. Сегодня примерами таких программ сегодня могут служить: MyTest [81], OpenTest [173], TestTurn [183], и др. Эти программы позволяют реализовать тестирование по классической теории тестов.

Благодаря высокой производительности компьютеров (десятки и сотни миллиардов операций в секунду), процедура обработки результатов тестирования стала практически мгновенной. Таким образом, направление ускорения обработки результатов тестирования полностью себя исчерпало.

V–этап (конец XX - начало XXI вв.) – применение адаптивных и интеллектуальных технологий. Следующие попытки разрешить РК-противоречие были направлены на оптимизацию процесса проведения тестирования и автоматизацию разработки тестовых заданий. Технологии адаптивного тестирования, развивающиеся с 80-х годов XX в. по наше время [64], призваны повысить качество тестирования и одновременно ускорить его. Так, в работе Зайцевой Л.В и Прокофьевой Н.О. [61], представлена модель адаптивного контроля знаний в виде общей структурной схемы. В этой модели отдельно выделяются блоки: база знаний, алгоритм контроля, модель студента, блок –

формировщик вопросов. Таким образом, предполагается, что система контроля, построенная по такой модели, будет способной выбирать тестовое задание для контроля знаний с учетом различных параметров, ресурсов которыми обладает ученик, состояния окружающей среды. В работе [12] описана теоретическая возможность представления решения расчетной задачи по физике в виде графовидной структуры – карты знаний (ментальной карты) с последующим использованием нейронных сетей для их анализа. Таким образом, выдвигается идея возможности формализации процесса решения расчетных задач. В работе [147] рассмотрен подход к автоматизации построения тестовых заданий различной формы на основе понятийно-тезисной модели представления знаний. Содержание этой модели составляют понятия и тезы – суждения о понятиях. Такая структура позволяет, оперируя понятиями и тезами, автоматически генерировать тестовые задания различных типов. В работе [107, стр. 93] развивается информационный подход к обучению и предлагается модель понимания учебной информации. В этой модели обучение рассматривается как процесс обработки информации. Полученная информация проходит процесс преобразования от сенсорного восприятия до встраивания в имеющуюся систему знаний.

На основе подобных идей возможно построить оригинальную интеллектуальную систему обучения и контроля знаний. Однако, воплощение этих перспективных идей в практических разработках еще впереди, и, вероятно, до этого еще далеко. Это обусловлено тем, что попытка автоматизировать процесс создания тестового задания неизбежно приводит к вопросам инженерии знаний, которые относятся к области искусственного интеллекта, требуют междисциплинарных исследований, и в рамках одной лишь дидактики, вероятно, вовсе неразрешимы. Конечной целью адаптивных технологий является оптимизация контроля – проведение его за минимальное количество шагов. Применяемая же сегодня при контроле модель, речь идет конечно же о модели ЧЯ, делает эту цель либо недостижимой, либо достижимой за счет снижения качества контроля.

Рассмотрение исторического процесса развития методов контроля с позиций теории ЧЯ позволяет выделить пять последовательных этапов. Эти этапы связаны

с введением модели ЧЯ и с попытками разрешить различными способами РК-противоречие. Временные границы выделенных периодов, конечно же, условны, однако их сущность однозначна. Из проведенного анализа, можно сделать заключение о том, что модель ЧЯ применительно к обучающемуся в процессе контроля образовательных результатов находится, на завершающем этапе своего развития. Такой вывод обусловлен тем, что естественным образом выделившиеся направления борьбы с РК-противоречием в значительной мере исчерпаны. Некоторый прогресс, конечно же, еще возможен и в разработанных на сегодня направлениях. В особенности это относится к автоматизации разработки тестовых заданий. Однако, от применения модели ЧЯ не приходится ожидать принципиально новых и качественно лучших результатов в области контроля образовательных результатов. Весьма вероятно, что в парадигме модели ЧЯ РК-противоречие полностью разрешить невозможно.

1.1.5. Направление исследований, для преодоления проблем модели «черный ящик»

Таким образом, представляется перспективным и чрезвычайно актуальным для организации персонифицированной самостоятельной работы поиск новой модели обучающегося лишенной описанных недостатков, и разработка основанных на ней методов контроля. Также не менее актуальна разработка систем, позволяющих автоматизировать организацию персонифицированной самостоятельной работы, не только упрощающих труд педагога, но и делающих персонифицированную самостоятельную работу принципиально возможной. Актуальны в этом направлении прикладные разработки, т.е. автоматизированные цифровые средства обучения, обеспечивающие возможность эффективной организации и повышающие результативность персонифицированной самостоятельной работы.

Перечисленные направления относятся к содержанию информатизации образования [128] и соответствуют целям этой области [92]. Под информатизацией образования, в свою очередь, понимают область научно-практической

деятельности человека, направленную на применение методов и средств сбора, хранения, обработки и распространения информации для систематизации имеющихся и формирования новых знаний в рамках достижения психолого-педагогических целей обучения и воспитания. Целями же информатизации образования являются, во-первых, повышение эффективности всех видов образовательной деятельности на основе использования информационных и телекоммуникационных технологий; во-вторых, повышение качества подготовки специалистов с новым типом мышления, соответствующим требованиям информационного общества [50, стр. 14]. Средства необходимые для автоматизации процесса организации персонифицированной самостоятельной работы в данном случае выступают средствами информатизации образования. Как отмечено в работе [50, стр. 130], индивидуализация и дифференциация (а также, очевидно, и персонификация) обучения возможны на основе средств информатизации образования при соблюдении следующих условий: гуманного отношения к обучающемуся; выполнения принципов индивидуализации и дифференциации (а в современном понимании также персонификации) обучения; создания условий, обеспечивающих возникновение собственной активности обучающихся; обеспечения объективности контроля и измерения результатов обучения; учета личного опыта каждого обучающегося и др. Модель ЧЯ не в полной мере соответствует этим требованиям.

1.1.6. Выводы по параграфу

В данном параграфе обоснована необходимость организации персонифицированной самостоятельной работы в процессе формирования умения решать расчетные задачи. Указана основная сложность организации персонифицированной самостоятельной работы, заключающаяся в ограниченных физических ресурсах преподавателя в традиционной классно-урочной системе. Также делается вывод о том, что покрыть данный дефицит возможно посредством использования автоматизированных обучающих средств. В свою очередь, для автоматизации необходима модель ученика. Показано, что при контроле знаний

применяется модель «черный ящик». Изложены основные положения и категории теории ЧЯ, и применены к контролю образовательных результатов. Отдельно рассмотрено применение этой модели в распространенных методах контроля (устный опрос/экзамен, письменная контрольная работа, классический тест, IRT, адаптивный контроль). Выявлены проблемы, непременно возникающие при контроле в следствие применения модели ЧЯ, а именно: РК-противоречие, отсутствие предварительной оценки, отрыв контроля от обучения. Описаны исторические причины становления в дидактике модели ЧЯ и выявлена периодизация этого процесса. Анализ исторического процесса развития методов контроля образовательных результатов убедительно доказывает, что модель ЧЯ применяемая в дидактике на протяжении длительного времени не может дать в дальнейшем новых качественно и количественно лучших результатов, более того данная модель привносит в процесс контроля серьезные затруднения, которые представляются неразрешимыми без отказа от модели ЧЯ. Обосновано, что данная область исследований относится к области информатизации образования и соответствует ее целям и методам.

При анализе трудностей организации персонифицированной самостоятельной работы выявлены три вида проблем: организационные (связанные с ограничениями классно-урочной системы), методические (связанные с применением при контроле модели ЧЯ), перспективные (связанные с исчерпанием возможностей развития модели ЧЯ). Все выявленные проблемы так или иначе, относятся к контролю образовательных результатов. И корень этих проблем кроется в использовании в дидактическом контроле модели «черный ящик», т. о. обоснована идея отказа от этой модели в пользу какой-либо другой, при использовании которой данные проблемы возникать не будут. Обоснованию и разработке такой модели, а также разработке на ее основе автоматизированного средства посвящены следующие разделы данной работы.

§ 1.2. Сущность контроля умения решать расчетные задачи по модели «белый ящик»

1.2.1. Понятие расчетная задача и ее место в системе задач в различных дисциплинах

Прежде чем перейти к разработке модели обучающегося, которую возможно будет положить в основу автоматизированного средства обучения, необходимо подробнее рассмотреть понятие «расчетная задача», а именно, определить место расчетных задач в общей классификации, выбрать рабочее определение расчетной задачи, изучить этапы решения и выявить возможности их формализации.

На примере методики преподавания физики можно увидеть, что существует несколько оснований для классификации задач. В работе [104, стр. 83] приведена, пожалуй, наиболее подробная их классификация на примере физических задач. Согласно которой, по основному способу решения выделяют экспериментальные, логические, графические и вычислительные (расчетные) задачи. Несмотря на то, что приведенная классификация относится к задачам по физике, ее можно применить к любой предметной области естественных или технических наук. Из всего многообразия, большой интерес представляют расчетные задачи, поскольку они являются наиболее распространенными. Объясняется это тем, что ответ в них является числом, поэтому проверку правильности решения легко организовать путем сравнения, ответа полученного обучающимся с правильным. Это существенно проще, чем проверить правильность ответа, например, в логической задаче где ответом является цепочка рассуждений обучающегося на естественном языке. По этой причине большинство задач, как в контрольно-измерительных материалах (яркий пример – ЕГЭ), так и в задачниках по различным дисциплинам (по физике [111, 130], химии [87, 88], электротехнике [116], технической механике [132], гидравлике и теплотехнике [58]) являются или расчетными, или основаны на вычислении какой-либо величины, т.е. содержат элемент расчетной задачи.

Для построения модели обучающегося, учитывающую его способность решать расчетные задачи, необходимо формализовать процесс решения таких

задач. Для определенности далее остановимся на расчетных задачах по физике. Следует признать, что такой выбор не ограничивает общности рассуждений, во-первых, потому что задачи в различных естественных и технических науках очень схожи, во-вторых, тем что физика является межпредметной, общей наукой, основой естествознания и является базой практически для всех технических наук, и тем самым имеет высочайшую важность для любых специальностей технической направленности. Вероятно, поэтому знания методики преподавания физики также имеют общий характер, и ее элементы могут применяться к различным смежным наукам. Прежде чем приступить к разработке подходов к формализации решения расчетных задач и, тем самым начать формировать соответствующую модель обучающегося, целесообразно выбрать определение расчетной задачи.

Понятие «задача» изучено весьма подробно и существуют множества работ, в которых развиты подходы к его определению. Г.А. Балл в работе [20, стр. 29] рассматривает задачу как систему особого рода. Подобный, предельно обобщенный подход к определению понятия «задача» будет проблематично применить в данной работе, где рассматриваются преимущественно текстовые, расчетные задачи. По этой причине необходимо обратиться к частнопредметным методикам, в надежде обнаружить достаточно узкое и универсальное определение понятия «задача». Исчерпывающий анализ содержания понятия «задача» дан в [151, стр. 4-11]. Там же авторы предлагают следующее определение задачи: «физическая учебная задача – это ситуация, требующая от учащихся мыслительных и практических действий на основе использования законов и методов физики, направленных на овладение знаниями по физике, умениями применять их на практике и развитие мышления». Схожее определение приводится в [152, стр. 79]. В данном определении содержится отсылка к дидактическим и развивающим целям обучения решению задач, однако упущен мотивационный компонент. Решение же задач как метод обучения по классификации Ю.К. Бабанского [15, стр. 257] может входить в любую группу методов, и может быть, методом обучения, контроля, или методом мотивации. Очевидно также, что в приведенном выше определении слово «физика» может быть заменено без потери

смысла на любую другую естественнонаучную дисциплину. Это определение несомненно заслуживает внимания, однако для данной работы оно является слишком общим, охватывающим задачи любого вида. Поэтому более предпочтительным может оказаться определение, приведенное в [74, стр. 6]: «физической задачей в учебной практике обычно называют небольшую проблему, которая в общем случае решается с помощью логических умозаключений, математических действий и эксперимента на основе законов и методов физики». В этом определении авторы абстрагируются от дидактических целей решения задач. Однако, оно также является слишком общим и для данной работы его следует сузить для задач расчетного вида.

Для выработки подходящего определения расчетной задачи воспользуемся известным в логике методом указания родового понятия и видового отличия [40, стр. 186], считается, что этот метод является наиболее совершенным [118, стр. 29]. Родовым понятием для расчетной задачи (более широким понятием) безотносительно к предметной области является «описание проблемной ситуации», поскольку все задачи, так или иначе, формулируются относительно каких-либо ситуаций непременно содержащих исходные данные для их решения. Ситуации, описанные в задачах, обязательно сопровождаются проблемным вопросом что делает задачу – задачей, а не просто описанием ситуации. Видовым отличием для расчетных задач является то, что для их решения достаточно логических умозаключений и математических действий над величинами, значения которых явно указаны в описании проблемной ситуации. Таким образом, остановимся на следующем определении расчетной задачи которое является безотносительным к предметной области:

<p>расчетная задача — это <u>описание ситуации, сопровождающееся проблемным вопросом, для ответа на который достаточно логических умозаключений и математических действий над заданными значениями величин, характеризующих свойства объектов, составляющих проблемную ситуацию, и связи между ними.</u></p>

В этом определении одинарной чертой отмечено родовое понятие, двойной чертой – видовое отличие. Это определение наилучшим образом подходит для целей данной работы, поскольку оно достаточно узкое, и в то же время, не содержит отсылки к конкретной учебной дисциплине. Преимущество его также заключается в том, что в нем, под задачей, по существу, понимается текстовая задача (хотя описание ситуации может быть и графическим), поскольку подавляющее большинство расчетных задач имеют текстовую форму, это определение как нельзя лучше подходит для использования в данной работе.

1.2.2. Обобщенная схема решения расчетных задач

Рассмотрим процесс решения расчетной задачи. В работе [12] разработана обобщенная графовидная схема решения задачи, данная схема приведена здесь на рис. 5.

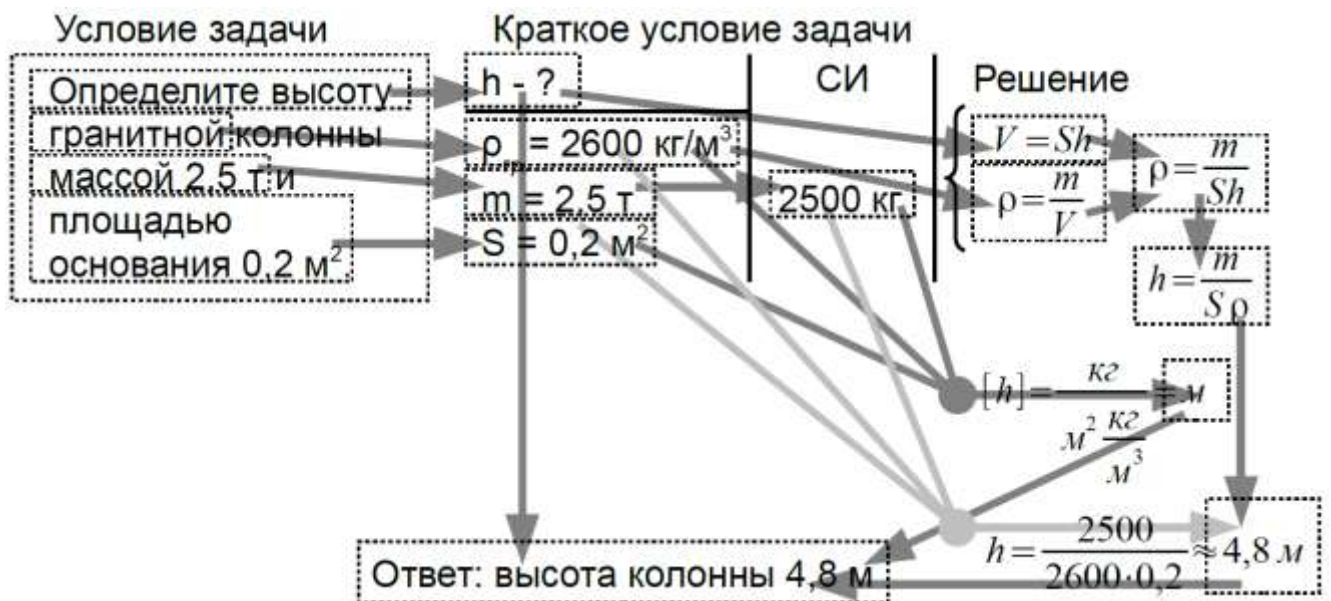


Рис. 5. Графовидная схема решения расчетных задач на примере физической задачи

На этом рисунке пунктирными рамками обозначены декларативные знания – факты; стрелками обозначены процедурные знания – действия необходимые для решения задачи. К процедурным знаниям в ходе решения задачи относятся: анализ условия, выделение искомой величины, выделение данных величин,

преобразование исходных данных к необходимому виду (например, перевод в международную систему единиц СИ), выбор законов и формул необходимых для решения и составление из них системы уравнений, решение системы уравнений, т.е. решение задачи в общем виде, расчет значения искомой величины. Данные операции в решении задачи не являются особенностями задач по физике, подобные им можно выделить в расчетной задаче по любой дисциплине.

Некоторые операции в решении являются формальными: преобразование данных к необходимому виду, расчет искомой величины, запись ответа. Эти этапы не являются ключевыми в решении. Намного более важными и одновременно трудными для формализации являются: анализ условия задачи, выделение искомой величины и исходных данных, выбор законов и формул, необходимых для решения задачи, составление системы уравнений и ее решение. Сложность формализации всего процесса решения задачи заключается именно в формализации этих этапов решения. Модель обучающегося, которая сможет заменить «черный ящик» должна содержать формализацию этих этапов решения задачи.

1.2.3. Подход к формализации умения решать расчетные задачи на основе модели «белый ящик»

Фундаментальным подходом к построению такой модели может стать подход, основанный на модели «белый ящик» (БЯ). Идея использовать эту модель для исследования объектов кратко описана Н. Винером в [39, стр. 33]. Суть этого подхода заключается в следующем. Одновременно с исследуемым объектом вводится объект известной структуры – «белый ящик», который способен получать входные и выдавать выходные сигналы, относящиеся к тому же множеству входных/выходных сигналов, что и сигналы исследуемого объекта. Состояние этого объекта описывается набором коэффициентов θ_i , значения которых можно корректировать, влияя тем самым на выходной сигнал. Задача исследователя, в данном случае, сводится к тому, чтобы настроить БЯ (т.е. подобрать значения его коэффициентов) так, чтобы при одинаковых входных сигналах он выдавал такой же выходной сигнал, как и исследуемый объект, тем самым получив его

операционный эквивалент. Процесс настройки может быть автоматизирован, поэтому, в целях автоматизации процесса организации персонифицированной самостоятельной работы по решению расчетных задач, первоочередно имеет смысл говорить именно о самонастройке БЯ. После завершения процедуры настройки БЯ делается заключение, что устройство БЯ соответствует устройству исследуемого объекта. Речь, конечно же, идет только о предсказании поведения объекта, но не об определении его реальной элементной базы. Физически устройство БЯ может существенно отличаться от устройства исследуемого объекта, это может ярко проиллюстрировать пример, описанный У.Р. Эшби в [166, стр. 138-139], в котором представлены две простые системы: механическая и электрическая, выдающие одинаковые выходные сигналы в ответ на одинаковые воздействия, при этом функционируя на принципиально различных физических явлениях.

Схема исследования с применением модели БЯ приведена на рис. 6.

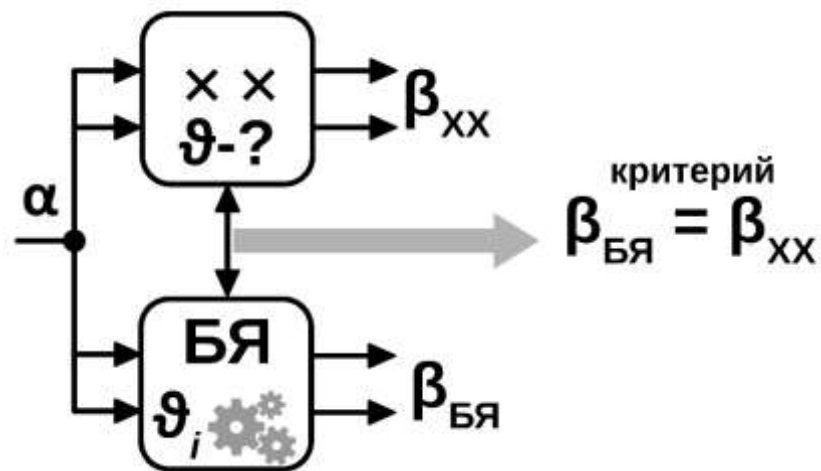


Рис. 6. Исследование с использованием модели «белый ящик». Обозначения: α – входной сигнал, β_{XX} – выходной сигнал исследуемого объекта, $\beta_{БЯ}$ – выходной сигнал белого ящика, БЯ – белый ящик, U – устройство объекта, U_i – множество параметров белого ящика

Применительно к контролю знаний цель использования модели БЯ остается такой же, как и в случае применения модели «черный ящик» – получить представление о поведении исследуемого объекта. В контексте применения данной

модели в дидактических целях будут наблюдаться некоторые отличия в способе использования БЯ. Так, очевидно, не требуется создавать БЯ, который будет выдавать такие же сигналы, как и исследуемый объект – ученик. В такой постановке (подражание обучающемуся) проблема относится к области искусственного интеллекта. Известный тест Тьюринга основан на сравнении машины с человеком именно по человекоподобности выдаваемых машиной ответов [148]. Разработчики экспертных систем явно ставят перед собой задачу создания машины (компьютерной программы), которая могла бы на основе длительного диалога с пользователем помогать в выборе решения не хуже человека – эксперта. Так, известны примеры экспертных систем, претендующих стать «сверхдоктором» и «сверхпсихологом» [138, стр. 136], заменив тем самым живого доктора и психолога. Таким образом, применительно к контролю образовательных результатов имитация исследуемого объекта не требуется. При использовании модели БЯ по классической схеме см. рис. 6 существует формальный критерий завершения исследования: равенство выходных сигналов объекта и БЯ. В свою очередь, применение модели БЯ для контроля знаний не может сопровождаться таким сравнительно простым и однозначным критерием. Однако, возможно выделить ряд требований к БЯ выполнение которых позволит полноценно использовать эту модель для контроля образовательных результатов:

1. **Сложность:** БЯ должен обладать достаточной сложностью для отражения необходимых психических качеств;

2. **Длительность применения:** использование БЯ для контроля образовательных результатов обучающегося должно быть достаточно длительным чтобы иметь возможность настройки на объект исследования, т.е. обучающегося.

3. **Интерактивность:** БЯ должен взаимодействовать с обучающимся. Такое взаимодействие может происходить как явно, с визуализацией процесса передачи обмена информацией между обучающимся и моделью, так и скрыто, с помощью внутренних механизмов работы модели.

4. **Предметность:** структура БЯ должна соответствовать предметной области, по которой проводится контроль.

5. Наличие способа сравнения: необходим способ количественного сравнения БЯ с исследуемым объектом.

Последнее выполнить наиболее трудно, поскольку сравнение выходных сигналов не предполагается. Такой способ сравнения, по всей видимости, должен быть основан на анализе параметров БЯ и вычислении по ним предполагаемого уровня подготовленности обучающегося. Для этого изначально должна быть обнаружена корреляция между реальным уровнем подготовленности обучающегося и уровнем, определенным по параметрам БЯ. При обнаружении этой корреляции можно сделать вывод о соответствии модели реальному объекту в плане моделирования уровня подготовленности обучающегося. Выполнение этого критерия возможно только при использовании сторонних, независимых методов контроля уровня подготовленности обучающегося. Постоянная двойная проверка: независимым способом и с помощью анализа состояния БЯ, очевидно, нерациональна, поскольку наличие первого делает второе избыточным. Необходимость проведения независимой оценки уровня подготовленности обучающегося возникает только на этапах разработки, проверки работоспособности и настройки БЯ. В дальнейшем же когда, в работоспособность БЯ будет подтверждена, дублирующий контроль не требуется. Соблюдение указанных выше требований позволит разработать БЯ, который можно будет использовать для контроля образовательных результатов.

Таким образом, по типу используемых моделей обучающегося, методы контроля можно разделить на две группы: основанные на применении модели «черный ящик» и основанные на применении модели «белый ящик». Обучение и контроль с использованием этих моделей представлены в виде схем на рис. 7.

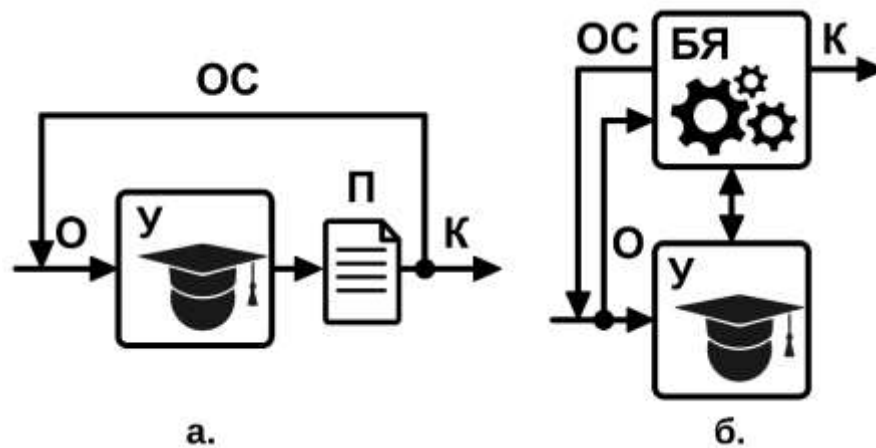


Рис. 7. Обучение и контроль:

а. по модели «черный ящик»; б. по модели «белый ящик».

Обозначения: ОС – обратная связь; П – протокол; БЯ – белый ящик,

У – ученик; К – контроль; О – обучение (воздействие)

Как видно по этим схемам при обучении и контроле с использованием модели БЯ ученик взаимодействует с этой моделью. В свою очередь, она используется и для обеспечения обратной связи, и для контроля. При использовании модели БЯ обучающийся также, как и при применении модели ЧЯ, остается объектом изучения. Однако, этот подход принципиально отличается, поскольку позволяет избежать проблем, которые возникают при использовании модели ЧЯ. Так, контроль не отрывается от обучения, потому что может быть проведен в любой момент по параметрам модели без участия обучающегося. Результаты, полученные в процессе обучения, находят отражение в параметрах БЯ, поэтому они обязательно будут учтены при контроле. Поскольку контроль происходит по параметрам БЯ без непосредственного участия обучающегося, то не возникает РК-противоречие. Высокое быстродействие и доступность ЭВМ позволяют проводить проверку образовательных результатов сколь угодно часто и практически без существенных затрат времени и каких-либо других ресурсов.

Перечисленные преимущества модели БЯ делают ее наиболее предпочтительной для использования при организации персонифицированной самостоятельной работы. К недостаткам же этой модели следует отнести

сложность ее разработки и анализа параметров БЯ. При использовании модели ЧЯ сложность самой модели находится около нуля, и основная трудоемкость в данном случае – это формирование входного сигнала и последующий анализ протокола исследования. Если речь идет о модели БЯ, то ее сложность является одним из критериев, выполнение которого необходимо для использования этой модели. Сложность устройства влечет за собой сложность анализа состояния модели по ее параметрам. Однако, повышенная сложность модели БЯ и трудность анализа ее параметров не является непреодолимой проблемой на пути успешного использования этой модели. Далее приводится сравнительная таблица, описанных подходов к организации контроля, см. рис. 8.

Критерий	Подход основанный на модели	
	«черный ящик»	«белый ящик»
РК-противоречие	✓	✗
Учет индивидуального опыта	✗	✓
Интеграция контроля с обучением	✗	✓
Простота модели	✓	✗
Простота анализа модели	✓	✗
Пригодность для организации персонифицированной самостоятельной работы	✗	✓

Рис. 8. Сравнительная таблица моделей «черный ящик» и «белый ящик»

1.2.4. Методологическая основа создания модели «белый ящик»

Методологической основой создания БЯ, который возможно будет использовать для контроля при формировании умения решать расчетные задачи в персонифицированной самостоятельной работе, могут послужить некоторые положения когнитивной психологии. Так, наиболее перспективным представляется ментальный подход к обучению (У. Найссер, Н.И. Пак,

Дж. Андерсон). Центральной идеей в ментальном подходе является понятие *схема*, введенное в когнитивную психологию У. Найссером [99, стр. 73]. Под схемой понимается совокупность структурных элементов и процессов в центральной нервной системе, которые управляют восприятием, мышлением, деятельностью. В том числе существуют и схемы, которые формируются при обучении решению задач и управляют этим процессом. В том случае, когда схемы являются продуктом целенаправленного обучения их называют ментальными схемами (МС) [106]. Целью обучения в ментальном подходе является формирование и развитие необходимых МС [106], [43]. Не следует путать ментальные схемы с ментальными картами, разработанными Т. Бьюзенем [30]. Ментальной картой называют цветную центрированную, радиальную диаграмму, иерархически представляющую связи между частями изученного материала [168]. Таким образом, ментальная карта является оригинальным способом представления информации [174], ментальная схема же – это модель организации и использования информации в памяти человека.

У. Найссер в своей работе [99] не сделал предположений относительно того как именно представить схемы, каким образом их лучше всего изобразить, смоделировать. Дж. Андерсон представляет схемы в виде фреймов [3, стр. 157], однако фреймы являются структурами данных [96, стр. 7] и, следовательно, не предполагают наличия каких-либо собственных операций над значениями слотов. В то же время, схемы являются расширением на все когнитивные процессы понятия «когнитивная карта» введенного Э. Толменом для объяснения механизмов пространственной ориентации (см. статью «Когнитивные карты у крыс и человека» опубликованную в [44]). Это обстоятельство позволяет рассчитывать, что наиболее подходящим для схем может оказаться представление в виде графов, поскольку именно так Э. Толмен изобразил когнитивные карты крыс при ориентировании в лабиринте. В работе [9] подобные идеи используются для создания интеллектуального агента, решающего задачу адаптивной навигации. Там на примере машинного обучения показано, что графы являются весьма удобным способом представления ментальных схем.

Изначально, эта идея развита Н.И. Паком в [16, стр. 146], где предложена обобщенная графовидная, концептуальная модель МС. Согласно этой концептуальной модели МС представляется в виде графа, ребра которого обозначают различные операции (действия, умозаключения, ассоциации). Ребра могут иметь веса – коэффициенты чувственности и моторики. Вершины могут быть терминальными (цели и данные), нетерминальными (МС более низкого уровня) и комбинированными. И вершины, и ребра могут, как появляться (вследствие обучения), так и исчезать (вследствие забывания). Мышление (как процесс решения какой-либо задачи) согласно такой модели представляется в виде пути на графе-МС, который начинается с вершин данных и через возможные ребра и нетерминальные узлы проходит к вершине цели. Ребра графа-МС не являются статичными, они могут появляться и исчезать, могут усиливаться в процессе обучения и применения МС и ослабляться при забывании. Это является неотъемлемым свойством схем по У. Найссеру. Далее ментальный подход будет применен для формализации процесса решения задач и разработки «белого ящика» – модели обучающегося.

1.2.5. Выводы по параграфу

Таким образом, в параграфе рассмотрена классификация задач, показано, что высокую важность имеют расчетные задачи. Введено определение расчетной задачи безотносительно к предметной области через указание родового понятия и видового отличия. Приведена обобщенная схема решения расчетных задач и выделены этапы решения, которые трудно формализовать. Предложена идея использования модели «белый ящик» для контроля образовательных результатов. Разработаны критерии для этой модели, выполнение которых позволит применять ее для контроля и обучения. Проведено сравнение способов организации обучения и контроля с использованием моделей «черный ящик» и «белый ящик». Указана методическая основа для создания БЯ, пригодного для использования в дидактическом контроле. Описанной методологической основы достаточно для формализации умения решать расчетные задачи и разработки модели

обучающегося по которой возможен контроль рассматриваемого умения. Этому будет посвящен следующий параграф.

§ 1.3. Формализация умения решать расчетные задачи с позиций когнитивного подхода на основе структурно-ментальных схем

1.3.1. Вычислительные примитивы и структурно-ментальные схемы

При подготовке данного раздела использовались авторские идеи, опубликованные в работе [13].

Для обеспечения возможности формализации перечисленных выше этапов решения расчетной задачи и дальнейшего построения модели обучающегося, выделим в определенной предметной области элементарные явления (а также, объекты, процессы и ситуации) для которых существуют математические модели - законы, формулы или уравнения, их описывающие. В этих моделях будут фигурировать некоторые величины, характерные для данного явления. Единый объект, содержащий математическую модель и N параметров, связанных с величинами характерными для описываемого явления, назовем *вычислительным примитивом (ВП)*. В качестве примера рассмотрим несколько таких объектов – ВП из различных точных наук. Так, явление равномерного движения в простейшем случае характеризуется единственной величиной – скоростью равномерного движения. Математической моделью в данном случае является элементарная формула скорости равномерного движения. На рис. 9а изображен ВП, моделирующий расчет скорости равномерного движения. Величины, необходимые для ее вычисления: скорость равномерного движения (v), пройденный путь (S) и время движения (t). На рис. 9б изображен ВП, который является моделью расчета площади прямоугольного треугольника (S) по известным катетам (a и b). Количество вещества в химии (n) может быть вычислено по известной массе вещества (m) и его молярной массе (M), соответствующий ВП изображен на рис. 9в. Гидростатическое давление (p), как известно, определяется плотностью

жидкости (ρ) и глубиной погружения (h), ВП моделирующий его расчет приведен на рис. 9г (в этом примитиве ускорение свободного падения (g) считается известным параметром и не вынесено в качестве отдельной величины). Двухнаправленные стрелки на изображениях ВП несут смысловую нагрузку о которой будет сказано далее.

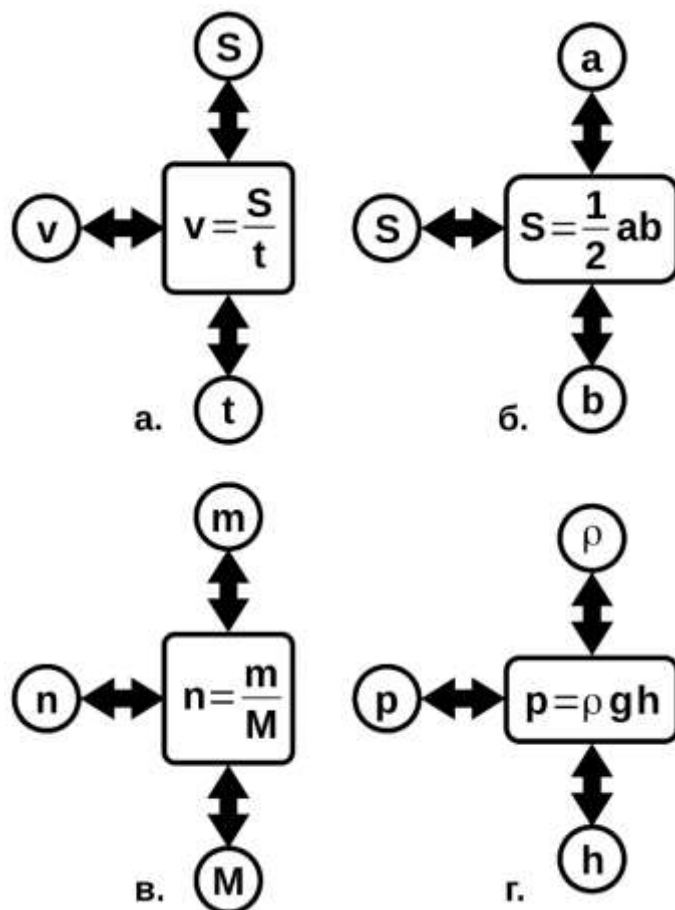


Рис. 9. Примеры вычислительных примитивов из различных дисциплин: а. скорость равномерного движения (физика); б. площадь прямоугольного треугольника (математика); в. молярная масса (химия); г. гидростатическое давление (гидродинамики)

Вычислительный примитив, по существу, представляет собой элементарный граф, центральным узлом которого является математическая модель, периферийными узлами – величины, входящие в эту модель. В терминах ментальной дидактики данная структура является ментальным зародышем – опорной точкой для последующего обучения [16, стр. 154]. В представлении

Дж. Андерсона узлы-величины являются слотами элементарных схем в [3, стр. 157]. Вычислительный примитив является моделью операции расчета одной величины по известным другим (или получения соответствующего выражения для вычисления), от которых она зависит. Из таких операций состоит решение системы уравнений способом подстановки. Для расчета одной из величин, входящих в какое-либо выражение необходимы значения остальных величин, поэтому ВП обязательно должен быть наделен свойством И-преобразования. Это свойство означает, что вычисление какой-либо одной величины возможно только при известных остальных величинах. И-преобразование накладывает условие на использование ВП, которое заключается в следующем: путь от центрального узла к одной из величин возможно провести, только при наличии всех остальных путей от величин к центральному узлу (математической модели). Пример ситуации, в которой это условие создаст существенное ограничение будет приведен далее. Таким образом, *вычислительный примитив* – это модель элементарной расчетной операции; элементарный граф, содержащий центральный узел – математическую модель явления, объекта или процесса и периферийные узлы – величины входящие в эту модель, и наделенный свойством И-преобразования.

Обычно, предметные области объединяют множество явлений, объектов и процессов, которые описываются, как правило, одним набором величин, поэтому для отдельной, более-менее большой, обособленной предметной области возможно выделить несколько вычислительных примитивов в математические модели которых будут входить одинаковые величины. Если объединить в граф несколько таких ВП относящихся к одной предметной области так, что узлы-величины будут едиными для всех ВП в математические модели которых они входят, то получим структуру (граф), которую далее будем называть структурно-ментальной схемой (СМС). Так, если примитивы А и В содержат одинаковую величину X, то в СМС будет включен единственный узел, соответствующий величине X. Если же величина X1 может в некоторых задачах пониматься как величина X2 (но в общем случае они являются различными), то в таком случае обе эти величины входят в СМС независимо друг от друга, однако между ними также проводится связь. Кроме

этого в СМС могут быть включены узлы-величины, которые явно не входят в вычислительные примитивы, они могут быть отождествлены с величинами, которые содержатся в примитивах. Данные схемы будут отражать логические взаимосвязи между элементами предметной области. Для конструирования СМС необходимо определить вычислительные примитивы, характерные для рассматриваемой предметной области.

Описанные графы – СМС, позволяют формализовать решение расчетных задач. Так, решение представляется в виде пути на графе СМС, который проводится от узлов-величин, известных по условию задачи к узлу-величине которую необходимо определить. Основную смысловую нагрузку при этом несут связи СМС. Существует три вида связей:

- связь, направленная от узла-величины к узлу-модели, формализует подстановку исходных данных в выражения для расчета;

- связь, направленная от узла-модели к узлу-связи, формализует вычисление искомой величины;

- связь, проведенная между узлами-величинами, формализует отождествление величин.

На изображении СМС данные связи обозначены стрелками, это позволяет естественным образом избежать дублирования, задваивания связей. Так связь от узла-величины к узлу-модели, и обратная связь от узла-модели к узлу-величине обозначаются одной линией со стрелками на концах. Каждая стрелка в таком случае обозначает связь. Поэтому далее будет использован единый термин «стрелка-связь», под которым будем понимать стрелку на изображении структурно-ментальной схемы, которая обозначает связь, т.е. некоторую операцию в решении расчетной задачи.

Основными операциями мышления являются *анализ* и *синтез* [129, стр. 324]. Эти операции возможно формализовать с помощью узлов и связей СМС. Анализ условия и выделение исходных данных необходимых для решения представляется на СМС выбором исходных узлов-величин. Определение величины, которую требуется вычислить по условию задачи представляется на схеме поиском

узла-величины, которую необходимо вычислить. Операция синтеза в мышлении при решении задач заключается в выборе необходимых уравнений для описания ситуации представленной в задаче и решении системы этих уравнений – получении тем самым расчетной формулы. Выбор уравнений, законов и формул, необходимых для решения, представляется на СМС выбором необходимых узлов-моделей и узлов-величин, через которые пройдет путь от узлов-данных к узлу-цели, тем самым формализовав решение задачи. Решение системы уравнений, которая представляет ситуацию, описанную в задаче на схемах, представляется проведением пути от узлов-данных к узлу-цели. Так, оказывается возможным формализация всех, наиболее существенных этапов решения расчетной задачи. Таким образом, согласно описанной технологии представляется возможным формализовать решение расчетной задачи используя понятия вычислительный примитив и структурно-ментальная схема. Окончательно, *структурно-ментальная схема* (СМС) – это граф составленный из вычислительных примитивов и при необходимости отдельных узлов-величин.

1.3.2. Примеры структурно-ментальных схем

В данном разделе демонстрируется возможность применения описанного подхода для конструирования структурно-ментальных схем по некоторым общеобразовательным дисциплинам, в которых встречается решение расчетных задач: физике, информатике, биологии, химии и математике.

На рис. 10 а представлен пример СМС по элементарной физике, по теме «давление, сила тяжести». Данная СМС содержит два примитива. Первый примитив – расчет силы тяжести, действующей на тело (под силой тяжести понимается сила, с которой Земля притягивает к себе тело, находящееся на ее поверхности). В этот примитив входит математическая модель – формула силы тяжести и две величины: масса тела (m) и собственно сила тяжести (F_T). Ускорение свободного падения в данном случае считается известной константой и вычислению не подлежит. Второй примитив – расчет давления. Он содержит в качестве математической модели определяющее выражение для давления тела, и

три величины которые входят в данную формулу: давление (p), сила с которой тело действует на опору (F) и площадь основания тела (S). Данный простейший пример ограничивается только теми случаями, когда тело оказывает давление только вследствие притяжения к Земле, т.е. когда оно действует на опору с силой тяжести. Это замечание несколько ограничивает круг задач, которые возможно формализовать с помощью данной схемы, однако ее легко расширить, добавив другие ВП, например, на расчет площади основания тела, его объема и плотности.

Схема, составленная из данных примитивов, позволяет формализовать решение некоторых простых задач по соответствующей теме. Так, решение задачи: *«Вычислите давление, которое оказывает мраморная колонна, если площадь ее основания равна $0,12 \text{ м}^2$, а масса колонны 950 кг . (Ответ: 80 кПа)»*, может быть представлено в виде пути на СМС, который изображен на рис. 10 б. На этом рисунке цель решения обозначена двойным кругом, узлы-исходные данные выделены темным цветом. Аналогичным образом возможно формализовать решение задач на вычисление других величин, входящих в данную схему. Не сложно подсчитать, что в данном примере принципиально различных задач, решение которых возможно формализовать на представленной на рис. 10 а СМС, может быть всего восемь. Однако, вариативность быстро возрастает с увеличением количества примитивов, входящих в структурно-ментальную схему.

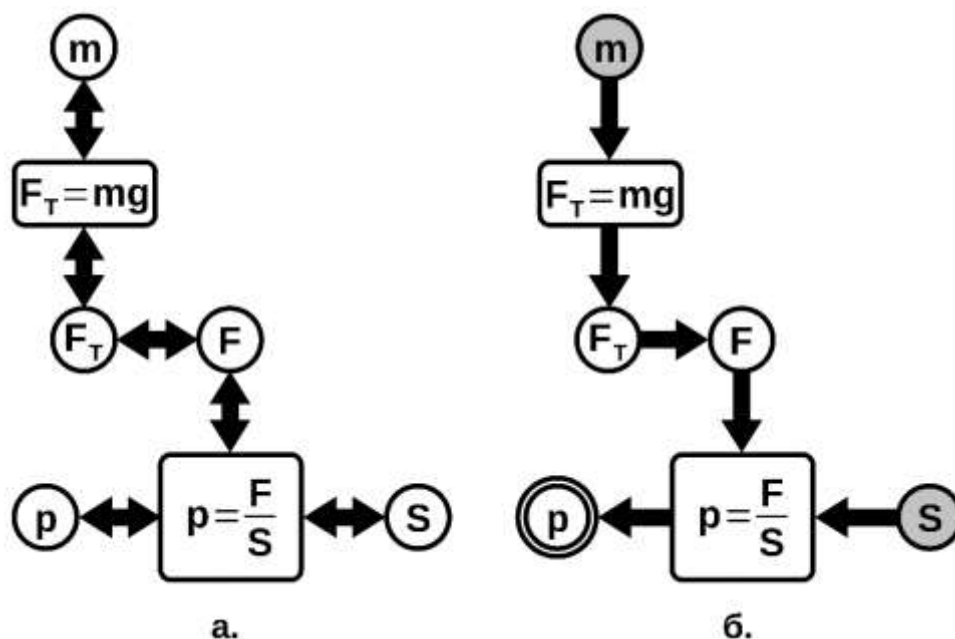


Рис. 10. а. СМС по элементарной физике, по теме «давление, сила тяжести»; б. СМС решения частной задачи. Обозначения: m – масса тела; F – сила, с которой тело действует на опору; F_T – сила тяжести; p – давление, которое оказывает тело, S – площадь опоры тела

Описанный подход возможно применить не только для формализации расчетных задач по физике. В качестве примера далее приводится несколько СМС по различным дисциплинам, в которых также возможно формализовать решение расчетных задач, посредством выделения вычислительных примитивов и составления структурно-ментальных схем. На рис. 11 а приведен пример СМС по информатике, по теме «измерение информации». Эта схема содержит три вычислительных примитива. Первый примитив – моделирует связь мощности алфавита (N) и информационного веса символа (i). Математической моделью в нем является общеизвестная формула Хартли. Второй примитив – соответствует расчету информационного объема сообщения (I), по известному информационному весу символа (i) и количеству символов в сообщении (k). Математическая модель в этом случае – произведение информационного веса одного символа и количества символов в сообщении. Третий примитив – расчет количества символов в многостраничном сообщении (k). Для этого элементарного вычисления

необходимы: количество страниц сообщения (p), количество строк на странице (L) и количество символов в строке (n). Описанная СМС позволяет решать многие простые задачи по данной теме. Примером может послужить следующая задача: «Для записи текста использовался 128-символьный алфавит. Какое количество информации содержат 3 страницы текста, если на каждой странице расположено 40 строк по 60 символов в строке? (Ответ: 50400 бит)». СМС решения этой задачи приведена на рис. 11 б. Здесь, также, как и в прошлом примере, цель решения обозначена двойным кругом, исходные данные серым цветом.

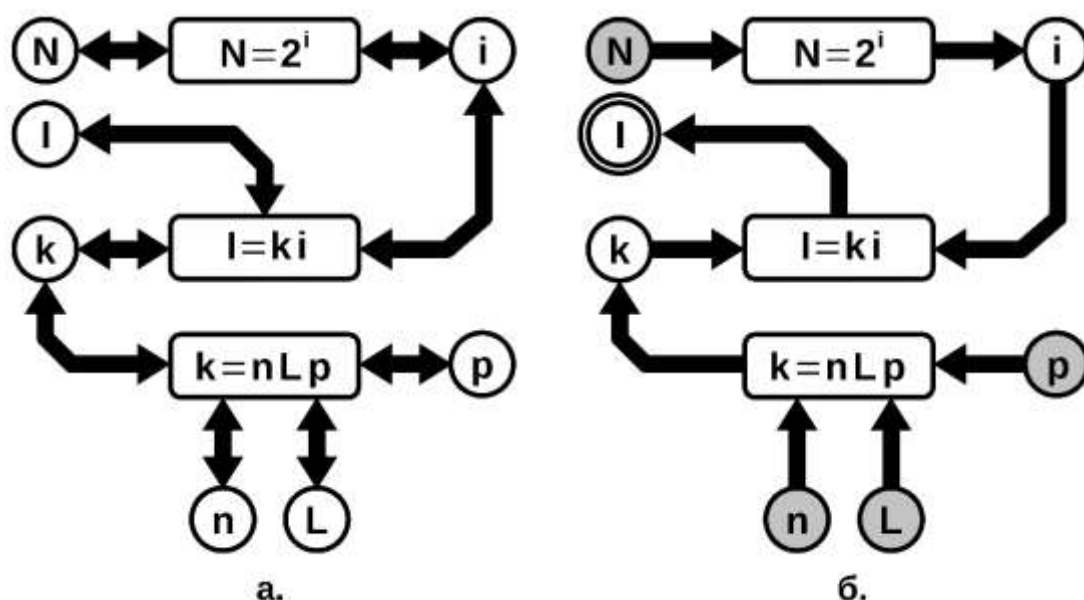


Рис. 11. а. СМС по информатике, по теме «измерение информации»;
 б. СМС решения частной задачи. Обозначения: N – мощность алфавита;
 i – информационный вес символа; I – информационный объем сообщения;
 k – количество символов в много страничном сообщении; p – количество страниц;
 n – количество символов в строке; L – число строк на странице

В биологии также встречаются некоторые расчетные задачи. Преимущественно это задачи молекулярной биологии, по теме «белки». СМС формализующая решение задач по данной теме представлена на рис. 12 а. Она содержит два вычислительных примитива. Первый примитив – расчет

минимальной атомной массы аминокислотного остатка (M_{\min}). Величины, необходимые для этого расчета: атомная масса компонента белка (a) и процентное содержание этого компонента (b). Второй примитив – модель расчета количества аминокислотных остатков в белке (N) по минимальной атомной массе аминокислотного остатка (M_{\min}). При этом средняя атомная масса аминокислотного остатка принимается равной 120 а.е.м. Примером по данной теме может послужить следующая задача: «Белок содержит 0,5% глицина. Вычислите количество аминокислотных остатков в этом белке, если атомная масса глицина равна 75,1 а.е.м. (Ответ: 125)». СМС решения данной задачи приведена на рис. 12 б. Двойным кругом обозначена цель решения, серым цветом выделены исходные данные.

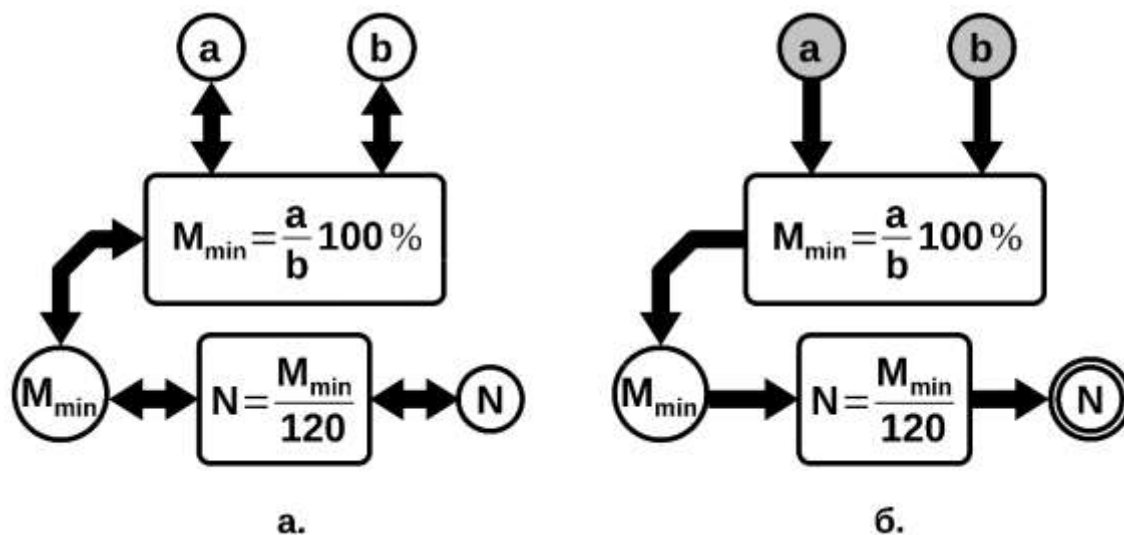


Рис. 12. а. СМС по дисциплине биология, по теме «белки»; б. СМС решения частной задачи.

Обозначения: a – атомная масса компонента; b – процентное содержание компонента; M_{\min} – минимальная молекулярная масса белка, N – количество аминокислотных остатков

Аналогичным образом можно составить СМС по химии, например, по теме «растворы». Соответствующая схема приведена на рис. 13 а. Она содержит два вычислительных примитива. Первый примитив – расчет массовой доли растворенного вещества. Величинами в нем являются собственно массовая доля

растворенного вещества (ω), масса растворенного вещества (m_B) и общая масса раствора (m_{OB}). Математической моделью этого примитива является выражение для расчета массовой доли растворенного вещества в процентах. Второй примитив – расчет массы раствора (m_{OB}) по массе вещества (m_B) и массе растворителя (m_P). Математическая модель в этом случае – элементарное суммирование массы вещества и массы растворителя. На рис. 13 б приведена схема решения следующей типовой задачи: «*Определите массовую долю растворенного вещества в растворе, полученном растворением хлорида кальция массой 10 г в воде массой 70 г (Ответ: 12,5%)*». Цель решения указана двойным кругом, исходные данные выделены.

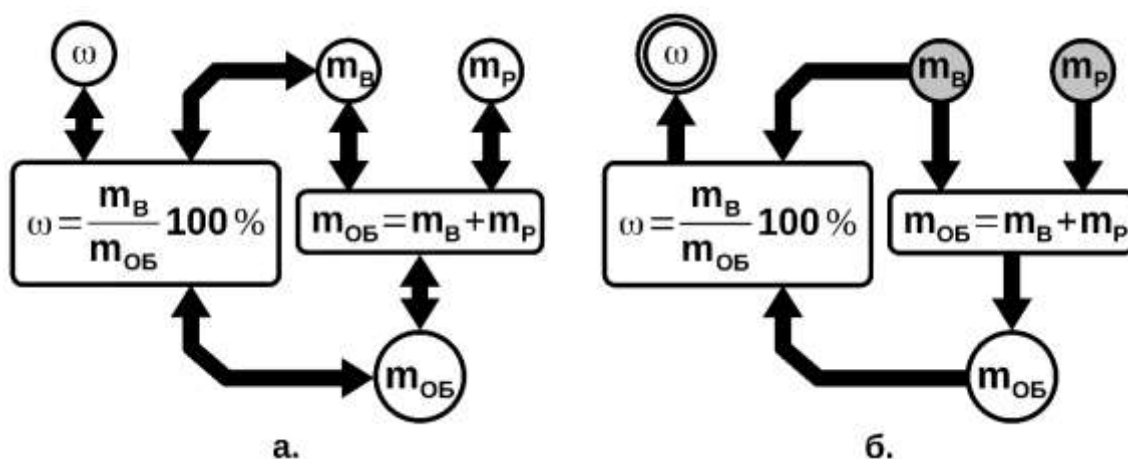


Рис. 13. а. СМС по дисциплине химия по теме «растворы»; б. СМС решения частной задачи. Обозначения: m_{OB} – общая масса раствора; m_B – масса растворенного вещества; m_P – масса растворителя; ω – массовая доля растворенного вещества

Описанные выше СМС по различным дисциплинам не содержат большого количества вычислительных примитивов. Для более подробного рассмотрения данного подхода необходимо так же составить СМС содержащую множество ВП. Для этой цели составим СМС по математике, по теме «площадь треугольника», она приведена на рис. 15 а. Существует множество формул для вычисления площади треугольника, каждая из которых может послужить основой отдельного ВП. Все же, в данном примере ограничимся двумя примитивами, моделирующими вычисление площади и один дополнительный – вычисление радиуса описанной

вокруг треугольника окружности. Таким образом, схема будет содержать три примитива, на рис. 15 а их центральные узлы пронумерованы римскими цифрами. Первый примитив (I) – расчет площади треугольника (S) по основанию (a) и высоте треугольника (h). Вторым (II) – расчет площади треугольника (S) по сторонам (a), (b), (c) и радиусу описанной окружности (R). Третий (III) – вычисление радиуса описанной окружности (R) по двум сторонам (b), (c) и высоте (h). Для примера рассмотрим следующую задачу: «Вычислите радиус описанной вокруг треугольника окружности, см. рис. 14, если площадь треугольника равна 6, стороны $a=4$, $b=3$, $c=5$. (Ответ: 2,5)».

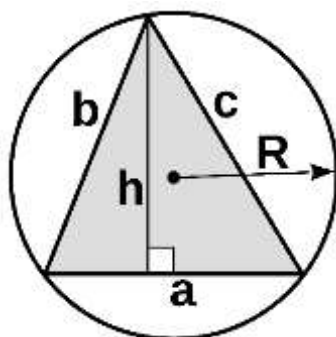


Рис. 14. Иллюстрация к примеру расчетной задачи по математике

Структурно-ментальная схема решения приведенной выше задачи изображена на рис. 15 б. Цель решения обозначена двойным кругом, исходные данные отмечены темным цветом, часть СМС которая не используется для формализации решения данной конкретной задачи прорисована бледно серым цветом.

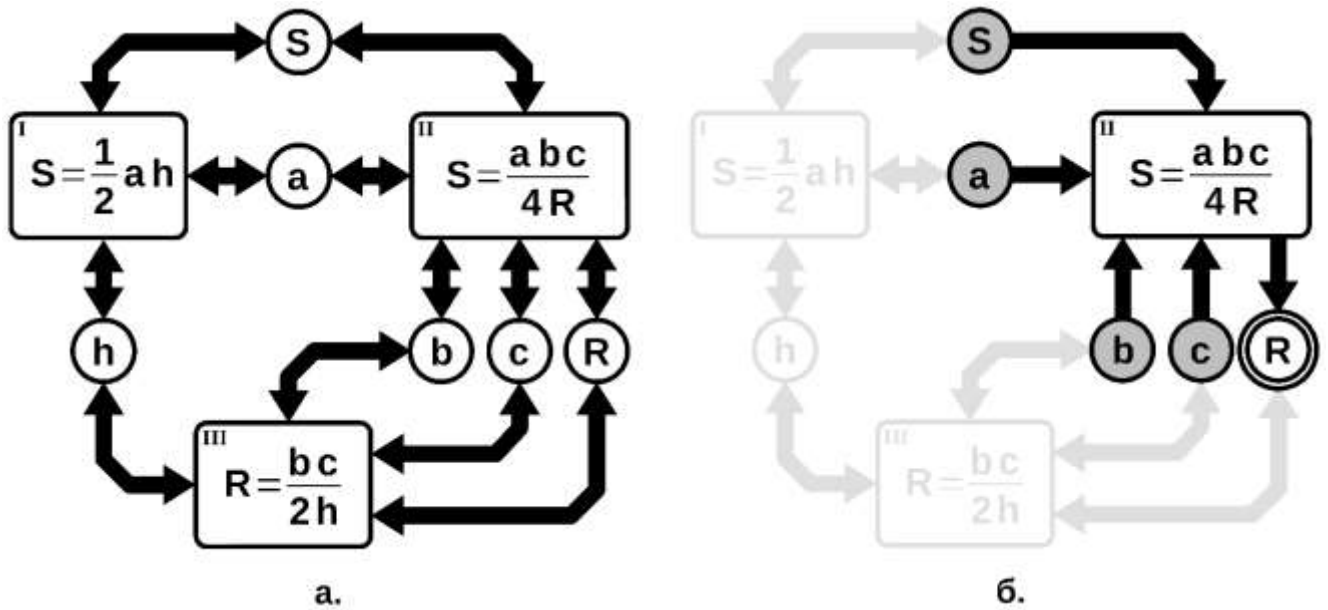


Рис. 15. а. СМС по математике, по теме «площадь треугольника»; б. СМС частной задачи. Обозначения: S – площадь треугольника; a , b , c – стороны треугольника; h – высота треугольника; R – радиус окружности описанной около треугольника

Легко заметить, что любое из трех выражений, являющихся математическими моделями для примитивов входящих в описанную СМС, можно вывести используя два других. Однако, это не делает представленную схему избыточной, поскольку исключение одного из примитивов из данной СМС приводит к тому, что она теряет общность, из-за чего становится невозможной формализация решения некоторых задач. Исключив из СМС примитив под номером III, связанный с вычислением радиуса описанной вокруг треугольника окружности по двум сторонам и высоте, пропадает возможность формализовать решение, например, задачи такого вида: «Вычислите радиус описанной вокруг треугольника окружности по известным сторонам b , c и высоте h ». Не вызывает сомнений то, что данная задача имеет решение без явного применения формулы для расчета радиуса описанной вокруг треугольника окружности. Для ее решения, достаточно выразить сторону (a) из формулы I, после чего подставить полученное выражение в формулу II. Эти операции дадут выражение, содержащее две стороны, высоту и искомый радиус описанной окружности. После этого останется выразить искомый радиус описанной окружности и вычислить его. По существу, описанная

последовательность действий является выводом формулы радиуса описанной окружности. Если же исключить ВП под номером III из схемы, приведенной на рис. 15 а такое решение станет невозможно представить в виде пути на СМС так, чтобы выполнялось условие диктуемое свойством И-преобразования, о котором говорилось выше. В данном примере это означает невозможность вычисления стороны (a) из формулы I, т.к. для этого необходимо знать площадь треугольника, которая по условию задачи неизвестна. В то же время, присутствие в СМС вычислительного примитива с математической моделью – формулой, прямого вычисления радиуса описанной вокруг треугольника окружности (формула III), позволяет легко формализовать процесс решения этой задачи. Возможность решить задачу без использования примитива III также остается. Таким образом, в данной теме будут наблюдаться задачи, имеющие два способа решения. Отразить данную особенность на СМС, сконструированных описанным выше способом, пока не представляется возможным. Также, как не представляется возможным формализовать процесс распознавания способа решения подобных задач. Данная проблема выходит за рамки дидактических научных проблем и относится к отрасли искусственного интеллекта.

Как показывает практика, ситуации в которых задачи могут решаться формально различными способами будут возникать в тех случаях, когда в СМС входят взаимосвязанные вычислительные примитивы, подобно тому как взаимосвязаны примитивы в последнем примере (которые могут быть выведены из других ВП уже содержащихся в СМС). Эта особенность СМС может быть рассмотрена как погрешность данной модели.

Приведенных пяти примеров структурно-ментальных схем (по физике, информатике, биологии, химии и математике) достаточно для того, чтобы всесторонне описать данный подход и продемонстрировать его универсальность для формализации решения расчетных задач по различным дисциплинам. Не возникает сомнений в том, что подобный подход возможно применить в других областях, в первую очередь, конечно, к точным, техническим и естественным наукам.

Идея представления решение расчетной задачи в виде графа как процесс перехода от известных значений величин, к искомой величине не является новой, [158, 21, 151]. Введенные структурно-ментальные схемы предметной области являются близкими к графам вычислений [113, стр. 208], а СМС решения задачи близки к потоковым сетям [85, стр. 135]. Однако, и графы вычислений, и потоковые сети являются больше моделями вычислений или структурами данных, которые применяются для решения задач близких к области искусственного интеллекта. В данной же работе вопросы автоматизации вычислений не поднимаются, а используемые графовидные структуры – структурно-ментальные схемы применяются для описания предметной области, и составляют основу «белого ящика», т. е. модели обучающегося. Поэтому отличие разрабатываемого в данной работе подхода заключается, главным образом, в контексте использования таких графовидных структур. Все же, наиболее же близким к данной работе является подход к применению графов с позиций программированного обучения, развитый в работах В.И. Сосновского [141, стр. 11-12]. Однако, там В.И. Сосновский рассматривает граф как способ записи алгоритма решения, полный граф решения задач по заданной теме представляется суперпозицией таких алгоритмов всех задач. Не смотря на кажущуюся, на первый взгляд схожесть, развиваемый в настоящей работе подход к моделированию умения обучающегося решать расчетные задачи, основанный на вычислительных примитивах и структурно-ментальных схемах, имеет ряд существенных отличий и преимуществ, перед рассмотрением данного вопроса с позиций программированного обучения. Во-первых, графы, предложенные В. И. Сосновским как алгоритмы решения задач, содержат только узлы-величины, и не содержат узлов – математических выражений. Это не позволяет рассматривать данные графы как полноценные алгоритмы решения, поскольку математические модели явлений, зафиксированные в виде физических законов, уравнений и формул, в графы В. И. Сосновского явно не входят. Кроме этого отсутствие узлов – математических выражений делает невозможным указать на таких графах операции подстановки известных значений в выражения и вычисления значения искомой величины из какого-либо выражения.

Поэтому, графы в том виде, что представлены в работе [141] формализуют решение в несколько ограниченном виде. Во-вторых, рассмотрение с позиций программированного обучения ограничивается исключительно формализацией решения задачи. В парадигме ментальной дидактики подобные графовидные модели приобретают смысл не только формальных алгоритмов решения задачи, а развиваются далее, в модель обучающегося, благодаря которой становится возможным построить «белый ящик» и использовать все его преимущества по сравнению с «черным ящиком».

Следует также признать, что данный подход не лишен недостатков. При попытке составить структурно-ментальную схему достаточно большой предметной области будут неизбежно возникать ситуации, в которых, как было показано, при одном и том же наборе исходных данных будут существовать различные пути на СМС, которые будут приводить к одинаковым узлам-целям. Если такая ситуация будет соответствовать принципиально различным способам решения задачи, то это следует признать преимуществом данного подхода. Однако, при попытке автоматизации контроля и построения белого ящика на основе данного подхода, будет достаточно проблематично определить каким именно способом была решена задача.

Кроме того, увеличение числа ВП отдельно взятой СМС будет приводить к пересечению ее ребер. Для программной реализации это не является проблемой, однако изобразить графа при многочисленных пересечениях будет затруднительно. Одним из преимуществ формализации умения решать задачи с помощью СМС является наглядность представления. При многочисленных пересечениях ребер на изображении СМС ее восприятие может оказаться затруднительным. Данную трудность наиболее легко преодолеть, отказавшись от попытки составить СМС большого раздела или разбив его на несколько подразделов и соответственно составить несколько малых СМС. Это также избавит от ситуаций неоднозначности при попытках идентифицировать ход решения задачи, однако приведет к невозможности формализации решения сложных задач, которые затрагивают различные явления и обычно относятся к задачам повышенной трудности. В этой

ситуации необходимо найти разумный компромисс, между тем, чтобы не сузить множество рассматриваемых задач до тривиальных, и в тоже время составить как можно более простую СМС. Единое правило выбора количества примитивов для разработки оптимальной СМС предложить проблематично. Обобщая опыт составления СМС можно дать рекомендацию, что в СМС, содержащей не более пяти ВП двойственность в решении задач будет практически отсутствовать. Скорее же всего для каждой предметной области данную трудность необходимо разрешать отдельно, исходя из логики дисциплины, решение задач по которой необходимо формализовать.

Помимо этого, определенное затруднение составит также и то, что существуют закономерности – математические модели, в которых могут присутствовать суммы с переменным числом слагаемых в зависимости от конкретных условий. Такой закономерностью является, например, в физике второй закон Ньютона, в котором присутствует сумма сил, действующих на тело. Этот закон может быть записан в виде:

$$ma = \sum \vec{F}$$

где сумма в правой части равенства, вообще говоря, может содержать неограниченное число слагаемых. В связи с этим возникает трудность разработать вычислительный примитив в виде элементарного графа, подобного тем, которые изображены на рис. 9. Следствием этого становится затруднительным включить данный закон в граф-СМС, поскольку однозначно невозможно сказать, сколько величин фигурирует в его математическом выражении. В то же время невозможно представить решение задач по физике без задач по теме динамика в которых необходимо пользоваться именно этим законом. Таким образом, данное затруднение является серьезной помехой для применения описанного подхода. В данном случае, наиболее простым выходом является искусственное ограничение числа ситуаций, на которые распространяется действие данного закона. Так, в приведенном выше примере со вторым законом Ньютона можно рассмотреть ситуации, в которых в сумму в правой части равенства входят, например, только

сила трения и сила тяги/упругости для горизонтального движения или сила тяжести и сила упругости для вертикального движения. Возможно проблему с неограниченными суммами возможно решить каким-то более изящным способом, без искусственного ограничения числа слагаемых. Однако, последнее может быть предпочтительным также в плане упрощения визуального изображения СМС. Очевидно, что на базовом уровне вполне возможно прибегнуть к такому упрощению. Формализация решения расчетных задач повышенного уровня сложности может потребовать разработки принципиально другого способа, ввиду того, что такие задачи, обычно предполагают использование для решения нескольких разнообразных законов и формул, которые будет проблематично собрать в единой универсальной СМС.

Введенные СМС, конечно же, являются моделью предметной области. Однако, на их основе возможно формализовать умения решать расчетные задачи, присущее конкретному обучающемуся, то есть создать модель схем о которых говорил У. Найссер в своей работе «Познание и реальность» [99], модель обучающегося. Неотъемлемым свойством схем У. Найссера является их динамичность, изменчивость. Наделить СМС таким свойством возможно, если придать каждой связи вес, который будет изменяться под влиянием различных факторов. Увеличение веса в данном случае будет моделировать укрепление части схемы, а уменьшение, соответственно – ослабление. Ситуации в которых будут корректироваться веса и правила корректировок, должны определяться конкретной прикладной реализацией и, в общем случае, могут быть различными.

Таким образом, описанные структурно-ментальные схемы, полностью соответствуют представлениям о когнитивных схемах [26, стр. 135-136]. Они обладают целостностью и автономностью относительно других знаний, определяются через присущие объекту свойства, т.е. отражают некоторую предметную область, могут иметь «пустые места», которые можно заполнить специфическими элементами ситуации, т.е. значениями известных величин, определенными по условию задачи, поддаются расширению, т.е. их можно дополнить смежными вычислительными примитивами.

1.3.3. Выводы по параграфу

В данном параграфе введено понятие вычислительный примитив, приведены примеры различных вычислительных примитивов. Указаны свойства вычислительных примитивов. На основе этого понятия развито понятие структурно-ментальная схема. Описаны правила построения структурно-ментальных схем, а также возможные в них виды связей, и указано каким операциям в решении задач соответствуют эти связи. Приведены примеры вычислительных примитивов и структурно-ментальных схем по различным дисциплинам в которых встречается решение расчетных задач: физике, информатике, биологии, химии и математике. Показаны примеры типовых задач по этим дисциплинам и структурно-ментальные схемы их решения. Обсуждены некоторые частные случаи и особенности построения структурно-ментальных схем в них. Указаны возможные недостатки и проблемы, возникающие при попытках построения больших СМС. Предложен способ придания СМС динамичности, через придание связям весов.

Разработанный подход к формализации решения расчетных задач позволяет создать модель обучающегося – «белый ящик», пригодный для построения на его основе автоматизированной системы формирования умения решать расчетные задачи для студентов системы среднего профессионального образования.

Таким образом, первое положение, выносимое на защиту, является доказанным, т.е. на основе структурно-ментальных схем возможна формализация умения решать расчетные задачи по заданной теме.

Разработке модели обучающегося и построению на ее основе автоматизированного средства обучения, посвящена вторая глава диссертации, где также исследуется результативность разработанного средства.

ГЛАВА 2. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНТЕРАКТИВНАЯ ПРОГРАММНАЯ СРЕДА ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРСОНИФИЦИРОВАННОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО РЕШЕНИЮ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ (НА ПРИМЕРЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ)

§ 2.1. Содержание автоматизированной интерактивной программной среды

При подготовке данного параграфа использовались авторские идеи, опубликованные в работе [108].

2.1.1. Концептуальная модель программной среды

Для практической реализации описанных в первой главе теоретических идей в едином средстве обучения, потребуется разработать несколько связанных компьютерных программ, решающих различные задачи для достижения единой цели. По этой причине, далее, речь будет идти о разработке целостной программной среды. Под программной средой будем понимать набор приложений для определенного круга пользовательских задач. Эти приложения должны будут выполнять различные, весьма непохожие друг на друга, функции, направленные на создание модели обучающегося, подходящей для использования в качестве «белого ящика» при контроле и формировании умения решать расчетные задачи на примере физических задач. В виду того, что наблюдается неуклонный рост рынка электронного образования [53], наиболее перспективной следует признать реализацию программной среды в виде веб-приложения. Такое решение придаст программной среде ряд существенных преимуществ. Во-первых, пользоваться ей возможно будет независимо от места пребывания обучающегося – доступность сети internet в современном обществе крайне высока. Этот аспект может оказаться чрезвычайно важным, как, например, при дистанционном обучении студентов с инвалидностью [109], так и при организации дистанционного обучения [33].

Во-вторых, среда станет практически независимой от аппаратного обеспечения пользователя – веб-приложения возможно запускать как на персональном компьютере, так и на мобильном устройстве (смартфоне, планшетном компьютере). В-третьих, очевидно, программная среда в виде веб-приложения станет полностью кроссплатформенной – большинство веб-браузеров имеют версии для используемых сегодня операционных систем. Таким образом, далее будет идти речь об интерактивной автоматизированной программной среде (АИПС).

Компоненты проектируемой программной среды не являются множеством отдельных элементов, а, в свою очередь, должны представлять подсистемы, которые составляют единую систему. Взаимоотношение компонентов АИПС отражено в концептуальной модели автоматизированной интерактивной программной среды, схема которой изображена на рис. 16.

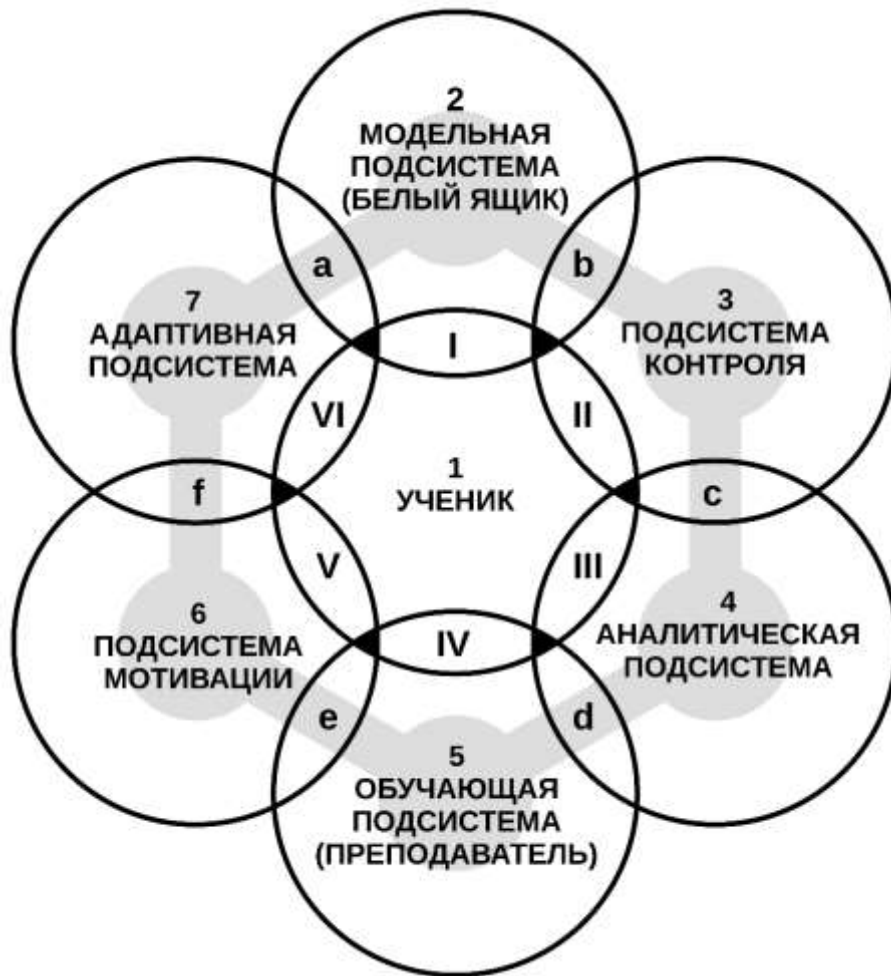


Рис. 16. Схема концептуальной модели автоматизированной интерактивной программной среды

На рис. 16 также отмечены обучающийся и преподаватель. Эти участники образовательного процесса не входят в автоматизированную программную среду, однако тесно взаимодействуют с ней, поэтому уместно изобразить их в единой схеме, совместно с компонентами программной среды. На приведенной схеме все содержание АИПС построено вокруг обучающегося, в соответствии с принципом персонифицированного обучения.

Компонентами программной среды и непосредственными участниками образовательного процесса в данной концептуальной модели выступают:

1 – Ученик.

2 – Модельная подсистема (белый ящик), модель обучающегося соответствующая определенным требованиям (см. раздел 1.2.3), отражающая его необходимые качества.

3 – Подсистема контроля обеспечивает выявление, измерение и оценку образовательных результатов, полученных обучающимся.

4 – Аналитическая подсистема обеспечивает сбор, систематизацию, анализ и различную обработку информации об ученике, полученную в процессе обучения.

5 – Обучающая подсистема (педагог, преподаватель, учитель) сопровождает образовательный процесс, управляет им и отвечает за результаты обучения. В роли обучающей подсистемы может выступать и цифровое средство обучения (компьютерная программа), в этом случае ответственность за результаты обучения возлагается на автора и разработчика этого средства.

6 – Подсистема мотивации способствует внутренней мотивации ученика.

7 – Адаптивная подсистема обеспечивает необходимую самонастройку компонентов АИПС под обучающегося, по различным параметрам. Например, сложность и/или содержание предъявляемого обучающемуся учебного материала по уровню подготовленности ученика, форма представления учебного материала по ведущему типу восприятия ученика и т. п.

Указанные подсистемы находятся в тесной взаимосвязи между собой. Это обстоятельство возможно описать, рассмотрев пересекающиеся области между кругами, обозначающими подсистемы на рис. 16. Схема концептуальной модели АИПС составлена таким образом, что эти области соответствуют наиболее значимым аспектам взаимодействия компонентов программной среды. Эти области обозначены буквами латинского алфавита:

а – Адаптация АИПС под конкретного обучающегося происходит при учете параметров модели обучающегося.

б – Контроль соответствует принципам обучения с использованием модели «белый ящик» и происходит по модели обучающегося.

с – Данные контроля попадают в подсистему сбора, систематизации и анализа информации.

d – Информация об обучающемся необходима преподавателю для сопровождения и управления образовательным процессом.

e – Преподаватель взаимодействует с подсистемой мотивации, способствуя ее нормальному функционированию.

f – Подсистема адаптации взаимодействует с подсистемой мотивации, подстраиваясь под обучающегося и тем самым делая взаимодействие с программной средой наиболее комфортным, что способствует мотивации.

Так же, с помощью пересекающихся областей, пронумерованных римскими цифрами, на рис. 16 обозначены следующие аспекты взаимодействия обучающегося с подсистемами АИПС и преподавателем:

I – Ученик взаимодействует с моделью «белый ящик», в результате этого модель настраивается на ученика, отражает его качества. Одновременно с этим обучающемуся доступна информация о состоянии его модели.

II – Ученику доступны результаты контроля по его модели и он способен влиять на них, через учебные действия которые находят отражение в модели ученика, формируют ее.

III – Ученик обладает информацией, накапливающейся о нем в процессе обучения. Понимание того, что его действия документируются и доступны для анализа и обработки способствует формированию осознанного и ответственного отношения к обучению.

IV – Обучающийся очно взаимодействует с преподавателем, в результате чего возможно: получение дополнительных сведений относящихся к изучаемой предметной области, подкрепление мотивации, оказание поддержки при возможных затруднениях, обеспечение обратной связи для коррекции образовательного процесса.

V – Подсистема мотивации, взаимодействуя с обучающимся, обеспечивает формальные инструменты мотивации.

VI – Адаптивная подсистема в результате взаимодействия с обучающимся обеспечивает самонастройку компонентов АИПС под обучающегося, по различным параметрам.

Указанные подсистемы автоматизированной интерактивной программной среды, помимо «соседних» на рис. 16 взаимодействий, могут взаимодействовать между собой в самых различных комбинациях. Представить полный набор таких комбинаций в виде пересечения областей отдельных подсистем и описать смысл каждого пересечения не представляется возможным без существенного усложнения схемы концептуальной модели и формального описания аспектов, не затронутых в данной работе. Однако, такая взаимосвязь очевидна, и с целью подчеркнуть это в схеме концептуальной модели, на рис. 16 изображен шестиугольный контур, охватывающий все элементы АИПС.

2.1.2. Предметные структурно-ментальные схемы

Первым шагом в разработке программной среды, соответствующей концептуальной модели, должно стать определение ее содержания. Для этого необходимо определиться на каком именно учебном материале будут построены СМС, как именно будет реализована их динамичность, как будет реализовано функционирование данной программной среды. Данный раздел посвящен описанию именно этого содержания программной среды.

Итак, содержание, заложенное в основу разрабатываемой программной среды, будет основано на начальных сведениях из элементарного курса физики. Именно на подобных базовых понятиях, законах и явлениях строится фундамент будущего умения решать расчетные задачи как базового, так и повышенного уровня сложности. Многолетний опыт преподавания в образовательной организации среднего профессионального образования, показывает отсутствие базовых умений решения даже самых простых задач у некоторых студентов, особенно первокурсников – тех, которые недавно закончили получение основного общего образования. Однако, эти умения чрезвычайно важны для дальнейшего изучения физики в рамках получения среднего общего образования и в последующем для различных технических дисциплин по профилю получаемой специальности/профессии. По этой причине для содержания разрабатываемой программной среды выбраны начальные темы элементарного курса физики.

Многие педагоги, авторы как современных учебников [112, 46, 54], так и классики [90] считают, что эти базовые сведения должны быть начальными знаниями из механики по темам: равномерное механическое движение и средняя скорость, плотность, давление, работа и мощность, энергия. Именно эти пять разделов элементарной физики должны стать содержанием структурно-ментальных схем потому, что в них обучающийся впервые сталкивается с физическими формулами, с необходимостью решать расчетные задачи по физике.

Тема: скорость. Для разработки СМС по этой теме необходимо выделить вычислительные примитивы. В данном случае достаточно двух ВП. Первый – расчет средней скорости (v_{cp}). Известно, что для расчета средней скорости необходимо весь путь, пройденный телом, разделить на все время движения. Пройденный же путь может быть разбит на несколько участков, которые тело проходит за разные времена. Это приводит к тому, что в формула для вычисления средней скорости может содержать сумму неограниченного числа слагаемых (путей в числителе и соответствующих времен в знаменателе). В таком виде использовать выражение для расчета средней скорости при конструировании ВП невозможно. Об этой проблеме говорилось выше. Чтобы иметь возможность составить ВП, моделирующий расчет средней скорости, ограничим число возможных слагаемых в этой формуле до двух. Рассмотрение двухкомпонентного движения для изучения понятия средней скорости вполне достаточно, поскольку даже на таком элементарном примере возможно рассмотреть все разнообразие задач по данной теме. Изучение трех- и более компонентного движения конечно же усложнит расчеты в задачах, но качественно не даст ничего нового. По этой причине, далее будем рассматривать такое явление: материальная точка движется равномерно по пути, состоящему из двух участков, причем, первый участок пути длиной (S_1) проходит за время (t_1), а второй участок пути (S_2) проходит за время (t_2). Вычислительный примитив, моделирующий вычисление средней скорости такого двухкомпонентного движения представлен на рис. 17 а. Второй – расчет скорости равномерного движения (v) по пройденному пути (S) и времени движения

(t), см. рис. 17 б.

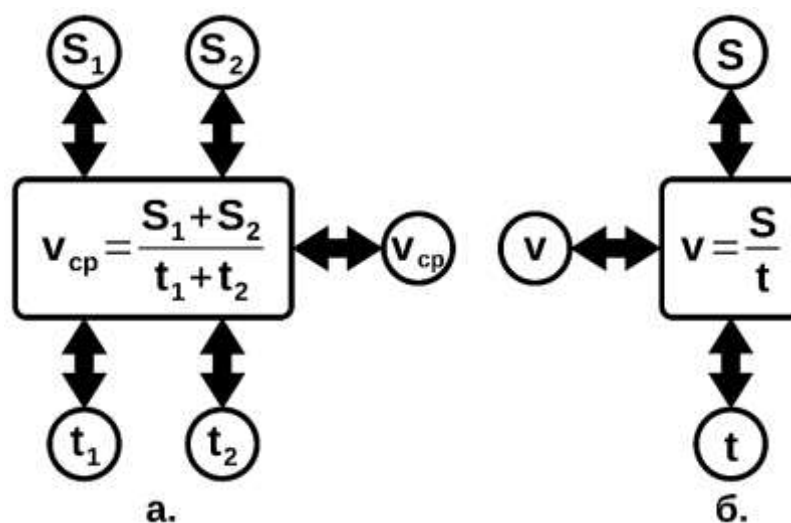


Рис. 17. Вычислительные примитивы темы «скорость»: а. расчет средней скорости двухкомпонентного движения; б. расчет скорости равномерного движения

Эти ВП необходимы для составления СМС по первой теме. Данная схема приведена на рис. 18. Изначально предполагалось использование программной среды с мобильных устройств (в первую очередь смартфонов), поэтому данная и следующие СМС разработаны для пропорций экранов, наиболее распространенных среди современных смартфонов. Это перспективно, поскольку как отмечается в [17, 18], современные информационно-коммуникационные технологии настолько прочно вошли современную жизнь, что образованию необходимо не только соответствовать им, но и работать на опережение. Очевидно, что мобильные устройства в их современном виде будут существовать еще вольно продолжительное время.

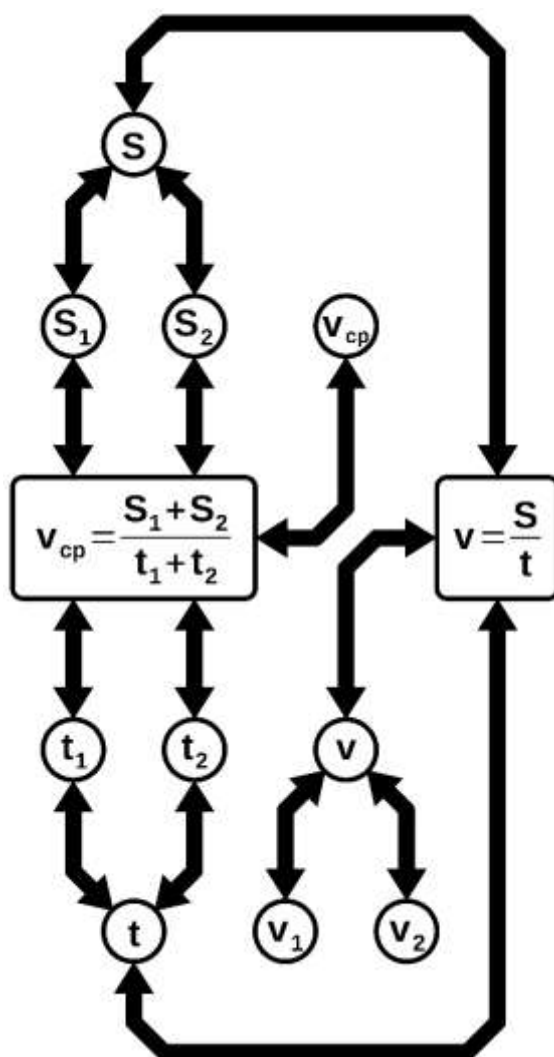


Рис. 18. Структурно-ментальная схема по теме «скорость»

Кроме описанных выше вычислительных примитивов (см. рис. 17) в данной схеме также оказалось необходимым добавить узлы v_1 и v_2 , соответственно скорости на первом и на втором участках двухкомпонентного движения. Эти дополнительные узлы позволяют формализовать с помощью данной СМС множество задач, в которых либо требуется определить скорость на одном из участков, либо эта скорость задана начальными условиями. На данной СМС также проведены связи отождествления величин между узлами $v_1 \leftrightarrow v$ и $v_2 \leftrightarrow v$, поскольку скорость на каждом участке движения может быть понята как скорость вообще и использована для расчета длины пройденного участка и времени движения. По аналогичным причинам проводятся связи отождествления $S_1 \leftrightarrow S$ и $S_2 \leftrightarrow S$, а также $t_1 \leftrightarrow t$ и $t_2 \leftrightarrow t$.

Тема: плотность. Для разработки СМС по данной теме потребуются вычислительные примитивы, моделирующие вычисление плотности и объемов, наиболее распространенных тел. Остановимся на следующих четырех примитивах. Первый – расчет плотности тела (ρ) по массе тела (m) и его объему (V), см. рис. 19 а. Второй – расчет объема цилиндра ($V_{ц}$) по площади основания (S) и высоте (h), см. рис. 19 б. Третий – расчет объема шара ($V_{ш}$) по его радиусу (R), см. рис. 19 в. Четвертый – расчет объема прямоугольного параллелепипеда ($V_{п}$) по известным сторонам: ширине (w), длине (l) и высоте (h), см. рис. 19 г.

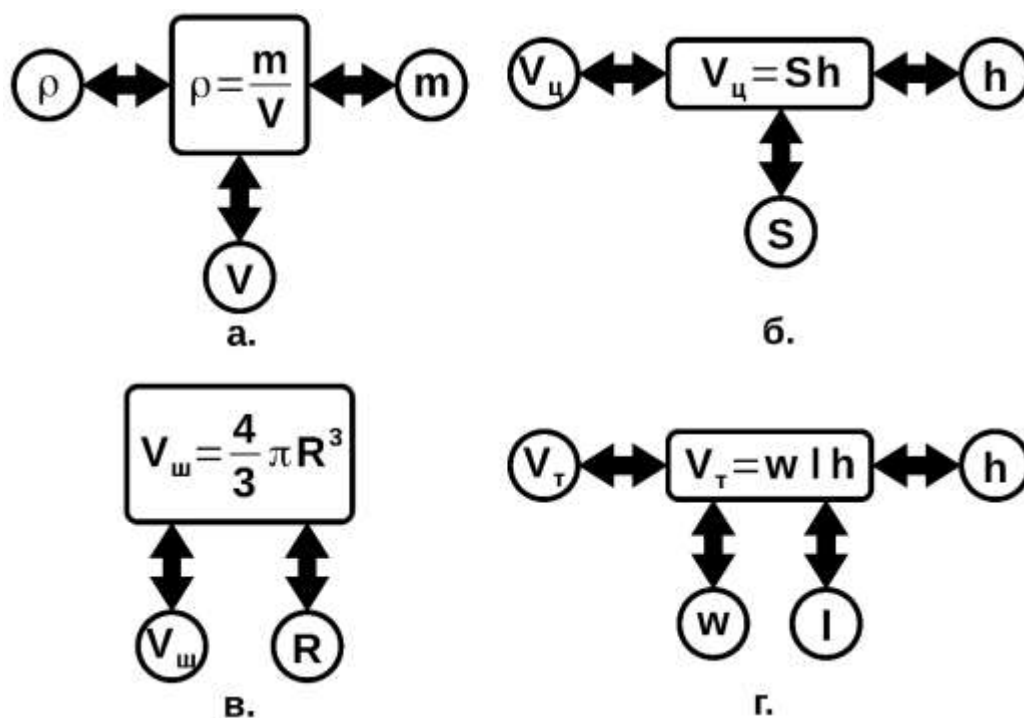


Рис. 19. Вычислительные примитивы темы «плотность»: а. расчет плотности тела; б. расчет объема цилиндра; в. расчет объема шара; г. расчет объема прямоугольного параллелепипеда

Описанные ВП были объединены в соответствующую СМС, см. рис. 20, для этой структурно-ментальной схемы не потребовалось вводить дополнительные узлы-величины.

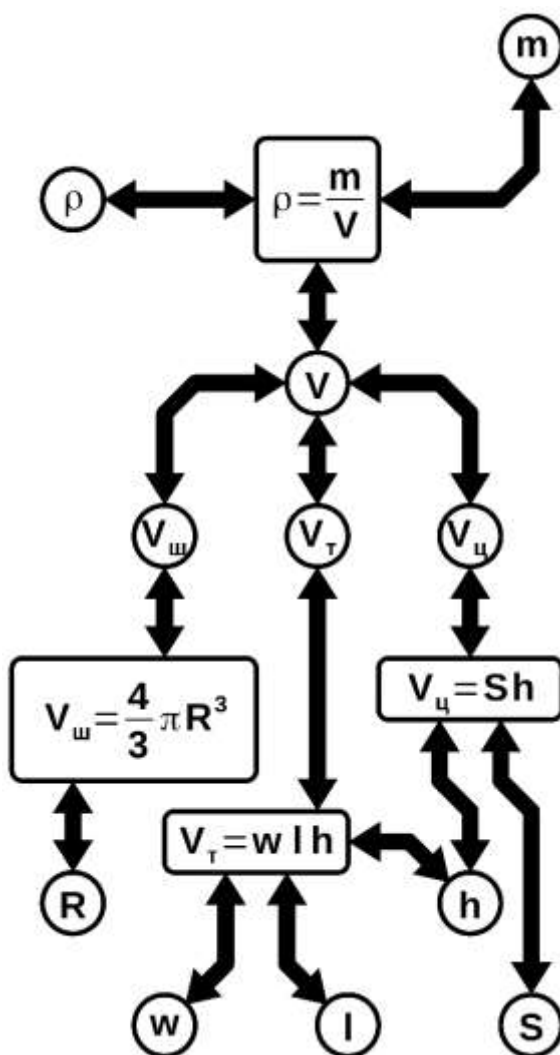


Рис. 20. Структурно-ментальная схема по теме «плотность»

На данной СМС также добавлены связи отождествления между узлами-величинами $V_{ш} \leftrightarrow V$, $V_{ц} \leftrightarrow V$ и $V_{т} \leftrightarrow V$, поскольку объемы тел конкретных форм могут быть поняты как объем вообще и использованы для расчета плотности или массы тел, имеющих эти формы.

Тема: давление. Данная тема затрагивает несколько смежных тем, а именно: сила тяжести, давление твердого тела, давление жидкости и условие плавания тел. Поэтому в СМС по этой теме будут включены следующие вычислительные примитивы. Первый – расчет давления тела (p_T) по силе с которой оно действует на опору (F_T) и площади опоры (S), см. рис. 21 а. В данном случае принято, что тело оказывает давление исключительно вследствие притяжения к земле, поэтому сила, входящая в формулу давления, является силой тяжести. Второй – расчет

давления жидкости ($p_{ж}$) по ее плотности ($\rho_{ж}$) и глубине погружения (h), см. рис. 21 б. Также, как и раньше ускорение свободного падения (g) считается известной константой и вычислению не подлежит. Третий – расчет силы тяжести (F_T) по известной массе тела (m), см. рис. 21 в. Ускорение свободного падения (g) в данном случае считается постоянным и не вынесено как отдельная величина. Это несколько ограничит круг задач, решение которых возможно будет формализовать, однако задачи на расчет ускорения свободного падения в данной теме – редкость. Четвертый – вычисление выталкивающей силы (силы Архимеда) (F_A), в ее выражение входят плотность жидкости ($\rho_{ж}$), ускорение свободного падения (g) и объем тела (V), см. рис. 21 г. Тут, так же ускорение свободного падения (g) считается известной константой. Пятый примитив – условие равновесия тела в толще жидкости, см. рис. 21 д. Этот примитив является предельно простым, поскольку данное условие выражается равенством плотности тела (ρ) и плотности жидкости ($\rho_{ж}$). Данный ВП является необходимым и его нельзя заменить, проводя связь отождествления между величинами ρ и $\rho_{ж}$. Такая связь будет предполагать рассмотрение плотности жидкости как плотности вообще и позволит формализовать на данной СМС задачи в которых требовалось бы вычислить массу или объем жидкости, или же эти величины были бы известны по условию задачи. По смыслу такие задачи относятся к теме «плотность» и в теме «давление» неуместны. В данной же теме равенство плотности тела и плотности жидкости рассматривается именно как условие плавания тела, которое используется в решении соответствующих задач. Шестой примитив – вычисление плотности (ρ) по известной массе тела (m) и его объему (V). Данный примитив встречался ранее, его изображение приведено на рис. 19 а.

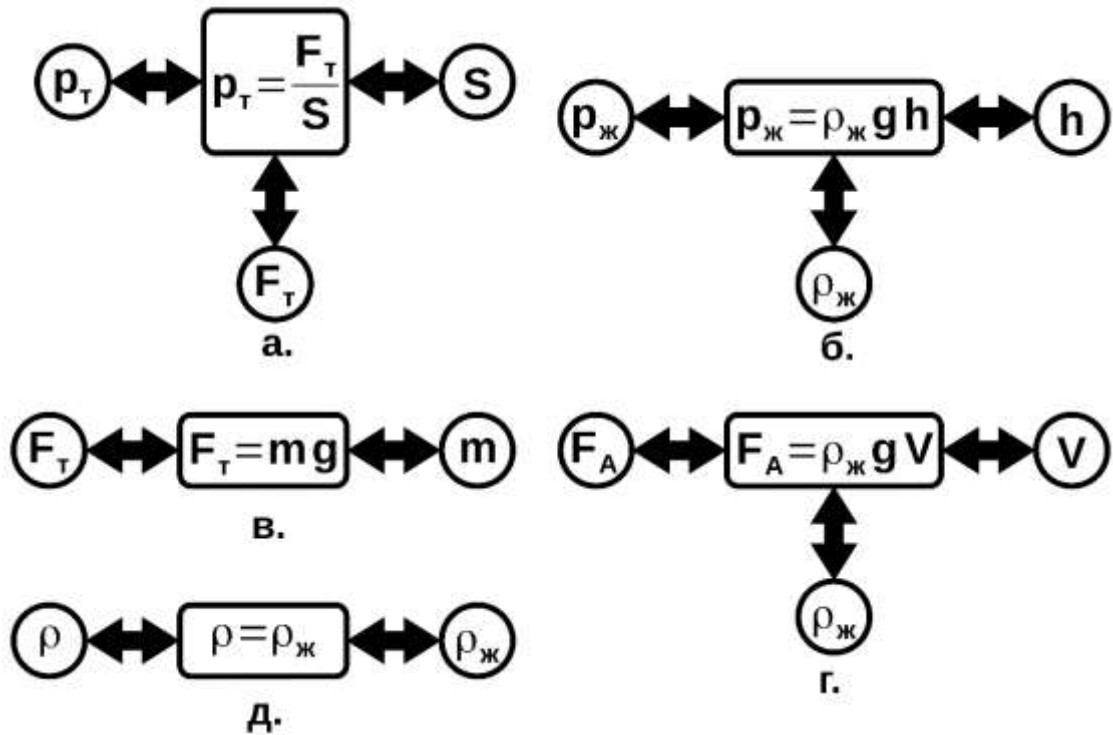


Рис. 21. Вычислительные примитивы темы «давление»: а. расчет давления тела; б. расчет давления жидкости; в. расчет силы тяжести; г. расчет выталкивающей силы Архимеда; д. условие плавания тел

Структурно-ментальная схема по теме «давление», разработанная на основе описанных вычислительных примитивов, представлена на рис. 22.

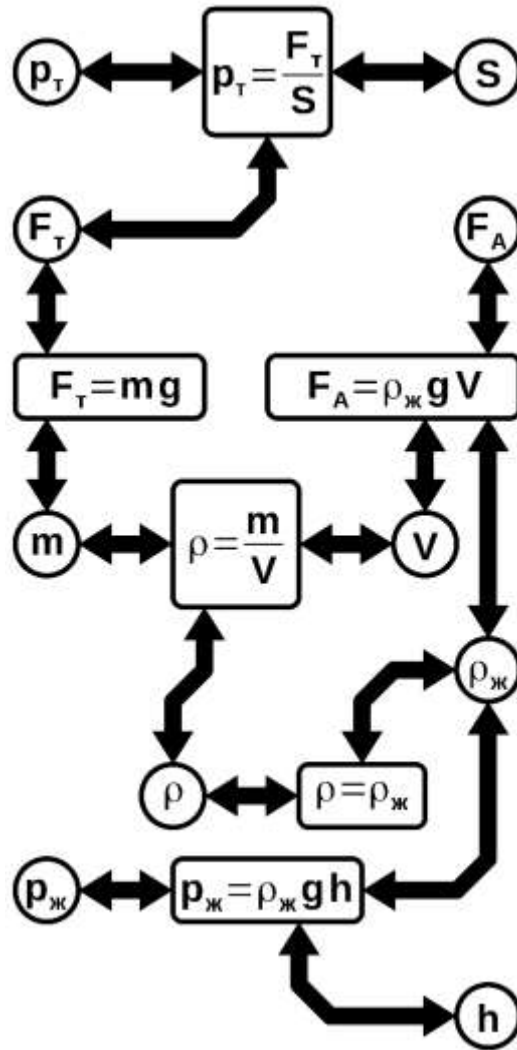


Рис. 22. Структурно-ментальная схема по теме «давление»

Тема: работа и мощность. Для разработки СМС по этой теме необходимы следующие вычислительные примитивы. Первый – расчет мощности развиваемой механизмом, (N) по совершаемой механической работе (A) и времени ее совершения (t), см. рис. 23 а. Второй – расчет механической работы, см. рис. 23 б. На начальном этапе изучения физики работу (A) обычно рассчитывают для ситуаций, в которых векторы силы (F) и перемещение тела (S) совпадают. Поэтому ограничимся этим простейшим случаем, в котором механическая работа рассчитывается по наиболее простой частной формуле. Третий – расчет мощности (N) по приложенной к телу силе (F_c) – силе сопротивления движению и скорости его движения (v) [77, стр. 171], см. рис. 23 в. Эту величину в учебных пособиях также иногда называют мгновенной мощностью [57, стр. 78]. Помимо этих

обязательных ВП, для конструирования СМС по данной теме так же понадобятся ВП – расчет силы тяжести (F_T) по массе тела (m). Использовать этот ВП необходимо, поскольку многие расчетные задачи формулируются относительно ситуаций, в которых работу совершает именно сила тяжести. Этот вычислительный примитив был изображен на рис. 21 в. Помимо этого потребуется ВП – моделирующий расчет скорости равномерного движения (v) по пройденному пути (S) и времени движения (t), который также введен ранее и его изображение приведено на рис. 17 б. Необходимость использовать этот ВП обусловлена тем, что расчетные задачи по данной теме составлены относительно ситуаций в которых происходит механическое движение тел, в простейшем случае – равномерное движение, поэтому в задачах по этой теме встречается вычисление скорости, пройденного пути и времени движения.

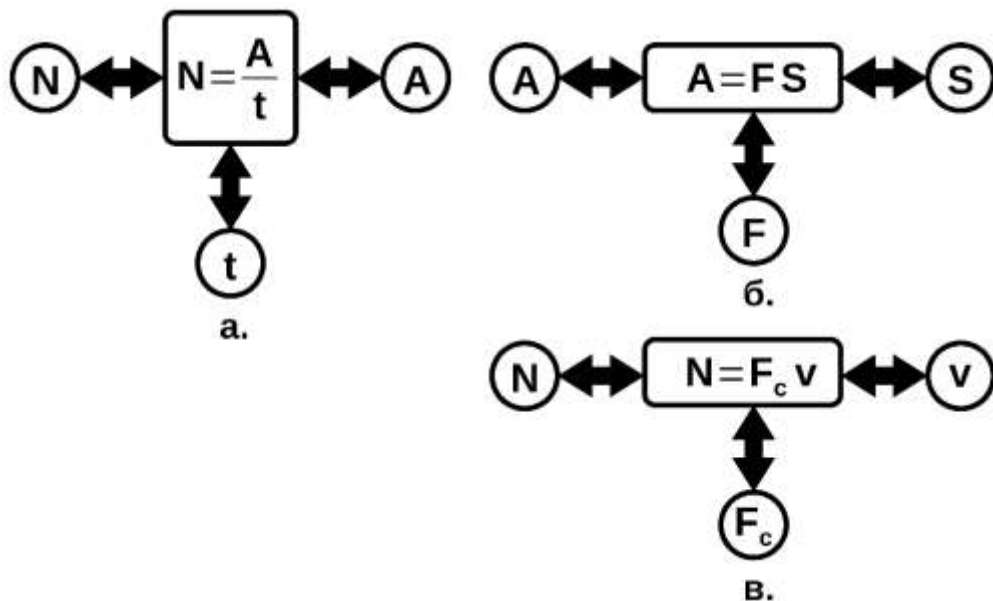


Рис. 23. Вычислительные примитивы темы «работа и мощность»: а. расчет мощности; б. расчет механической работы; в. расчет мгновенной мощности

Структурно-ментальная схема по теме «работа и мощность», составленная с использованием описанных вычислительных примитивов представлена на рис. 24. Эта СМС содержит также связи отождествления $F_T \leftrightarrow F$ и $F_c \leftrightarrow F$, поскольку очевидно, что и сила сопротивления движению, и сила тяжести могут быть поняты как сила вообще и использованы в формуле вычисления механической работы.

Данная СМС обладает особенностью, в нее входит ВП – расчет мгновенной мощности. Формула для расчета мгновенной мощности может быть выведена из формулы расчета мощности, формулы работы и формулы скорости равномерного движения. Это обстоятельство, как было показано в § 1.3 приводит к тому, что по данной теме будут встречаться расчетные задачи, которые могут быть решены разными способами, однако принципиально эти способы отличаться не будут.

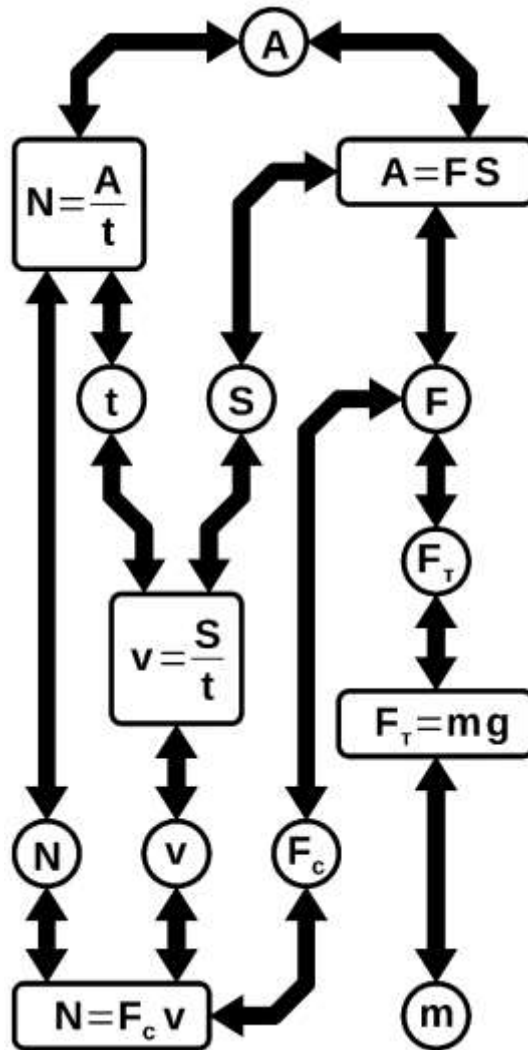


Рис. 24. Структурно-ментальная схема по теме «работа и мощность»

Тема: энергия. Для разработки СМС по этой теме необходимы следующие вычислительные примитивы. Первый – расчет полной механической энергии (E), по кинетической энергии (K) и потенциальной энергии (W), см. рис. 25 а. Второй – расчет кинетической энергии (K) по массе тела (m) и скорости его движения (v), см. рис. 25 б. Третий – вычисление потенциальной энергии упруго

деформированного тела (W_y) по коэффициенту жесткости (k) и деформации тела (Δl), см. рис. 25 в. Четвертый – расчет потенциальной энергии в поле тяжести (W_T) по массе тела (m), высоте над поверхностью Земли (h) (принято за нулевой уровень потенциальной энергии) и ускорению свободного падения (g), которое, как и ранее, принимается постоянной величиной, известной и не подлежащей вычислению, см. рис. 25 г.

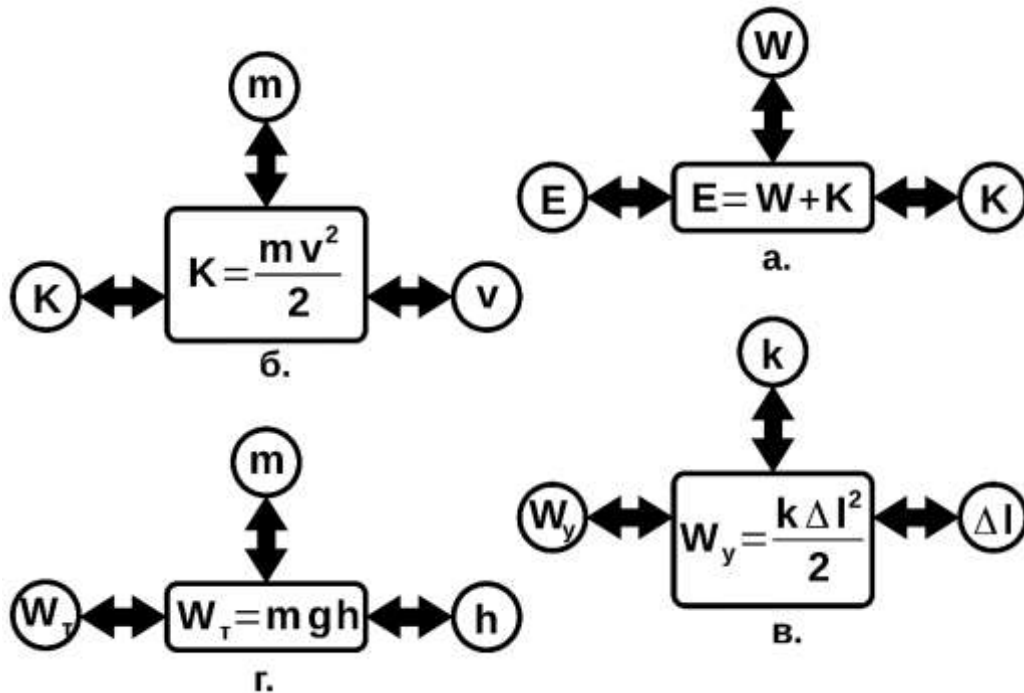


Рис. 25. Вычислительные примитивы темы «энергия»: а. расчет полной механической энергии; б. расчет кинетической энергии; в. расчет потенциальной энергии упруго деформированного тела; г. расчет потенциальной энергии в поле тяжести

Структурно-ментальная схема, составленная из данных ВП, изображена на рис. 26. Данная схема также содержит связи отождествления между величинами $W_T \leftrightarrow W$ и $W_y \leftrightarrow W$, поскольку и потенциальная энергия в поле тяжести, и потенциальная энергия упруго деформированного тела являются частным случаем потенциальной энергии и, при наличии, входят в полную механическую энергию тела.

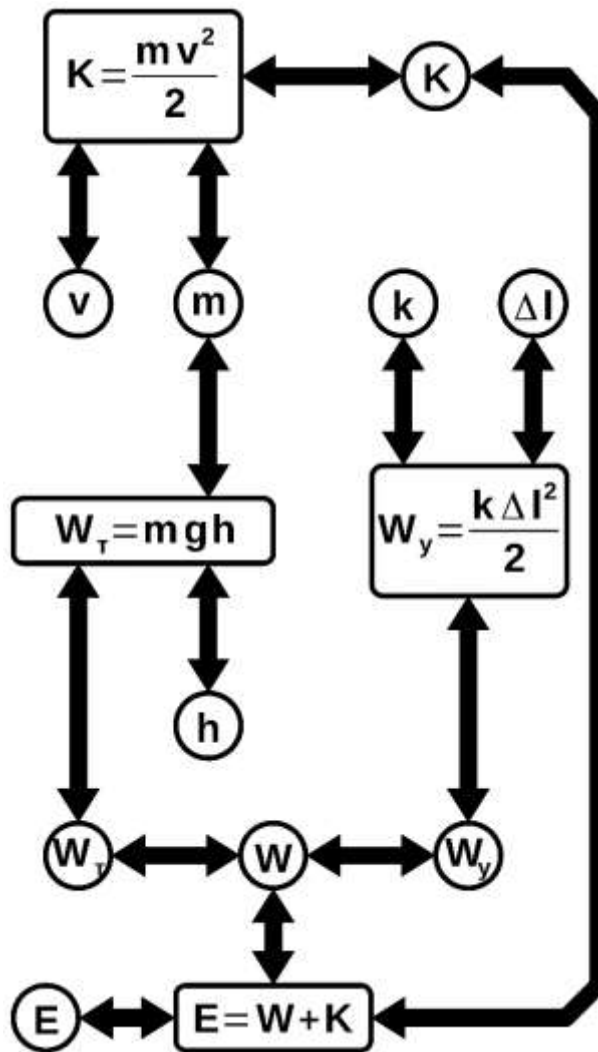


Рис. 26. Структурно-ментальная схема по теме «энергия»

Последняя схема завершает представление разработанных вычислительных примитивов и СМС на примере элементарного курса физики, реализованных в разработанной программной среде. Далее следует описание механизмов адаптивности программной среды и динамичности структурно-ментальных схем.

Описанные СМС реализованы в программной среде, реализованной в виде веб-приложения (интернет сайта), находящегося по адресу [HTTP://MSBX.RU](http://MSBX.RU). Изображения представленных схем являются активными, в том плане, что стрелки на них являются кликабельными, т.е. вызывают определенные процессы при клике на них левой кнопкой компьютерной мыши. В данном случае, при клике на стрелку-связь на изображении СМС, пользователю предлагается задача, для решения которой необходимо осуществить операцию, которую обозначает

выбранная связь (каждой стрелке соответствует отдельная связь). Таким образом, каждой СМС, необходимо, должна соответствовать отдельная база расчетных задач, в которой будут собраны задачи, по выбранной теме. Причем каждой задаче в этой базе должен соответствовать граф – формализация ее решения на данной СМС в виде пути от узлов-данных к узлу-цели. Представленные структурно-ментальные схемы составляют основу модельной подсистемы АИПС.

2.1.3. Адаптивность на основе рейтинговой системы А. Эло

Персонализация образования предполагает наиболее активную позицию обучающегося в образовательном пространстве, однако, не следует забывать, что свободная ориентация в учебном материале, понимание логической взаимосвязи между его определенными разделами и крупными элементами, способность осознанно делать выбор в пользу какого-либо элемента содержания, а в контексте данной работы – быстрая оценка сложности, и определение элементов содержания задачи, являются качествами эксперта, но не обучающегося. Ученику будет весьма трудно сориентироваться самостоятельно в учебном материал, в множестве задач, которые необходимо решить, чтобы сформировать у себя умение их решать. В таких условиях, единственно возможный способ действий – метод проб и ошибок. Очевидно, что при таком подходе к обучению будет затрачено много времени и эмоциональных усилий. Повышается риск того, что образовательный результат будет получен в минимальном объеме или не будет получен вовсе. Таким образом, в программной среде необходим некоторый механизм, который поможет обучающемуся сориентироваться в объеме учебного материала в виде множества задач. Первым элементом такого механизма выступают структурно-ментальная схема и модель обучающегося на ее основе. Вторым, должен стать способ адаптации программной среды по уровню сложности задач, предъявляемых обучающемуся для решения, т. е. адаптивная подсистема программной среды.

Идеи построения адаптивных обучающих и тестирующих систем не новы, и многие проблемы уже нашли решения. Адаптивные обучающие ресурсы позволяют как индивидуализировать образовательный процесс и сформировать

для каждого обучающегося индивидуальную траекторию обучения [34, 35, 137] это направление в значительной степени развито, как в отечественном, так и зарубежном образовании [52], так и найти подходы к персонификации обучения [36]. Существует множество современных разработок, в которых адаптивные тесты формируются динамически, на основе обратной связи, с мониторингом динамики процесса обучения [29, 101, 102].

Для практической реализации адаптивности на уровне подбора задач, соответствующих уровню подготовленности обучающегося в программной среде потребовалось решить проблему выбора задачи. Одна и та же связь, т.е. одна и та же операция может встречаться в решении многих задач. Кроме этого, очевидно, задачи могут быть различной сложности, и это каким-то образом необходимо учесть при выборе задачи при клике на стрелку-связь на изображении СМС. Одним из возможных решений может быть разделение задач по уровню сложности, как минимум на три группы: базового, повышенного и углубленного уровня. При детальном рассмотрении такое решение не представляется выходом из сложившегося затруднения, потому что для его реализации придется решать вопрос о том, какого уровня сложности выдавать задачи конкретному пользователю. Если предоставить выбор самому обучающемуся, то это необходимо воплотить в интерфейсе программной среды, что, в свою очередь, повлечет дополнительные технические трудности и усложнение интерфейса веб-приложения. Если же пытаться автоматизировать подбор задачи, то необходимо определить правила, по которым конкретному пользователю будут предъявляться задачи, например, повышенного уровня, а не базового. Разработать такие жесткие правила, вероятно, не представляет большой проблемы, однако, этот подход противоречит идее персонификации, согласно которой обучающийся должен активно участвовать как в выборе содержания, так и в выборе глубины изучения материала, а в данном случае, также и при выборе уровня сложности решаемых задач. Ситуацию осложняет намерение, по возможности максимально, автоматизировать процесс организации самостоятельной работы при формировании умения решать расчетные задачи, в том числе автоматизировать

выбор задачи для решения во время контроля и для упражнений. Кроме описанных сложностей препятствие также создаст то, что фактически не существует базы задач, для которых заранее определена их сложность.

Все перечисленные выше трудности оказалось возможным решить одновременно, для чего был использован подход, совершенно не из смежной дисциплины. Речь идет о применении системы индивидуальных коэффициентов А. Эло.

Данная рейтинговая система была разработана в конце 1960-х годов А. Эло для определения числового показателя достижений шахматиста, изменяющегося в зависимости от результатов его выступлений в соревнованиях [75]. В основу рейтинга А. Эло положил предположение о том, что математическое ожидание результата партии между двумя шахматистами связано с разницей их рейтингов (индивидуальных коэффициентов). Формула, выражающая эту связь, может быть представлена в следующем виде:

$$M_A = \frac{1}{1 + 10^{\frac{R_B - R_A}{400}}} \quad (1)$$

где:

M_A – математическое ожидание результата партии между двумя шахматистами, результат которой может быть 1 – победа игрока А, 0 – поражение игрока А, 0,5 – ничья;

R_A – рейтинг игрока А;

R_B – рейтинг игрока В.

После получения результата партии рейтинг шахматистов пересчитывается следующим образом:

$$R_A^{new} = R_A^{old} + K(X_A - M_A) \quad (2)$$

где:

R_A^{new} – новый рейтинг игрока А;

R_A^{old} – старый рейтинг игрока А;

K – коэффициент, отвечающий за масштаб приращений рейтинга (этот коэффициент ступенчато уменьшается с увеличением мастерства игроков с 40 для начинающих и до 10 для сильнейших шахматистов);

X_A – результат партии (количество очков которое набрал игрок A);

M_A – математическое ожидание результата партии;

[117, стр. 97]. Аналогичным образом пересчитывается рейтинг игрока B .

Базовые принципы этой рейтинговой системы просты: каждый игрок получает начальный рейтинг, его рейтинг обновляется после каждого матча, обновления происходят следующим образом. Если сильный игрок побеждает слабого игрока, этот результат является ожидаемым и изменения рейтинга малы; если же случается противоположное, то изменения значительны. Эта система была доработана многими различными способами, наиболее известным дополнением является, пожалуй, основанное на расчете рейтинговых отклонений, предложенное М. Гликманом [169]. Тем не менее, базовая рейтинговая система А. Эло все еще применяется достаточно широко.

Рейтинговая система А. Эло с успехом может быть использована в дидактике для построения адаптивных образовательных систем [175, 41]. Это становится возможным, если рассмотреть процесс контроля как состязание обучающегося с заданием. При этом и обучающийся и задание на равных приобретают одинаковые начальные рейтинги, которые корректируются в процессе контроля. После попытки решить задачу рейтинг обучающегося изменяется в зависимости от результатов, при правильном выполнении задания – увеличивается, при ошибке – уменьшается. Рейтинг задания также корректируется при его применениях для контроля различных обучающихся. Если испытуемые часто решают задание, то его рейтинг уменьшается (легкое задание со временем будет приобретать низкий рейтинг), в противном случае – увеличивается (рейтинг сложного задания возрастает).

Рейтинг А. Эло обладает рядом преимуществ при использовании для дидактических целей. Во-первых, с его помощью возможно сравнительно легко

автоматизировать адаптивный подбор заданий. В данном случае становится возможным подбор заданий отдельно для каждого обучающегося в соответствии с его индивидуальным уровнем, причем обучающемуся не приходится решать проблему выбора задания по сложности. Персонафицированный выбор требуется для определения содержания задачи, для произвольного указания элемента умения решать расчетные задачи по данной теме, наличие которого желательно в решении задачи. Во-вторых, для использования этой системы не требуется банка откалиброванных заданий с заранее определенной сложностью. Это обстоятельство позволяет использовать рейтинговую систему А. Эло с любым банком некалиброванных заданий, причем в процессе использования задач, их сложность будет определена [8]. Следует заметить, что корректировка рейтинга задачи не связана с какими-либо изменениями ее параметров (сложности, формулировки, начальных данных и т.п.). Сложность задач, является относительной величиной. Для хорошо подготовленного обучающегося конкретная задача может оказаться легкой, одновременно с этим, для плохо подготовленного – та же самая задача окажется чрезвычайно сложной. По всей видимости, сложность задач должна уменьшаться в процессе обучения, в виду того, что способность обучающихся к их решению возрастает. Кроме этого в зависимости от характера обучения сложность отдельных задач может уменьшаться неодинаково. Динамичный рейтинг А. Эло способен реагировать на эти изменения, что обеспечивает самонастройку системы. Указанные преимущества делают рейтинг А. Эло весьма перспективным для применения в контексте данной работы.

Для разработанной автоматизированной интерактивной программной среды был использован рейтинг А. Эло в следующем виде. Начальное значение рейтингов как обучающихся, так и заданий принимается равным 1000 pt. Математическое ожидание результата решения задачи обучающимся M_S (принимает значение между: 1 – задача решена и 0 – задача не решена) определяется формулой:

$$M_S = \frac{1}{1 + e^{-\lambda(R_S - R_T)}} \quad (3)$$

где:

M_S – математическое ожидание результата решения задачи для обучающегося;

R_S – текущий рейтинг обучающегося;

R_T – текущий рейтинг задачи;

λ – коэффициент равный $7,327 \cdot 10^{-3}$.

Корректировка рейтинга обучающегося (R_S) происходит по формуле:

$$R_S^{new} = R_S + K_S(\delta_S - M_S) \quad (4)$$

где:

R_S^{new} – новый рейтинг обучающегося;

R_S – текущий рейтинг обучающегося;

K_S – коэффициент, отвечающий за масштаб приращений рейтинга обучающегося;

δ_S – результат решения задачи относительно обучающегося;

M_S – математическое ожидание результата решения задачи для обучающегося.

Значение δ_S определяется следующим образом:

$$\delta_S = \begin{cases} 1, & \text{обучающийся решил задачу} \\ 0, & \text{обучающийся не решил задачу} \end{cases} \quad (5)$$

Рейтинг задачи (R_T) пересчитывается согласно выражению:

$$R_T^{new} = R_T + K_T(\delta_T - M_T) \quad (6)$$

где:

R_T^{new} – новый рейтинг обучающегося;

R_T – текущий рейтинг обучающегося;

K_T – коэффициент, отвечающий за масштаб приращений рейтинга задачи;

δ_T – результат решения задачи относительно задачи;

M_T – математическое ожидание результата решения задачи для задачи (принимает значение между 1 – задача не решена и 0 – задача решена).

Величина δ_T определяется следующим выражением:

$$\delta_T = \begin{cases} 1, & \text{задача не решена} \\ 0, & \text{задача решена} \end{cases} \quad (7)$$

Очевидно, что $\delta_T = 1 - \delta_S$. Между величинами M_T и M_S существует также соотношение $M_T = 1 - M_S$.

Величина K_S принимается равной 100 для каждого пользователя при решении первых 20 задач. Такое значение обеспечивает быстрое изменение рейтинга обучающегося, в том случае, если начальное значение в 1000 pt, значительно не соответствует его уровню. Действительно, если обучающемуся попадаются задачи равные по рейтингу, однако он оказывается категорически не готовым решать даже самые простые задачи, то его рейтинг быстро снизится до минимальных значений. Напротив, если обучающийся достаточно хорошо подготовлен и верно решает практически все предъявляемые ему задачи, его рейтинг быстро поднимется вплоть до значений, существенно превосходящих начальное. Таким образом, решение первых 20 задач является периодом, в котором рейтинг может настроиться на обучающегося практически любого уровня. После его завершения, т.е. после того как обучающийся предпримет в системе 20 попыток решить задачу, значение K_S снижается до 20. При таком значении, если пользователь решает задачу с идентичным рейтингом, его собственный рейтинг возрастает на 10 pt, т.е. на 1% от начального. Такие малые изменения рейтинга делают его практически непрерывной величиной, что несомненно удобно, в виду того, что умения, приобретаемые при обучении, вероятно, также формируются непрерывно. Аналогичным образом изменяется коэффициент K_T . В течении первых 20 попыток решить какую-либо задачу он равен 100, после того, как задача будет предъявлена для решения обучающимся 20 раз, его значение становится равным 20. Таким образом, величины K_T и K_S считаются равными, хотя в общем случае могут быть различными.

Коэффициент λ в выражении (3) может принимать любое значение. В данной же работе его значение выбрано исходя из соображений удобства использования рейтинговой системы. Из-за того, что значения рейтинга предполагаются

целочисленными, при некотором критическом (максимальном) значении разницы рейтингов (ΔR_{\max}), приращения в рейтинге обучающегося после решения/не решения задачи станут менее 0,5 и будут отброшены при округлении – рейтинг изменяться не будет. Это приведет к тому, что, если обучающийся не решит задачу, которая по рейтингу будет превосходить его на это критическое значение ΔR_{\max} , то его рейтинг не будет изменяться. Так же, останется без изменения рейтинг обучающегося, который решит задачу, рейтинг которой будет меньше на величину ΔR_{\max} . Таким образом, необходимо выбрать это самое критическое значение ΔR_{\max} , при котором наиболее вероятные исходы не будут влиять на значения рейтингов. В данной работе в качестве такого критического значения выбрано значение, равное половине начального рейтинга, т.е. 500 pt. Преднамеренно заложенная невозможность снижения рейтинга до значений, находящихся около нуля, делает практически невозможным получение отрицательных значений рейтинга, хотя теоретически такая возможность конечно же остается. Далее следует определить при каком математическом ожидании при решении задачи приращение рейтинга будет меньше либо равным 0,5. Это возможно сделать из следующего уравнения, полученного на основе формулы (4):

$$R_S^{new} - R_S = K_S(\delta_S - M_S)$$

Подставив числовые значения, далее получим:

$$0,5 = 20(1 - M_S)$$

Откуда имеем:

$$M_S = 0,975$$

Подставив это значение в (3) и приняв разность рейтингов обучающегося и задачи в показателе экспоненты равной ΔR_{\max} (при этом значении приращение рейтинга будет равно 0,5) получаем уравнение:

$$0,975 = \frac{1}{1 + e^{-\lambda \cdot 500}}$$

решив которое относительно λ имеем: $\lambda = 7,327 \cdot 10^{-3}$.

Вычисленное значение λ обеспечивает неизменность рейтинга обучающегося и задачи, в том случае, если наблюдается ожидаемый исход при разнице рейтингов в 500 pt.

Приращения рейтингов, обучающегося и задачи, построенные с использованием вычисленного значения λ , и при K_T и K_S равных 20, для различных исходов решения задачи, представлены на графиках на рис. 27.

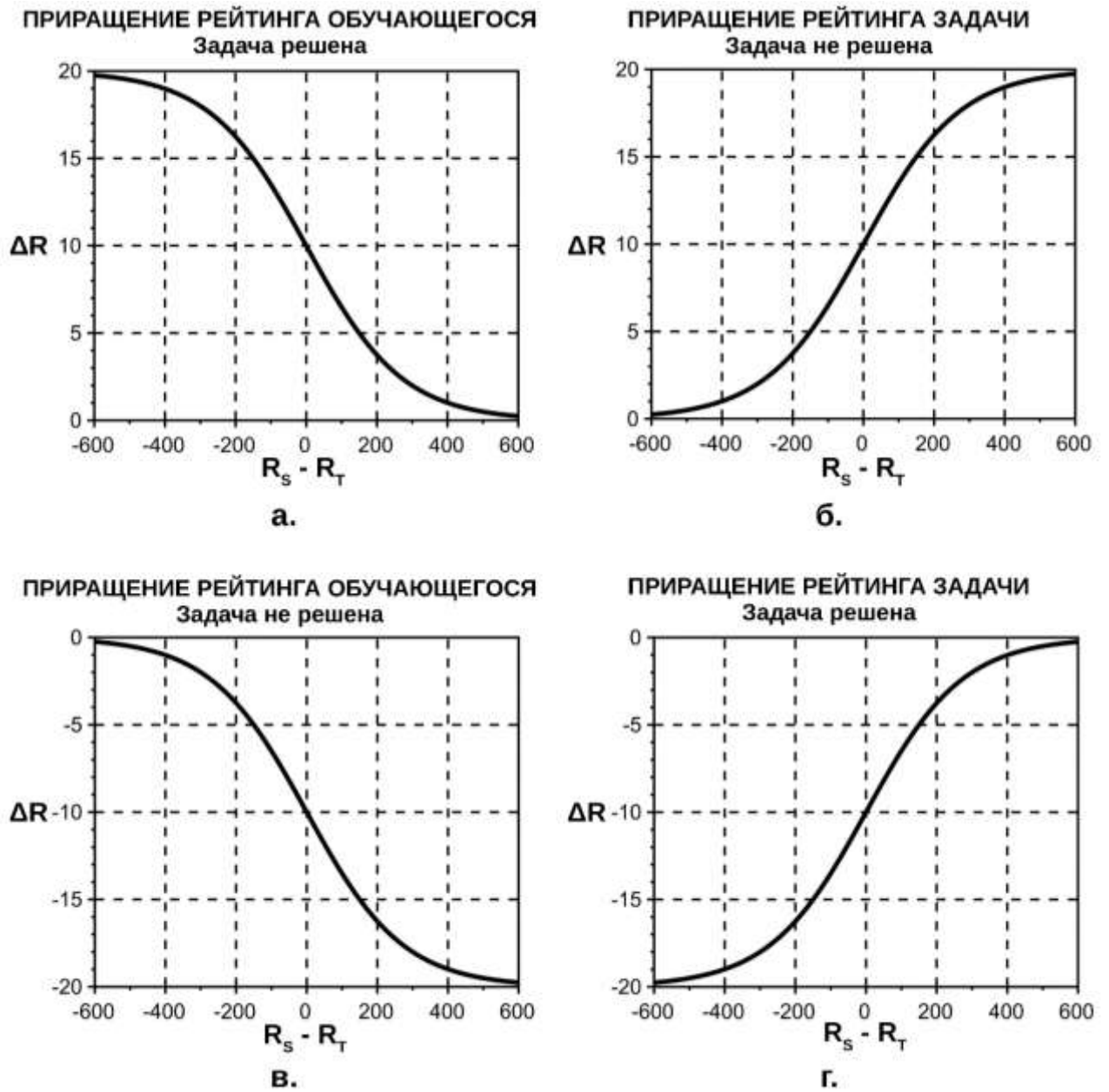


Рис. 27. Графики приращения рейтингов обучающегося и задачи как функции разницы рейтингов при различных исходах решения:

- а. приращение рейтинга обучающегося при правильном решении задачи;
- б. приращение рейтинга задачи, если обучающийся решил ее неверно;
- в. приращение рейтинга обучающегося при ошибочном решении задачи;
- г. приращение рейтинга задачи, если обучающийся решил ее верно

Итак, проблема адаптивности по сложности подбираемых заданий в разработанной автоматизированной интерактивной программной среде MSBX.RU решена применением рейтинговой системы А. Эло. Таким образом, разработана адаптивная подсистема. Реализована адаптивность по уровню сложности предъявляемых обучающемуся заданий. Помимо этого, если рассматривать значение рейтинга обучающегося как оценку уровня сформированности умения решать задачи. Его можно рассматривать как элемент подсистемы мотивации.

2.1.4. Кусочно-линейная модель забывания

Осталась неразрешенной проблема обеспечения динамичности структурно-ментальных схем. Как отмечалось ранее, ментальные схемы являются динамичными, их связи формируются при обучении и утрачиваются в следствие забывания об этом гласит принцип эволюции в ментальной дидактике [16, стр. 154]. Для наиболее полноценного моделирования умения решать расчетные задачи и построения соответствующего «белого ящика», необходимо продумать способ обеспечения динамичности структурно-ментальных схем. По примеру концептуальной ментальной схемы Н.И. Пака, введем веса связей на структурно-ментальной схеме. На концептуальной ментальной схеме предполагается наличие весов чувственности (эмоций) и моторики (энергии), [16, стр. 146]. В данной же работе, для связей структурно-ментальной схемы ограничимся единственным числовым коэффициентом, отражающим степень силы этой связи. Так, высокое значение этого коэффициента означает прочную, хорошо сформированную связь, низкое – слабую, утраченную связь. Диапазон изменения веса связи определим в интервале от 0 до 100, таким образом вес соответствует доли сохранившейся связи в процентах от начального уровня.

Не следует забывать, что связи на изображениях СМС – двунаправленные, причем каждая стрелка, обозначающая направление, представляет собой отдельную связь, и лишь для того, чтобы не загромождать изображение дублирующимися связями, они объединены в одну, но двунаправленную линию (см. рис. 18, 20, 22, 24, 26). С учетом этого, на изображениях СМС веса

приписываются не ребрам графа, а стрелкам, завершающим эти ребра, т. е. стрелкам-связям. Веса представляют собой уровень сформированности элемента ментальной схемы, элемента умения решать задачи по теме СМС. В данном случае, увеличение веса моделирует процесс усвоения, формирования элемента умения, уменьшение – утрату, забывание [28]. Забывание происходит с течением времени, поэтому веса связей должны уменьшаться со временем. В свете вышесказанного, проявляется необходимость выбора какого-либо закона забывания, согласно которому будет происходить уменьшение весов связей с течением времени.

Известным, достаточно хорошо подтвержденным экспериментально и хорошо согласующимся с наблюдаемыми свойствами памяти, является логарифмический закон забывания. Этот закон впервые открыт Г. Эббингаузом в 1885 г, [47, стр. 224-239], при изучении бессмысленных последовательностей слогов. Этот закон можно записать в виде математической формулы следующим образом:

$$k = k_0 - q \cdot \ln(s \cdot t + 1) \quad (8)$$

где

k – объем информации, сохраненной в памяти;

k_0 – начальный объем информации;

q, s – положительные коэффициенты, влияющие на интенсивность забывания;

t – время, прошедшее после заучивания.

Особенностью логарифмической кривой является то, что она сравнительно быстро убывает в области около нуля, а затем, по мере удаления по оси абсцисс, убывает значительно медленнее. Таким образом, эта кривая отлично отражает двухуровневую структуру памяти в виде кратковременной и долговременной, а также характер забывания в этих областях.

К аналогичной математической зависимости можно прийти из известного первого закона А. Йоста, эмпирически открытого в 1895 г при исследовании бессмысленной информации, [68]. Согласно этому закону, старая информация

забывается медленнее. Закон Йоста можно сформулировать в виде уравнения, для этого необходимо определить, как будет зависеть скорость забывания от продолжительности хранения информации в памяти. Наиболее простая зависимость, соответствующая первому закону Йоста – обратная пропорциональность. Используя эту зависимость, первый закон Йоста можно представить дифференциальным уравнением:

$$\frac{dk}{dt} = - \frac{q}{t + 1/s} \quad (9)$$

Обозначения величин в уравнении (9) являются такими же как в формуле (8). Слагаемое $1/s$ в знаменателе дроби в правой части равенства необходимо для того, чтобы в начальный момент времени ($t = 0$, момент первого заучивания, усвоения) скорость забывания принимала конечное значение. Не трудно проверить, что функция, заданная формулой (8), является решением уравнения (9). Таким образом доказано, что первый закон Йоста также приводит к логарифмическому закону забывания. Иногда из первого закона Йоста выводят экспоненциальный закон забывания [37, стр. 51], по всей видимости это является неверным. В обзоре [179] в качестве кандидатов на роль закона забывания исследованы различные убывающие функции (логарифмическая, степенная, экспоненциальная, обратно пропорциональная и корневая зависимость). Наилучшим образом совпадает с экспериментальными данными, как в области кратковременной, так и в области долговременной памяти, именно логарифмическая функция.

Обобщая следует отметить, что многочисленные экспериментальные исследования согласуются между собой в том, что закон забывания, как принято называть в психологии, описывается кривой с отрицательным ускорением (в математическом смысле этот термин не совсем точен). В психологии, под кривой с отрицательным ускорением понимают кривую (функцию), которая наиболее значительно изменяется в начальный период, однако, дальнейшие периоды равной величины не сопровождаются равными изменениями, а дают все меньшие приращения [129, стр. 459], [67, стр. 293]. В некоторых пунктах результаты различных исследований расходятся с данными полученными Г. Эббингаузом (что

может быть объяснено разнородностью экспериментов), все же, относительно характера закона забывания исследователи сходятся к единой точке зрения [157, стр. 301].

Не смотря на многочисленные преимущества и очевидную правдоподобность логарифмического закона забывания, при попытке его практического применения, число вопросов значительно превосходит число ответов. Так, главным образом, остается невозможным определить значения коэффициентов q , s в выражении (8), не понятно связаны ли они между собой, не ясна их роль в процессах забывания, не очевидна необходимость наличия двух параметров, влияющих на интенсивность забывания, становится проблематичным измерение этих параметров для отдельно взятого индивидуума, остается открытым вопрос об измерении этих параметров с необходимой точностью [172]. Эти трудности сводят на нет попытку применить логарифмический закон забывания в реальной прикладной разработке. Кроме этого, логарифмический закон забывания был получен при изучении «чистой» памяти – памяти на которую не влияют процессы мышления, и его использование для описания забывания осмысленного материала является выходом за границы применимости данного закона. Тем не менее, необходимо выбрать какой-либо конкретное математическое выражение закона забывания. Однозначно следующее – осмысленный материал утрачивается из памяти со временем, если это происходит не по логарифмическому закон, то очевидно, что по какой-либо другой убывающей функции. Когда речь идет об утрате умения решать задачи, забывание происходит преимущественно в области долговременной памяти, там, где логарифмическая кривая забывания (для бессмысленного материала) убывает очень медленно. Для осмысленной информации забывание в долговременной памяти, также, происходит не быстро. Поэтому, представляется вполне возможным в качестве функции забывания в долговременной памяти выбрать – линейную функцию. Кроме этого, также необходимо учесть, что после повторения объем информации в памяти восстанавливается до 100%, и одновременно с этим забывание становится менее

интенсивным. Общий вид закона забывания в таком случае будет задан выражением:

$$k = \mu(\tau - t) \quad (10)$$

где:

k – объем информации, сохраненной в памяти (вес связи на СМС);

μ – скорость забывания;

τ – время, прошедшее с момента последнего повторения;

t – время, прошедшее после первого заучивания.

Скорость забывания μ , после каждого повторения, будет уменьшаться на некоторый процент. Этот математический закон изменения μ является гипотезой, хотя выглядит весьма правдоподобно. В данном случае принято уменьшение на 20%, в работе [11] описывается экспериментальное обоснование такого закона изменения скорости забывания. Изначально параметр μ принимает значение 14,3. Это начальное значение скорости забывания выбрано из расчета, что изученный элемент, без повторений, полностью забудется через неделю. Вероятно, это завышенное значение, однако оно весьма удобно для формирования мотивации к повторению учебного материала. Описанный закон забывания представляется на графике кусочно-линейной функцией, поэтому его следует назвать кусочно-линейным законом забывания. Примерный вид этого закона представлен на графике, см. рис. 28.



Рис. 28. Общий вид кусочно-линейного закона забывания. На графике, над линейными участками указан наклон графика – значение коэффициента μ – скорости забывания

Высокое быстродействие современных ЭВМ и возможность хранить в памяти большие объемы данных, позволяют организовать с помощью кусочно-линейной модели учет забывания каждой связи на СМС для каждого обучающегося, причем сделать это автоматически без явного участия как обучающегося, так и преподавателя. Это, конечно же, невозможно было бы реализовать без применения современных компьютерных технологий.

Следует признать, что описанный закон забывания не претендует на полную истинность в плане описания психических процессов. Это лишь удобная модель, которая только правдоподобно отражает характер забывания и его изменение в результате повторений. Основное ее предназначение заключается в обеспечении простой возможности создать динамическую во времени модель ментальных схем. По умолчанию эта модель забывания содержит предположение о том, что процесс забывания характерен как для декларативных знаний, так и для умений. Строгого доказательства этой гипотезы в данной работе не приводится, однако, она является

в некоторой степени очевидной, поскольку даже обыденные наблюдения позволяют заметить, что однажды сформированные умения, без должного подкрепления, утрачиваются. Очевидно также, что забывание является качеством психики, которое проявляется неодинаково, как у отдельных индивидуумов, так и для информации разного рода. Эти особенности процесса забывания в данной работе отброшены. Это правомерно, во-первых, ввиду того, что не делается попытки измерить количество оставшейся в памяти информации для каждого обучающегося, во-вторых, потому, что в ходе обучения, при многократных проработках элементов структурно-ментальных схем, скорость забывания μ примет индивидуальные значения для различных обучающихся. Следует также ожидать, что введенная модель будет способствовать более прочному усвоению приобретаемых умений, поскольку достаточно хорошо известно, что обучение, распределенное во времени с некоторым количеством повторений, является более эффективным, чем сосредоточенное в небольшом промежутке времени [182], это психологическое явление используется в обучении с интервальным повторением [171].

В качестве способа изображения веса связей выбрана их цветовая маркировка. Палитра представляет собой градиент между цветами красный – RGB(255, 0, 0), серый – RGB(160, 160, 160), зеленый – RGB(0, 255, 0). Данная цветовая палитра представлена на рис. 29.



Рис. 29. Палитра цветовой маркировки связей структурно-ментальной схемы

При увеличении веса связи (в данном случае стрелки на СМС), ее цвет изменяется по градиенту, представленному на рис. 29, слева направо. Крайний слева красный цвет соответствует весу равному 0, средний серый – вес равен 50, крайний справа зеленый – максимальное значение веса, т.е. 100. Данное решение, окрасить связи СМС в соответствии со значением их весов, позволяет визуально определить состояние СМС, т.е. весá связей. В данном случае, по цвету связи

возможно определить ее вес, т.е. узнать насколько давно она прорабатывалась, поскольку в системе реализована функция уменьшения весов связей в соответствии с кусочно-линейным законом забывания. Каждая соединительная линия на изображении СМС имеет цвет, получаемый усреднением цветов оканчивающих ее стрелок (стрелки обозначают связи). Описанный закон забывания, примененный к каждой стрелке-связи структурно-ментальных схем, является дополнением модельной подсистемы АИПС, т.е. входит в модель обучающегося – «белый ящик», дополняя его параметрами связей структурно-ментальной схемы. Таким образом, модель обучающегося – «белый ящик», заключается в наборе весов (κ) и скоростей забывания (μ) стрелок-связей предметной структурно-ментальной схемы относящиеся к отдельному обучающемуся.

Введенный закон забывания позволяет ввести, динамичную во времени характеристику сформированности ментальной схемы. Действительно, охарактеризовать прочность сформированной ментальной схемы, возможно через анализ скоростей забывания связей (μ). В свою очередь значения весов связей (κ) на СМС, позволяют определить полноту сформированности ментальной схемы. Для получения обобщенной характеристики, отражающей как прочность, так и полноту сформированности ментальной схемы, необходимо учесть значения весов связей, а также скорости забывания (например, через средние значения этих величин по определенной СМС). Величину отражающую степень сформированности ментальной схемы обучающегося, по полноте и прочности, назовем – уровень усвоения (L). Определим эту величину следующим образом:

$$L = l \cdot \bar{\kappa} \quad (11)$$

где:

$\bar{\kappa}$ – среднее арифметическое весов связей СМС (характеристика полноты);

l – множитель, являющийся характеристикой прочности.

Значение l определяется выражением:

$$l = \left(1 - \frac{\bar{\mu}}{\mu_{max}}\right) \quad (12)$$

где:

$\bar{\mu}$ – среднее арифметическое скоростей забывания связей СМС;

μ_{max} – максимальное (начальное) значение скорости забывания (в данном случае принято значение 14,3).

Величина l изменяется в пределах от 0 до 1, линейно возрастая с уменьшением среднего значения скорости забывания $\bar{\mu}$. Значение 0 соответствует ситуации, в которой средняя скорость забывания равна начальной – максимальной, это возможно только в том случае, когда СМС находится в начальном состоянии, и ни одна связь не является проработанной. Как только связи СМС начинают прорабатываться в ходе решения задач, после каждого использования связи, т.е. ее повторения, скорость забывания уменьшается, и после того, как подобные повторения произойдут множество раз, скорость забывания значительно уменьшится. Если многократно проработанными окажутся большинство связей СМС, то скорости их забывания также существенно уменьшатся, поэтому значение $\bar{\mu}$ может оказаться также намного меньше начального значения μ_{max} . При этом значение l приблизится к 1. График зависимости l от $\bar{\mu}$ приведен на рис. 30.

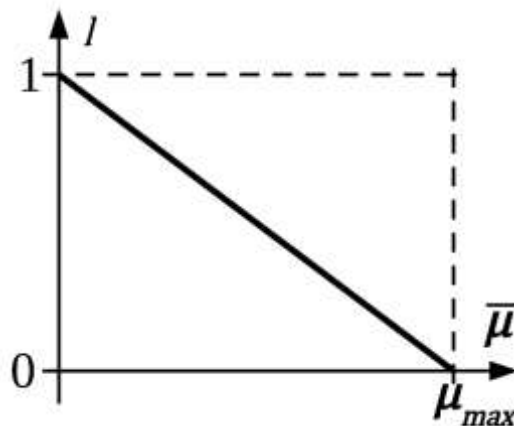


Рис. 30. Зависимость величины l от среднего значения скорости забывания $\bar{\mu}$

Основным преимуществом уровня усвоения (L) является то, что он отражает не только текущее значение уровня сформированности умения решать расчетные

задачи по теме СМС, но и прочность усвоения этого умения, поскольку она возрастает с увеличением количества решенных обучающимся задач, причем непременно разнообразных задач, в которых встречаются различные операции с математическими выражениями, соответствующими теме СМС. Возможность построения подобной оценочной характеристики обусловлена исключительно применением структурно-ментальных схем. Безусловным преимуществом уровня усвоения (L) является также то, что эта величина может быть легко рассчитана автоматически, что реализовано в разработанной автоматизированной интерактивной программной среде. Поскольку в работе преимущественно идет речь о формировании умения решать расчетные задачи, на примере физических задач по выбранным темам, далее в работе будет использован термин «интегральный уровень усвоения» под которым каждый раз будет пониматься сумма уровней усвоения рассчитанных по отдельным темам, представленным в разработанной программной среде. Ожидается, что эта величина – интегральный уровень усвоения – будет комплексно отражать полноту и прочность рассматриваемого умения. Уровни усвоения, рассчитанные по отдельным темам и интегральный уровень усвоения, составляют основу подсистемы контроля АИПС.

2.1.5. Выводы по параграфу

Таким образом, в данном параграфе описана концептуальная модель программной среды, являющаяся системой, в которой присутствуют компоненты, представляющиеся в виде подсистем, выполняющих определенные функции. В содержании разрабатываемой автоматизированной интерактивной программной среды выделены пять базовых тем элементарного курса физики, выбраны вычислительные примитивы характерные для этих тем, представлены соответствующие структурно-ментальные схемы.

Описан вариант рейтинговой системы А. Эло, на основе которой возможно обеспечить адаптивность автоматизированной интерактивной программной среды по сложности задач предъявляемых обучающемуся для решения. Рассчитаны

необходимые параметры этой рейтинговой системы. Приведены графики приращений рейтинга обучающегося и задачи, для различных исходов решения.

Проведен анализ известных законов забывания. Показано, что применение известного логарифмического закона забывания имеет ряд значительных трудностей. Введена кусочно-линейная модель забывания, позволяющая реализовать динамичность структурно-ментальных схем. Выбран способ отображения веса связей в виде цветовой маркировки. Описана величина, характеризующая сформированность ментальной схемы обучающегося, рассчитываемая по параметрам структурно-ментальной схемы.

В данном параграфе представлена реализация следующих компонентов концептуальной модели программной среды:

- Модельной подсистемы в виде модели «белого ящика», которая заключается в наборе весов связей структурно-ментальной схемы и скоростей их забывания для отдельно взятого обучающегося.
- Адаптивной подсистемы, реализующей адаптивность по сложности предъявляемых обучающемуся задач в виде рейтинговой системы А. Эло.
- Подсистемы контроля, заключающейся в расчете по модели обучающегося величин: уровень усвоения и интегральный уровень усвоения.

Таким образом, теоретически описанные, основные элементы и положения позволяют разработать требуемое целью работы средство обучения – автоматизированную интерактивную программную среду в виде веб-приложения.

§ 2.2. Автоматизированная интерактивная программная среда и особенности методики ее применения для организации персонифицированной самостоятельной работы студентов

2.2.1. Интерфейс автоматизированной интерактивной программной среды

В данном параграфе описана реализация, представленных ранее, идей, а также показаны особенности методики применения разработанной автоматизированной интерактивной программной среды для организации самостоятельной работы студентов по решению расчетных задач на примере физических задач. Как указывалось выше, программная среда реализована в виде веб-приложения, находящегося по адресу [HTTP://MSBX.RU](http://MSBX.RU). Основным принципом создания интерфейса программной среды является принцип минималистичности.

Работа с системой начинается с процесса регистрации/авторизации. Скриншот начальной страницы, см. рис. 31. На ней предлагается ввести логин и пароль для зарегистрированного пользователя, соответственно поля 1 и 2 на рис. 31, и войти в систему (кнопка 3), либо пройти процедуру регистрации для незарегистрированного пользователя (кнопка 5). Регистрация является предельно простой, для нее необходимо выбрать уникальный логин и указать пароль.



Рис. 31. Скриншот начальной страницы веб-приложения MSBX.RU

Без авторизации доступны некоторые функции: «Просмотр задачи по ID» (кнопка 7 на рис. 31); ознакомиться со страницей описания проекта (кнопка 8 на рис. 31); сформировать ТОП список пользователей системы (кнопка 9 на рис. 31). Эти функции могут пригодиться даже в том случае, если пользователь не намерен в данный момент работать с системой, поэтому они доступны без авторизации для упрощения взаимодействия с программной средой. Просмотр задачи по ID позволяет найти в базе задачу по ее идентификационному номеру, это необходимо для того, чтобы обучающийся смог осознанно вернуться к конкретной задаче. Это полезно для проведения работы над ошибками в том случае, если задачу решить не удалось. Также, есть возможность авторизоваться в системе под публичной учетной записью «ГОСТЬ», (кнопка 4 на рис. 31) для этого пароль не нужен. Однако, результаты, полученные под этой учетной записью, не сохраняются, о чем

пользователь получает уведомление при начале работы с системой. Режим «ГОСТЬ» позволяет ознакомиться с программной средой.

После авторизации пользователю доступна навигация по темам, представленным в системе. Это возможно посредством открывшегося после авторизации меню, см. рис. 32. Кнопки из колонки обозначенной цифрой 1 ведут на страницы с соответствующими СМС. Кнопки из колонки обозначенной цифрой 2 ведут на страницы с ТОП списками пользователей системы, составленными в порядке убывания уровня усвоения данной темы. В строке состояния отображается логин авторизованного пользователя (на рис. 32 обозначено цифрой 3).

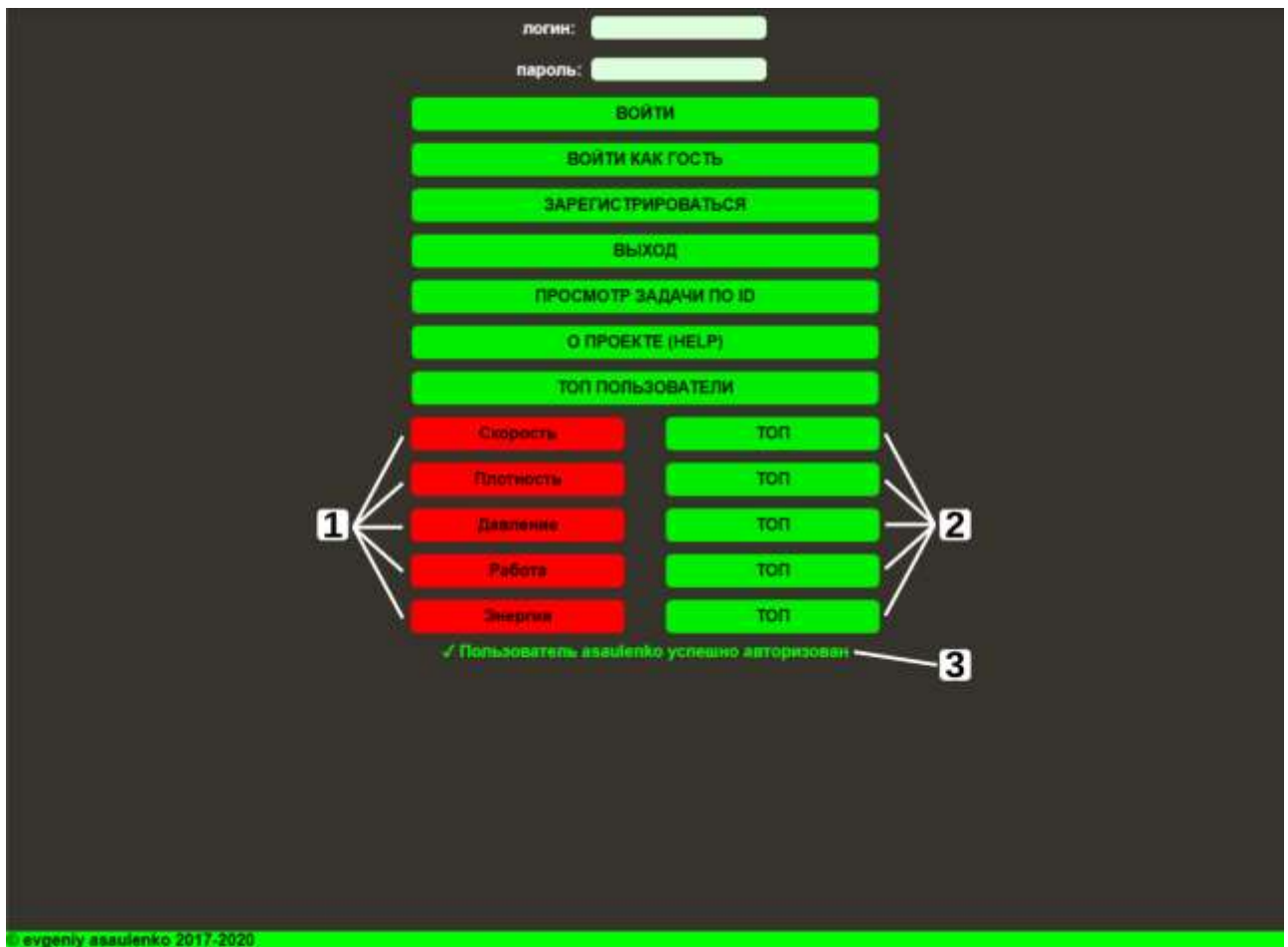


Рис. 32. Скриншот начальной страницы веб-приложения MSBX.RU с открывшимся после авторизации пользователя меню навигации по темам, представленным в системе

После выбора темы (посредством нажатия соответствующей кнопки), пользователь попадает на страницу со структурно-ментальной схемой. Рассмотрим весь процесс взаимодействия с системой на примере темы «Скорость». Соответствующая СМС представлена на рис. 33.

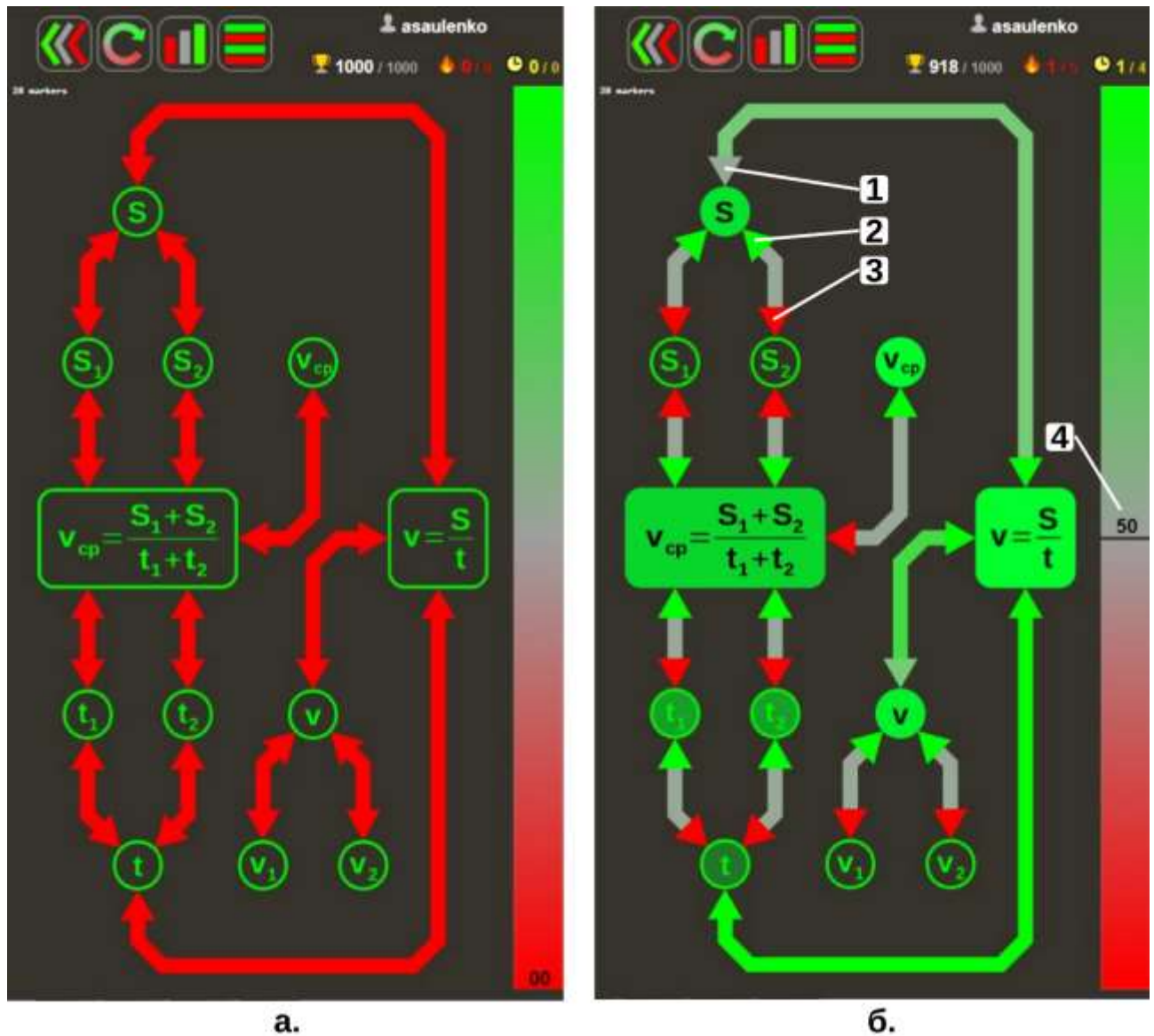


Рис. 33. Структурно-ментальная схема по теме «скорость»: а. изначальный вид; б. пример возможного состояния после работы с системой

На рис. 33 представлены два изображения СМС. Первое изображение рис. 33 а – начальное состояние СМС. Все связи имеют нулевые веса, т. е. считаются несформированными. В соответствии с выбранной цветовой маркировкой, такое состояние связей изображается красным цветом. Поэтому, все стрелки на этом

изображении и, соответственно, все соединительные линии изображены красным цветом. Второе изображение рис. 33 б – пример состояния СМС после работы с системой, на этом изображении некоторые связи уже окрашены в различные цвета в соответствии с выбранной цветовой маркировкой. Как указывалось ранее, чем ближе цвет стрелки к зеленому (относительно цветов на градиенте красный-серый-зеленый), тем больше вес связей. Так на рис. 33 б цифрой 2 обозначена связь (ее цвет зеленый), соответствующая операции в решении задач, которую обучающийся выполнил сравнительно недавно. Цифрой 3 на рис. 33 б обозначена связь (ее цвет красный), соответствующая операции, которая либо еще не попадалась при решении задач по данной теме, либо попадалась, но задача была решена неверно, либо встречалась и задача была решена правильно, но это было давно и ее вес уменьшился до нуля вследствие учета забывания. Цифрой 1 на рис. 33 б обозначена связь (ее цвет близок к серому), соответствующая операции, которая встретилась при правильном решении задачи некоторое время назад, однако, согласно принятому кусочно-линейному закону забывания ее вес уменьшился примерно до 50 (значение, соответствующее серому цвету – среднему на принятом градиенте, см. рис. 29). Справа, на полосе градиента, указано значение уровня усвоения данной темы (обозначено цифрой 4).

При нажатии на стрелку-связь обучающемуся предлагается задача, которая содержит операцию, соответствующую выбранной связи. Так, при нажатии на стрелку-связь, отмеченную курсором на рис. 34 а, обучающемуся может быть предложена задача, текст которой приведен в диалоговом окне, изображенном на рис. 34 б. Для решения этой задачи необходимо выполнить операцию, которой соответствует стрелка-связь, указанная на рис. 34 а, т.е. выражение/вычисление величины S_2 из формулы средней скорости двухкомпонентного движения. На рис. 34 б цифрами указано: 1 – текст задачи; 2 – поле ввода ответа; 3 – время, оставшееся на решение задачи, изначально на решение задачи дается 10 минут; 4 – кнопка «ОТВЕТИТЬ», которую следует нажать, после введения ответа в поле 2.

Выбор задачи из банка задач происходит по определенному алгоритму. Если вес связи, которую кликнул пользователь меньше либо равен критическому (в

данном случае оно равно 95, при максимальном значении 100), то выбирается задача, в решении которой содержится операция, соответствующая связи указанной пользователем. В этом случае в банке находится задача, рейтинг которой ближе всего оказывается к рейтингу пользователя по теме данной СМС. Если же вес связи, выбранной пользователем, оказывается больше критического, то данная связь считается достаточно проработанной, и выбирается случайная задача по теме СМС.

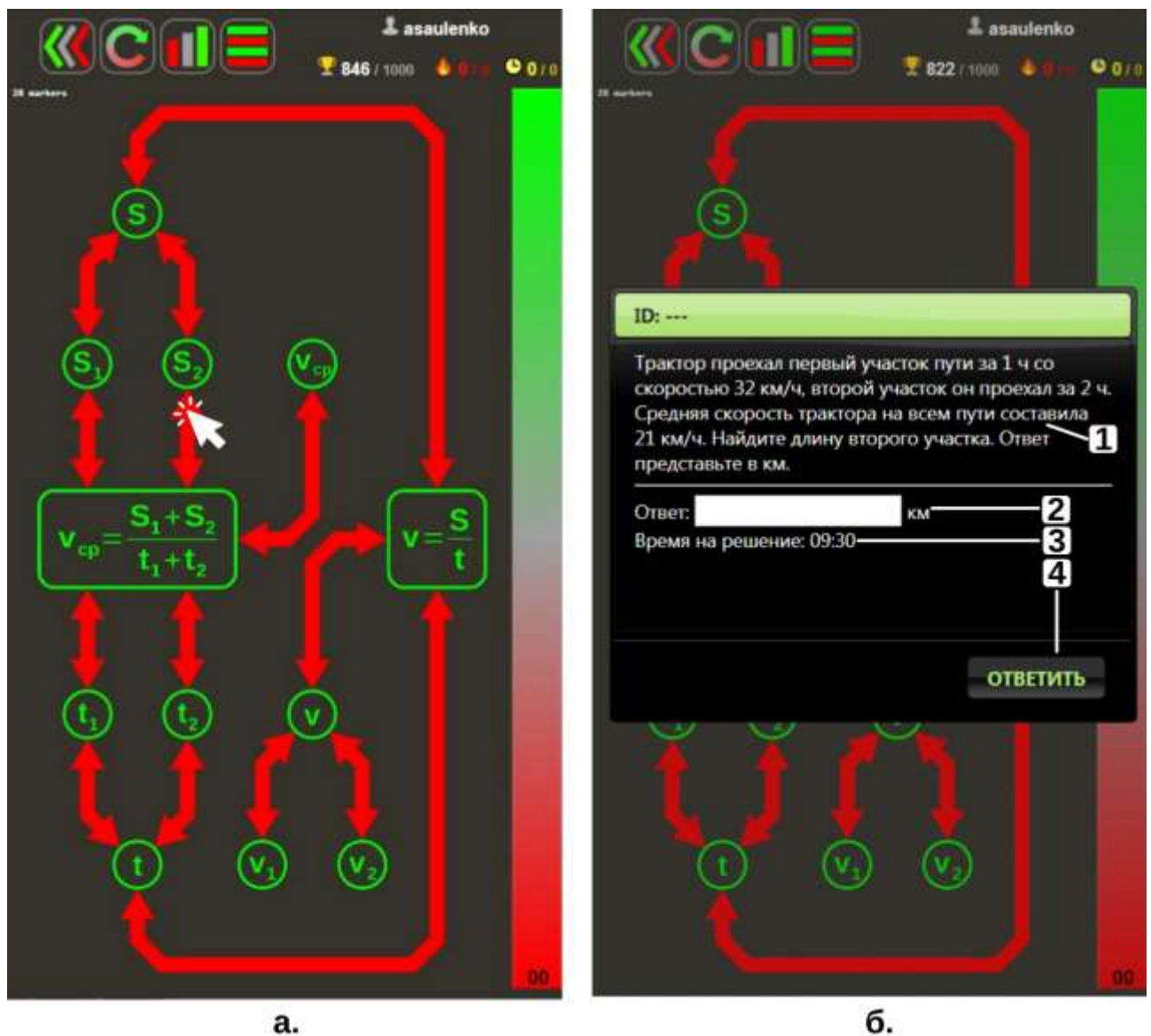


Рис. 34 . Взаимодействие с системой: а. выбор связи структурно-ментальной схемы; б. задача, для решения которой необходимо выполнить операцию, соответствующую стрелке-связи, указанной на изображении рис. 34 а

После того, как обучающийся решит задачу, введет ответ в соответствующее поле и нажмет кнопку «ОТВЕТИТЬ», система проведет проверку правильности решения по соответствию ответа пользователя и правильного ответа из банка задач. Если ответ окажется правильным, то пользователь получит отчет по задаче, вид которого приведен на рис. 35 а. В противном случае, при ошибочном ответе, отчет по задаче будет вида, представленного на рис. 35 б.

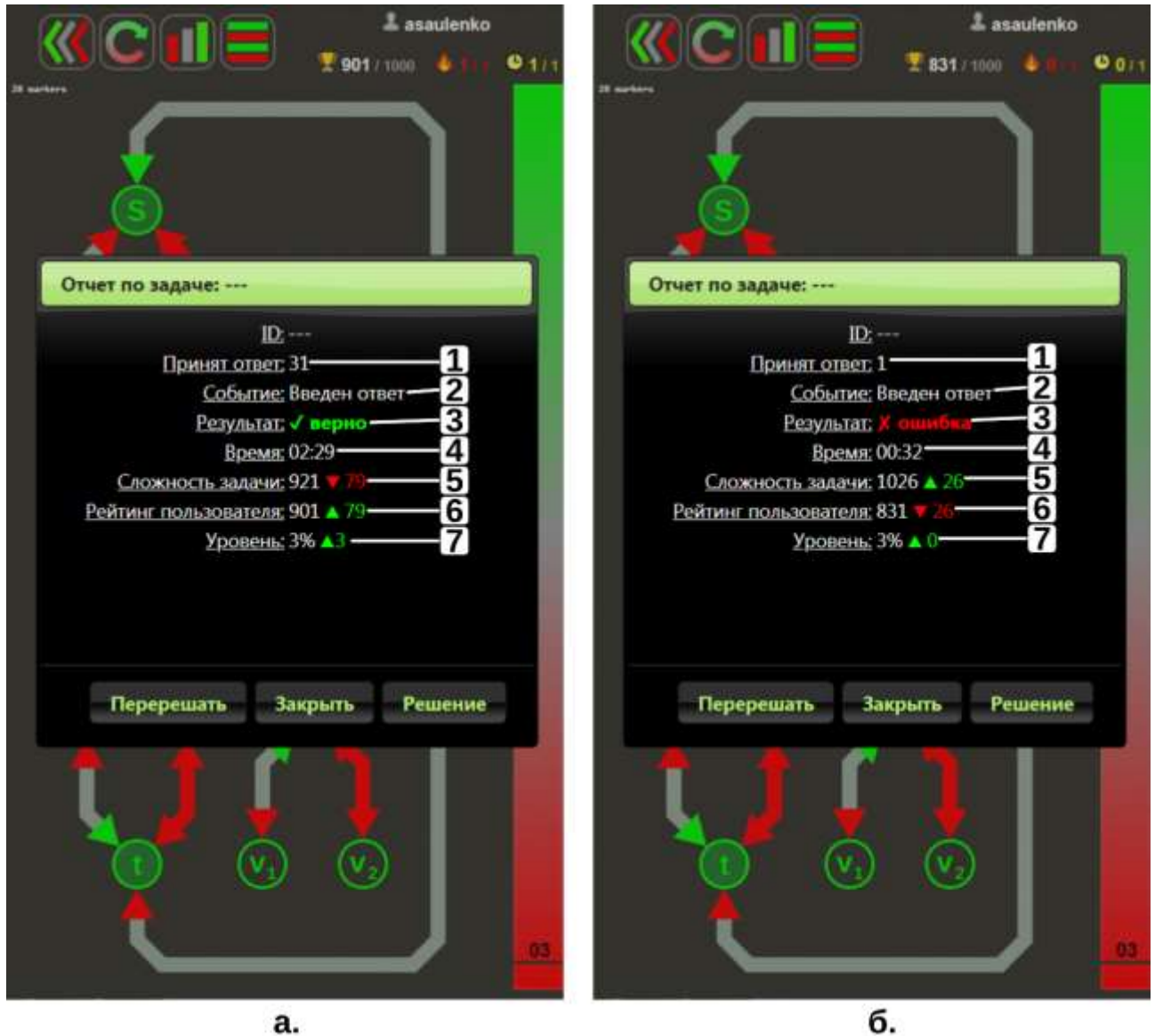


Рис. 35. Отчет о результатах решения задачи: а. при правильном решении; б. в случае ошибки

На рис. 35 цифрами обозначено:

1 – принятый системой ответ;

- 2 – событие в результате которого был сформирован отчет (возможны два варианта событий: введен ответ, время вышло);
- 3 – результат решения: «верно», «ошибка»;
- 4 – время, затраченное на решение задачи;
- 5 – сложность задачи (рейтинг по системе А. Эло) и ее изменение, если задача решена верно, то ее сложность уменьшается, в том случае если обучающийся ошибся, сложность увеличивается;
- 6 – рейтинг пользователя (рейтинг по системе А. Эло) и его изменение, если обучающийся верно решил задачу, то его рейтинг увеличивается, если ошибся – уменьшается;
- 7 – уровень усвоения обучающимся темы, представленной СМС (эта величина описана ранее), и его изменение. Если обучающийся решил задачу верно, то его уровень усвоения данной темы может возрасти, в зависимости от того, какие связи СМС встретились в задаче. Если же задача решена неверно, то уровень усвоения не изменяется.

Кроме этого, в диалоговых окнах отчетов имеются кнопки для продолжения работы с системой: «Перерешать» - если задача решена неправильно, то после нажатия этой кнопки у обучающегося будет возможность повторно решить данную задачу; «Заккрыть» - кнопка закрывает диалоговое окно с отчетом; «Решение» - после нажатия этой кнопки система выводит на экран СМС решения задачи (пример показан далее), затем, после ознакомления с СМС решения, в случае ошибки будет предоставлена возможность попытаться решить еще раз эту же задачу, а также возможность вернуться на страницу СМС.

Далее, в виде пути на графе, на рис. 36 а изображена СМС решения задачи, представленной на рис. 34 б. На этом изображении красным кругом обозначена вершина – цель решения, зелеными – узлы-данные. Поскольку на рис. 34 а выбрана была связь ведущая к узлу S_2 , этот узел является терминальным – целью решения. На рис. 36 б представлено состояние структурно-ментальной схемы после решения единственной этой задачи. Стрелки-связи, которые входят в решение, (представленное на рис. 36 а) после решения прорисовываются зеленым цветом,

связи, которые не входят в решение – остаются красными (считаются непроработанными).

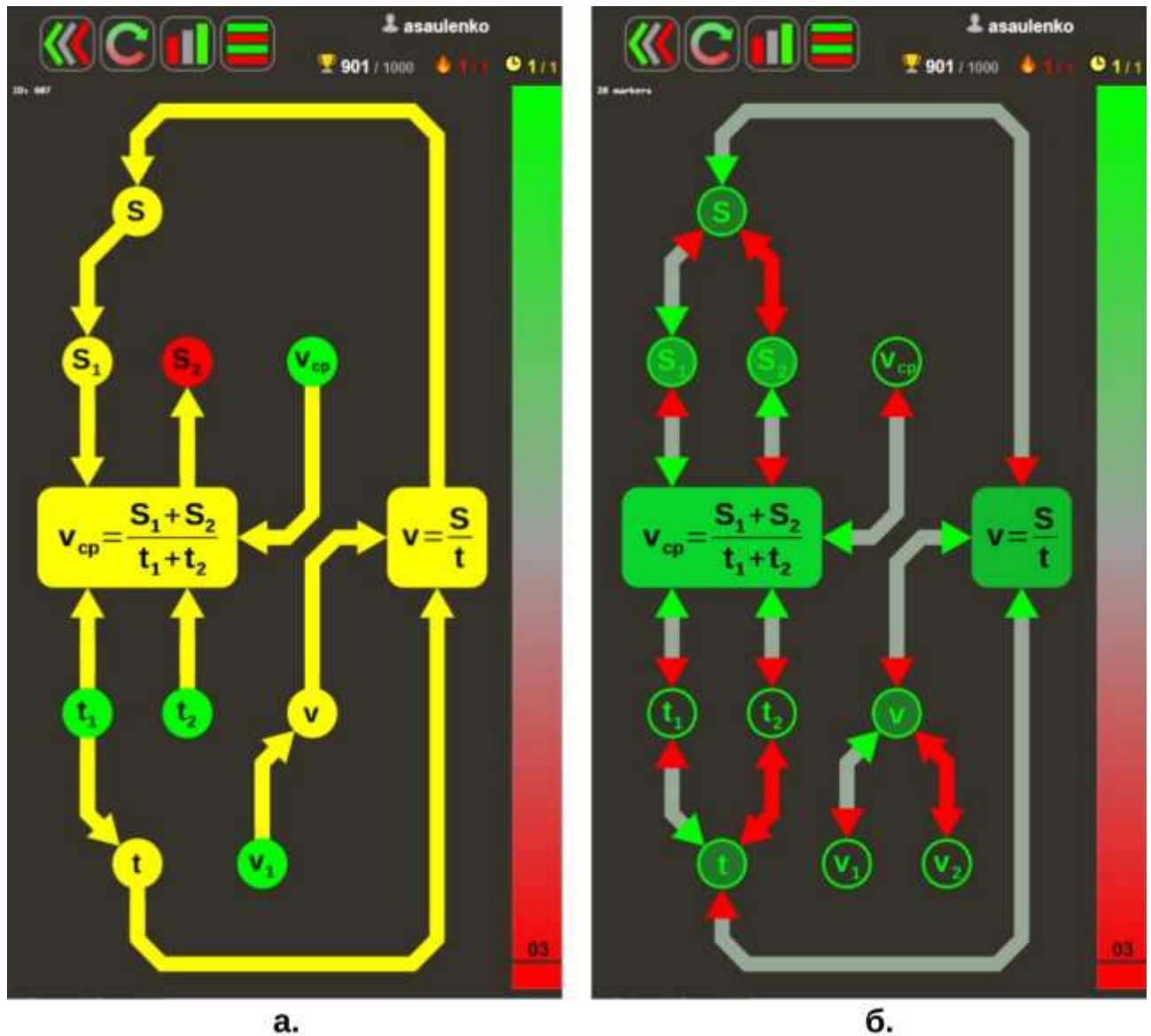


Рис. 36: а. изображение СМС решения задачи, приведенной в качестве примера на рис. 34 б; б. состояние СМС после правильного решения задачи

Приведенные выше скриншоты сделаны после авторизации в системе. При этом любые действия обучающегося отражаются на параметрах его модели, которая формируется в системе. Если у обучающегося возникает необходимость или желание пользоваться программной средой в тренировочном режиме, исключительно для отработки умения решать задачи без фиксации своих действий в системе, то это возможно осуществить, воспользовавшись публичной учетной

записью «Гость». Для этого на начальной странице системы, см. рис. 31, необходимо нажать кнопку «ВОЙТИ КАК ГОСТЬ». После этого появляется возможность пользоваться программной средой, однако, результаты, полученные под этой публичной учетной записью сохранены не будут. Каждый новый вход под учетной записью «Гость» удаляет все предыдущие результаты. Эту учетную запись возможно использовать для ознакомления с программной средой.

Приведенные на рисунках 33, 34, 35 и 36 скриншоты относятся к теме «скорость». По остальным темам, реализованным в системе, существуют аналогичные структурно-ментальные схемы, которые функционируют таким же образом, как СМС по теме «скорость».

В некоторых структурно-ментальных схемах, разработанных для данной автоматизированной интерактивной программной среды содержатся одинаковые вычислительные примитивы. Так, СМС по теме «скорость» содержит ВП моделирующий расчет скорости равномерного движения, этот же ВП входит в СМС по теме «работа». Вычислительный примитив моделирующий расчет плотности в СМС «плотность» также входит в СМС «давление». Вычислительный примитив моделирующий расчет силы тяжести содержится в СМС «давление» и в СМС «работа». Эти вычислительные примитивы разных СМС взаимосвязаны, и связи внутри этих ВП являются едиными для всех СМС, в которые они входят. Так, например, решение задачи в которой необходим расчет плотности тела по теме «плотность», отражается на СМС «плотность». Связи, которые входят в этот примитив прорисовываются зеленым цветом. Одновременно с этим отмечаются проработанными связи в ВП расчета плотности и в СМС «давление», поскольку примитив, моделирующий расчет плотности, также входит в СМС «давление». Такой подход необходим, поскольку, в данном случае понятие плотности в теме «плотность» не отличаются от понятия плотности в теме «давление» – это одна и та же физическая величина.

2.2.2. Геймификация и игровые механики

Игровая деятельность является одним из замечательнейших явлений жизни. Необходимая для ребенка, в качестве подготовки к жизни и труду, игра, как известно, встречается и у взрослых, причем со схожими мотивами, заключающимися в многообразии переживаний, возникающих в процессе игры [129, стр. 487]. Стремление использовать эти желанные переживания приводит к созданию игровых технологий и их проникновению в различные сферы жизни. Этот процесс обычно называют геймификацией. Под геймификацией (игрофикацией) обычно понимают применение игровых методик в неигровых ситуациях [45]. Геймификация применяется в различных областях человеческой деятельности, как маркетинговый инструмент [79], как инструмент управления персоналом [164], в различных областях бизнеса [38]. Помимо этого, конечно же, геймификация находит применение и в образовании [115, стр. 409], [4, стр. 277]. Геймификация применяется как на различных уровнях образования [163, 131], [110, 170] и формах обучения [162, 80], так и по различным дисциплинам [42], [114, 135]. Причины столь распространенного применения игровых технологий заключаются в том, что игра, во-первых, моделирует реальные жизненные ситуации: достижение, обладание, соревнование и связанные с ними положительные эмоции; во-вторых, формирует управляемую, акцентированную мотивацию, что несомненно выгодно в плане управления; в-третьих, поощрения в игре могут выражаться невещественными, виртуальными средствами, это значительно проще и дешевле материального поощрения.

В данной работе геймификация используется для повышения мотивации у студентов к решению задач. В разработанной программной среде она реализована через набор игровых механик. Термин «игровая механика» заимствован из области разработки компьютерных игр. Строгого определения данного термина не существует, однако, опираясь на различные существующие определения можно выделить некоторые особенности этого понятия. В работе [178, стр. 661] игровая механика понимается как способ реализации части игрового процесса. В работе

[181] развивается подход к определению понятия игровой механики с позиций парадигмы объектно-ориентированного программирования, там игровая механика определяется как методы, вызываемые агентами (игроками) для взаимодействия с игровым миром. Наконец, в материале [180] указывается, что игровая механика — это те элементы игрового процесса, которые делают его забавным и захватывающим. Также в [180] описано 47 различных игровых механик, изучив которые можно сделать вывод, что основным элементом игровой механики является некоторый виртуальный актив, который приносит положительные эмоции его обладателю. Не сложно представить, что аналогичным эффектом будет обладать и реальный актив, приобретаемый посредством каких-либо игровых действий. Таким образом, в определении игровой механики должны быть отражены, во-первых, ее характер, как протокола взаимодействия с игровым миром, во-вторых, назначение игровой механики – повысить мотивацию к игре. Окончательно остановимся на понимании игровой механики как способа организации взаимодействия агента с интерактивным игровым миром, основной целью которого является повышение мотивации к игре посредством распределения некоторого актива.

В разработанной автоматизированной интерактивной программной среде реализованы следующие игровые механики (названия заимствованы из [180]):

- Механика «Достижение» (Achievement), суть которой заключается в выражении результата выполнения какого-либо действия через какой-либо актив. В данном случае происходит поощрение обучающегося за верно решенную задачу, это поощрение выражается в начислении рейтинга по рейтинговой системе А. Эло.
- Механика «Динамическое назначение» (Appointment Dynamic), в которой для получения вознаграждения требуется вернуться в заранее определенное время, чтобы предпринять некоторое действие. В разработанной программной среде ведется учет количества дней подряд, в течении которых обучающийся решает задачи по какой-либо теме. Такой учет активности

пользователя ведется по каждой из пяти представленных тем. Чтобы получить повышение счетчика дней обучающемуся необходимо продолжать решать задачи ежедневно по выбранной теме. Чем больше дней подряд обучающийся решает задачи, тем выше значение счетчика. Таким образом, данная игровая механика через регулярные повторения работает на повышение прочности формируемого умения.

- Механика «Гордость» (Pride), построена на чувстве радости за достигнутое. В программной среде, в каждой теме реализован подсчет количества задач, решенных подряд (страйк). Безошибочное решение подряд большого количества задач является трудным и те, кто смог осуществить длительную серию правильных решений, могут, по праву, гордиться своим достижением. Данная механика работает на развитие внимательности, аккуратности при решении задач, поскольку единственная ошибка может свести на нет длительную череду успешных решений.

Перечисленные игровые механики выражаются числовыми значениями, которые отображаются в верхней части (шапке) страницы со СМС, их обозначения и расшифровка приведены на рис. 37, так же их можно видеть на скриншотах, приведенных на рисунках 33, 34, 35, 36.

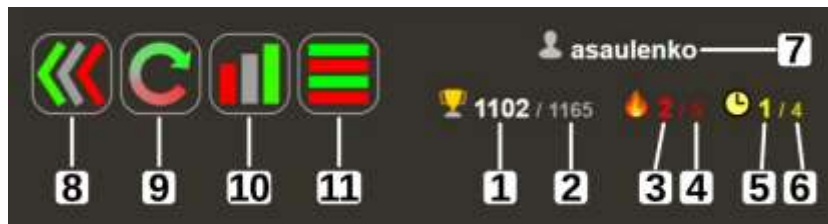


Рис. 37. Шапка страницы со СМС, содержащая информацией о достижениях пользователя

На этом рисунке обозначено: 1 – текущий рейтинг пользователя; 2 – рекордный рейтинг пользователя; 3 – текущее количество задач решенных подряд; 4 – максимальное количество задач решенных подряд; 5 – текущее количество дней подряд в течение которых пользователь решал задачи по теме СМС; 6 – рекордное количество дней подряд в течение которых пользователь решал задачи по теме

СМС; 7 – логин пользователя; 8 – кнопка перехода на главную страницу; 9 – кнопка «обновить страницу»; 10 – кнопка перехода к ТОП списку пользователей по теме текущей СМС; 11 – кнопка перехода к таблице результатов пользователя.

Помимо игровых механик, в основе которых лежит числовое виртуальное поощрение, в программной среде реализованы механики, в которых явного назначения чисел не происходит.

- Механика «Избегание» (Avoidance), побуждает к действию не путем получения награды, а путем неприменения наказания. Учет забывания в программной среде является как раз таким «наказанием». Вес связи и скорость забывания влияют на рассчитанное значение уровня усвоения, поэтому ежедневное уменьшение весов связей уменьшает значение этой характеристики. Чтобы забывание было как можно менее интенсивным, необходимо регулярно решать задачи, преимущественно на разные связи структурно-ментальной схемы.
- Механика «Зависть» (Envy), построена на желании обладать тем, что есть у других. Для реализации подобной механики в программной среде формируются ТОП (от англ. top – верхний, максимальный, высший) списки пользователей, которые позволяют оценить уровень своих достижений, в сравнении с другими пользователями программной среды. Эти списки представлены в виде таблиц, в которых содержится информация о пользователях программной среды, причем, пользователи расположены в порядке убывания какой-либо числовой характеристики. Так, в системе формируется ТОП список пользователей по убыванию суммы уровней усвоения всех тем, представленных в системе, доступ к этому списку возможно получить с начальной страницы системы, посредством нажатия кнопки «ТОП ПОЛЬЗОВАТЕЛИ», см. рис. 31. Примерный вид этого ТОП списка представлен на рис. 38.

АВТОРИЗОВАН ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ: asaulenko										
ГЛАВНАЯ		СПРАВКА		ОБНОВИТЬ		О ПРОЕКТЕ		ВЫЙТИ		
ТОП пользователей. Общий уровень [2020-05-21 11:56:14 (UTC+7)]										
<input type="button" value="все пользователи"/> <input type="button" value="за все время"/> <input type="button" value="НАЙТИ"/>										
Информация о пользователях. Пользователей в таблице: 128										
Список пользователей по уровню усвоения тем.										
Группа: все пользователи. Данные за все время.										
Уровень усвоения [успешных решений / всего решений]										
Последний рейтинг по теме										
№	Логин	Регистрация	Вход	Скорость	Плотность	Давление	Работа	Энергия	Сумма	%
1	dgt219zaharova	2019-09-11	2020-05-21	85[71/130]	89[115/185]	92[119/144]	94[118/146]	89[162/235]	449[585/840]	70
2	dgt219gilev	2019-09-11	2020-05-21	85[94/168]	88[154/231]	87[142/169]	88[140/164]	93[121/163]	439[651/895]	73
3	dgt419chemyavskiy	2019-09-12	2020-05-21	78[101/170]	85[183/281]	80[148/215]	90[202/251]	82[178/245]	415[810/1162]	70
4	dgt718alyrov	2018-10-29	2020-05-21	77[69/199]	82[63/163]	79[68/188]	88[68/155]	87[110/287]	413[378/992]	38
5	dgt219mabcin	2019-09-11	2020-05-21	66[32/91]	75[66/109]	88[100/134]	89[107/120]	89[93/103]	407[398/557]	71
6	dgt219vashkin	2019-09-11	2020-05-21	81[67/120]	77[151/194]	83[224/252]	79[214/242]	85[193/223]	405[849/1031]	82
7	dgt219kojevnikov	2019-09-11	2020-05-21	68[89/200]	62[145/204]	84[275/381]	92[372/434]	92[270/320]	398[1151/1539]	75
8	dgt718kapko	2018-10-29	2020-05-21	84[86/724]	76[75/356]	70[86/373]	93[91/466]	75[142/585]	398[480/2484]	19
9	dgt718kharazashvili	2018-10-29	2020-05-21	77[78/230]	71[50/116]	72[52/123]	82[54/112]	66[71/151]	368[305/732]	42
10	dgt918kishkinov	2018-11-01	2019-12-22	72[118/195]	38[109/205]	26[131/169]	39[151/205]	33[151/255]	208[660/1029]	64
11	dgt719molozhaniv69	2019-11-25	2019-12-23	33[78/247]	41[91/232]	17[130/262]	17[129/232]	33[120/324]	141[548/1297]	42
12	asaulenko	2020-05-15	2020-05-21	41[12/22]	19[8/8]	18[8/8]	25[11/11]	20[8/8]	123[47/57]	82
13	dgt219archelkov	2019-09-11	2019-12-23	31[105/182]	07[105/178]	44[85/205]	14[115/157]	08[90/177]	104[500/899]	56
14	dgt219mirgorodskiy	2019-09-11	2019-12-23	09[48/179]	08[91/156]	14[117/213]	32[152/215]	03[120/222]	66[528/985]	54

Рис. 38. Таблица «ТОП ПОЛЬЗОВАТЕЛИ»

Данная таблица содержит обобщенную информацию о пользователях программной среды, относительно их активности и успешности в плане решения задач в системе. Строки таблицы отсортированы по убыванию суммы уровней усвоения всех тем, представленных в программной среде, так, что первая строка содержит информацию о пользователе с наибольшим значением этой суммы, в последующих строках значение суммы уровней усвоения уменьшается.

Столбцы данной таблицы содержат следующую информацию:

«№» – номер, позиция пользователя в ТОП списке;

«Логин» – уникальный логин пользователя;

«Регистрация» – дата регистрации пользователя;

«Вход» – дата последней авторизации пользователя в системе;

«Скорость», «Плотность», «Давление», «Работа», «Энергия» – информация по отдельным предметным СМС: уровень усвоения по данной СМС, в квадратных скобках – количество правильно решенных и общее количество попыток решения задач по теме СМС, во второй строке текущее и максимальное значение рейтинга А. Эло по данной теме;

«Сумма» – интегральный уровень усвоения, в квадратных скобках общее количество правильно решенных задач и общее количество попыток решения по всем темам;

«%» – процент правильно решенных задач.

Кроме этого, в данной таблице реализована функция поиска групп пользователей по части логина и выбор временного периода (количество дней), за который необходимо получить эту сводную ТОП-таблицу. Эта таблица доступна как авторизованным пользователям системы, так и обычным посетителям сайта [HTTP://MSBX.RU](http://MSBX.RU).

Помимо общего ТОП списка, в системе имеется возможность сформировать тематический ТОП список пользователей, составленный по убыванию уровня усвоения, рассчитанного по отдельной теме. Примерный вид такого «тематического» ТОП-списка представлен на рис. 39.

АВТОРИЗОВАН ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ: asaulenko										
ГЛАВНАЯ		СПРАВКА		МС Скорость		О ПРОЕКТЕ		ВЫЙТИ		
ТОП пользователей по уровню усвоения МС (скорость) [21-05-2020]										
НАЙТИ										
Отображаются все пользователи										
№	Логин	Регистрация	Дата входа	Решение	Рейтинг	Страйк	Активность	Corr/All	Уровень	
1	dgt219zaharova	2019-09-11	2020-05-21	2020-05-21	1149 / 1149	7 / 7	1 / 6	71 / 116	85	
2	dgt219gilev	2019-09-11	2020-05-21	2020-05-21	1106 / 1113	9 / 9	1 / 2	94 / 140	85	
3	dgt718kapko	2018-10-29	2020-05-21	2020-05-21	701 / 1000	4 / 4	1 / 3	86 / 722	84	
4	dgt219vashkin	2019-09-11	2020-05-21	2020-05-21	1185 / 1202	3 / 8	1 / 2	67 / 116	81	
5	dgt419chernyavskiy	2019-09-12	2020-05-21	2020-05-21	1187 / 1195	2 / 14	1 / 3	101 / 155	78	
6	dgt718alyppov	2018-10-29	2020-05-21	2020-05-21	882 / 1117	5 / 5	1 / 6	69 / 199	77	
7	dgt718kharazashvili	2018-10-29	2020-05-21	2020-05-21	1002 / 1076	5 / 10	1 / 4	78 / 229	77	
8	dgt018koshnikov	2018-11-01	2019-12-22	2019-12-22	1330 / 1371	5 / 24	0 / 18	118 / 191	72	
9	dgt219kojevnikov	2019-09-11	2020-05-21	2020-05-21	941 / 1000	3 / 5	1 / 4	89 / 161	68	
10	dgt219maticin	2019-09-11	2020-05-21	2020-05-21	884 / 1083	3 / 6	1 / 1	32 / 72	66	
11	asaulenko	2020-05-15	2020-05-21	2020-05-21	1095 / 1165	1 / 5	1 / 1	12 / 21	41	
12	root	2018-09-02	2020-05-21	2020-05-15	1081 / 1235	13 / 13	0 / 1	28 / 61	38	
13	dgt719molojaniv89	2019-11-25	2019-12-23	2019-12-23	1012 / 1023	3 / 13	0 / 5	78 / 223	33	
14	dgt219archelkov	2019-09-11	2019-12-23	2019-12-22	1120 / 1175	0 / 10	0 / 3	105 / 180	31	
15	dgt419dyadechkin	2019-09-12	2019-12-23	2019-12-22	922 / 1000	5 / 8	0 / 2	66 / 114	15	
16	dgt219mirgorodskiy	2019-09-11	2019-12-23	2019-12-23	806 / 1029	6 / 6	0 / 2	48 / 160	9	
17	voronkov418group2	2018-12-04	2018-12-06	2018-12-05	825 / 1018	0 / 4	0 / 1	11 / 34	0	
18	voronkov418group	2018-11-22	2018-11-26	2018-11-22	824 / 1050	0 / 1	0 / 1	1 / 6	0	
19	valera1os310fizika	2018-11-26	2018-11-26	2018-11-26	1050 / 1050	1 / 1	0 / 1	1 / 1	0	
20	stas418	2018-11-19	2018-12-10	2018-12-10	889 / 1004	0 / 3	0 / 3	31 / 93	0	
21	skypd17	2019-10-06	2019-10-09	2019-10-06	539 / 1000	1 / 1	0 / 1	1 / 15	0	
22	savitskiy	2018-11-12	2018-11-19	0000-00-00	904 / 1000	0 / 0	0 / 0	0 / 2	0	

Рис. 39. Таблица ТОП-список пользователей по теме «скорость»

Столбцы этой таблицы содержат следующую информацию:

«№» – номер пользователя в ТОП списке;

«Логин» – уникальный логин пользователя;

«Регистрация» – дата регистрации пользователя;

«Дата входа» – дата последнего входа пользователя (авторизации) на сайт [HTTP://MSBX.RU](http://MSBX.RU);

«Решение» – дата, когда последний раз была решена задача по теме СМС, по которой сформирована данная таблица;

«Рейтинг» – текущее и максимальное значение рейтинга пользователя;

«Страйк» – текущее и максимальное значение количества задач, решенных подряд;

«Активность» - текущее и максимальное значение количества дней в течение которых решались задачи по теме СМС, по которой сформирована данная таблица;

«Corr/All» - количество правильно решенных задач и общее количество попыток решения задач по теме данной СМС.

«Уровень» - значение уровня усвоения данной темы, рассчитанное по параметрам модели обучающегося, индивидуально для каждого пользователя.

По данной таблице видно, что значение уровня усвоения не определяется количеством правильно решенных задач. Как указывалось выше (см. раздел 2.1.4), для расчета значения уровня усвоения учитываются полнота и прочность сформированной ментальной схемы, рассчитанные по параметрам модели обучающегося.

Числовые характеристики (рейтинг, страйк, активность, положения в ТОП-списках) сами по себе не дают никакого преимущества при работе с программной средой, они являются тем самым виртуальным активом, на котором строится геймификация посредством игровых механик. Также они удобны для реального поощрения обучающегося преподавателем, который ведет данный предмет и наблюдает, за тем, как обучающийся проявляет активность и является успешным в плане решения задач в данной программной среде. Таким образом, реализация игровых механик составляет подсистему мотивации как компонент АИПС.

Не смотря на все преимущества применения игровых механик, они порождают деструктивные стратегии. Под деструктивной стратегией тут понимается алгоритм поведения, направленный исключительно на получение виртуального актива, предлагаемого игровой механикой, причем, преимущественно не через учебную деятельность. Так, игровая механика «Гордость», виртуальным активом в которой является число задач решенных подряд – «страйк», порождает стремление запомнить ответы в задачах и желание получать эти, одинаковые задачи, неограниченное количество раз. В разработанной АИПС это приводит к тому, что обучающиеся многократно воздействуют (кликают мышью) на одну и ту же стрелку-связь структурно-ментальной схемы, надеясь

получить знакомую задачу, после чего не решая ее ввести заранее известный ответ. Для борьбы с этой стратегией были использованы следующие средства: во-первых, обучающемуся недоступен номер задачи в диалоговом окне, когда она представлена для решения (чтобы невозможно было быстро идентифицировать задачу), а также номер задачи скрыт в формах отчета (чтобы невозможно было в процессе работы с программной средой составить таблицу соответствия номеров задач и ответов в них); во-вторых, банк задач содержит задачи имеющие одинаковые формулировки, однако содержащие разные исходные данные; в-третьих, внесена случайность в алгоритм поиска задачи в банке задач, об этом было сказано в разделе 2.2.1. Использованные приемы практически свели на нет случаи применения данной деструктивной стратегии. Также ее применение было бы существенно затруднено, если бы задачи содержали случайные данные, и тем самым ответы в каждой задаче тоже были бы случайным числом. Также полезным в этом плане было бы наличие альтернативных формулировок задач при идентичных алгоритмах решения.

Игровая механика «Динамическое назначение», виртуальным активом в которой является «активность», т. е. число дней в течение которого решались задачи по некоторой теме, представленной в программной среде, порождает стремление перебирать задачи до тех пор, пока не попадет задача, решение которой не составит труда. После получения, такой легкой задачи и ее правильного решения желание работать с программной средой заканчивается. С данной деструктивной стратегией весьма трудно бороться техническими средствами, поскольку проблематично отличить ситуацию, когда обучающийся умышленно отказывается от решения задач от случая, когда решить просто не удастся.

Другие реализованные в программной среде игровые механики не порождают деструктивные стратегии. Это, однако, не делает игровые механики «Гордость» и «Динамическое назначение» менее ценными, ненужными или неэффективными. Корень проблемы возникновения деструктивных стратегий кроется в несовершенстве геймифицированного образовательного пространства. Следует, также, отметить, что возникновение деструктивных стратегий не является

существенным недостатком средств геймификации. Известно, что использование средств ИКТ в образовательном процессе имеет ряд негативных последствий, обусловленные чрезмерным увлечением какого-либо одного их аспекта [62]. В общем случае бороться с возникающими деструктивными стратегиями можно несколькими различными способами. Во-первых, техническими ухищрениями, подобными тем, которые описаны выше для борьбы с искусственным завышением количества задач, решенных подряд. Во-вторых, через экспертное модерирование. Разработанная АИПС содержит достаточное количество инструментов для того, чтобы модератор смог отследить поведение в ней отдельно взятого обучающегося и выявить деструктивные стратегии. В-третьих, и это, пожалуй, является наиболее действенным, посредством уменьшения или перераспределения веса игровых механик в образовательном процессе. Так, при возникновении деструктивных стратегий, основанных на какой-либо конкретной игровой механике, ее роль следует снизить, обращать на нее меньше внимания, отказаться от ее применения.

2.2.3. Элементы методики применения автоматизированной интерактивной программной среды в процессе организации персонифицированной самостоятельной работы студентов при формировании умения решать расчетные задачи

Процесс использования разработанной АИПС в реальном учебном процессе начинается с регистрации обучающихся в веб-приложении. Как показала практика, наиболее эффективно этот этап проходит в том случае, если обучающийся регистрирует преподаватель, ведущий курс, в котором предполагается применение данной АИПС. При регистрации пользователей естественно удобно использовать для логина транслитерированную фамилию обучающегося, а также включить в логин префикс, который позволит отличить обучающихся разных групп. В системе, в тех местах где это необходимо, реализован поиск пользователей по части логина. При этом префикс сыграет незаменимую роль, благодаря которой станет возможным выбирать пользователей, принадлежащих к одной группе. После регистрации обучающихся преподаватель выдает каждому готовые логин и пароль

для работы с системой. Разрешить обучающимся пройти процедуру регистрации самостоятельно возможно, однако при этом они могут выбрать логины, которые никак не будут отражать принадлежность к ним. Это является крайне неудобным, поскольку затрудняет удаленный контроль, который является одним из преимуществ системы, основанной на модели «белый ящик».

После регистрации необходимо вводное учебное занятие, в ходе которого обучающиеся смогут ознакомиться с системой, попробовать самостоятельно поработать с АИПС. Это возможно сделать как под публичной учетной записью «Гость», так и под собственной учетной записью. Наиболее удобно провести данное занятие в классе, предназначенном для занятий информатикой, поскольку подобные классы, помимо компьютерного оборудования и доступом к сети internet, также не редко организуются так, что преподаватель может видеть многие экраны мониторов обучающихся, что позволяет контролировать процесс работы с веб-приложением и оперативно реагировать на возникающие затруднения. Также на вводном занятии уместно объяснить обучающимся игровые механики, используемые в АИПС, и их значение при формировании оценки умения решать расчетные задачи. Поскольку в образовательных учреждениях используется бальная система отметок, то возможно установить правила, по которым обучающиеся будут получать дополнительные отметки при превышении виртуальных активов, предлагаемых игровыми механиками, определенного уровня. Однако, в данном случае следует помнить, что обучающиеся в погоне за подобным поощрением могут прибегать к деструктивным стратегиям.

Разработанная программная среда не может автономно работать на формирование умения решать расчетные задачи. Ее использование необходимо сочетать с традиционной, или какой-либо другой формой обучения при которой студент будет получать теоретический материал в виде лекций, примеров решения задач. Разработанная программная среда может быть использована для обеспечения как внеаудиторной, так и аудиторной самостоятельной работы. Как справедливо отмечает И.Г. Захарова в [20], эффективность используемых технологий и, разработанных на их основе, средств обучения зависит в первую

очередь от того как они используются, от взаимодействия педагога и учащегося. Поэтому, несмотря на то, что в данной работе удалось автоматизировать некоторые, наиболее трудоемкие операции в процессе организации персонифицированной самостоятельной работы, роль педагога не умалется. Преподаватель, в свою очередь, организует изучение теоретического материала и проводит необходимые практические занятия, устанавливает правила работы с программной средой, тем самым формирует и поддерживает внутреннюю мотивацию обучающихся к работе по решению задач. Программная среда лишь, автоматизирует часть процессов, которые связаны с контролем, с подбором задач индивидуально для каждого обучающегося в соответствии с их потребностями и дефицитами, с учетом значений игровых механик. Система обеспечивает адаптивный выбор заданий для обучающихся, проводит проверку правильности решения задачи, при необходимости генерирует СМС решения задачи (для того, чтобы обучающийся смог самостоятельно понять алгоритм решения), отслеживает какие именно элементы умения решать расчетные задачи обучающийся усвоил, а какие нет, накапливает информацию о действиях пользователя в программной среде. Конечной стадией контроля образовательных результатов является их оценка, что в свою очередь фиксируется в виде отметки. В программной среде не реализован механизм формирования отметки, поэтому преподавателю необходимо дополнительно продумать способ перевода результатов, полученных в АИПС, в принятые баллы отметок. В этом также проявляется незаменимая роль педагога. Преподавателю при работе с разработанной АИПС необходимо своевременно реагировать на возникающие затруднения обучающихся, чтобы сделать процесс работы с программной средой непрерывным. Эти функции педагога при работе с программной средой составляют его суть как обучающей подсистемы (см. концептуальную модель программной среды в разделе 2.1.1).

Для наиболее результативного выполнения преподавателем своих обязанностей в программной среде существует ряд инструментов, позволяющих увидеть активность отдельно выбранного пользователя программной среды. К таким инструментам в первую очередь относятся ТОП списки, как описано выше

в их системе есть два вида: обобщенный ТОП пользователей, и отдельные ТОП списки по каждой теме. Кроме них преподавателю доступны таблицы результатов всех пользователей системы. В таблице результатов отражены все попытки конкретного пользователя решать задачи по заданной теме. Пример такой таблицы приведен на рис. 40.

АВТОРИЗОВАН ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ: asauleiko										
ГЛАВНАЯ	СПРАВКА	МС Скорость	О ПРОЕКТЕ	ВЫЙТИ						
Активность пользователя: asauleiko (Скорость)										
Ответ: >0 Введен ответ										
Ответ: 0 Время на решение вышло или введен не корректный ответ										
Ответ: -2 (-3) Закрыта вкладка после выбора задачи										
№	ID	Дата [время]	Время	R task	R user	Ответ	Δ R	Тема	Метод	Маркер
25	575	2020-05-30 [11:37:04]	00:49	1000	1108	30	6	speed	mark	formvum-v
24	571	2020-05-30 [11:36:58]	02:03	1000	1102	48	6	speed	mark	s-s2
23	566	2020-05-30 [11:12:43]	01:01	1007	1095	20	7	speed	mark	formvum-s
22	588	2020-05-21 [07:49:28]	00:28	1000	1088	120	7	speed	rand	formva-s2
21	656	2020-05-21 [07:49:09]	00:12	1000	1165	45	-77	speed	rand	formva-va
20	569	2020-05-21 [07:48:25]	00:23	1000	1138	10	27	speed	mark	formva-t1
19	587	2020-05-21 [07:39:37]	00:28	1005	1106	20	32	speed	rand	t2-formva
18	570	2020-05-21 [07:39:02]	00:25	1000	1088	120	38	speed	mark	formva-s1
17	719	2020-05-21 [07:37:18]	00:03	1000	1142	0	-74	speed	rand	s2-formva
16	575	2020-05-21 [07:14:02]	00:00	1000	1111	30	31	speed	mark	v-v2
15	571	2020-05-21 [07:13:58]	00:00	1000	1074	48	37	speed	mark	s-s2
14	586	2020-05-21 [07:13:54]	00:00	1007	1028	20	46	speed	mark	f-formvum
13	574	2020-05-21 [07:13:48]	00:00	979	978	48	50	speed	mark	formva-va
12	611	2020-05-19 [07:27:46]	00:05	1000	913	4000	65	speed	back	v-formvum
11	611	2020-05-19 [07:27:36]	00:02	1000	955	400	-42	speed	rand	v-formvum
10	567	2020-05-19 [07:20:11]	00:01	933	899	48	56	speed	mark	s2-s
9	567	2020-05-18 [12:12:17]	00:07	933	831	48	68	speed	mark	formva-va
8	722	2020-05-18 [07:43:32]	00:32	1000	857	1	-26	speed	rand	formva-s2
7	567	2020-05-18 [07:28:16]	00:04	933	901	4	-44	speed	mark	formva-va
6	607	2020-05-18 [07:16:35]	02:29	1000	822	31	79	speed	mark	formva-s2
5	591	2020-05-18 [07:16:08]	00:22	1000	846	1	-24	speed	mark	formva-s2
4	587	2020-05-18 [07:12:35]	00:11	1000	875	2	-29	speed	mark	formva-s2
3	566	2020-05-18 [07:11:29]	00:58	1000	909	2	-34	speed	mark	formva-s2
2	50	2020-05-15 [12:40:10]	00:03	993	951	0	-42	speed	mark	s2-s
1	30	2020-05-15 [12:39:57]	00:08	1006	1000	0	-49	speed	mark	formva-va

Рис. 40. Таблица результатов пользователя

В столбцах этой таблицы содержится следующая информация:

«№» - номер записи в хронологическом порядке, нижняя строка таблицы соответствует первой записи, верхняя – последней;

«ID» - уникальный идентификатор задачи, во время решения задачи, а также в формах отчета по решению этот идентификатор скрыт, для противодействия деструктивным стратегиям, однако он необходим для работы над ошибками, данная таблица – единственное место в программной среде, где его можно узнать;

«Дата [время]» - дата и время попытки решения задачи;

«Время» - время, потраченное на решение задачи;

«R task» - рейтинг задачи которая была предложена пользователю для решения;

«R user» - рейтинг пользователя до попытки решения;

«Ответ» - ответ, принятый программной средой, над таблицей располагается инструкция по интерпретации возможных значений ответа в таблице (>0 – введен ответ, 0 – либо вышло время, отведенное на решение задачи, либо введен некорректный ответ, -2 или -3 – вкладка браузера с задачей была закрыта без ввода ответа);

« ΔR » - изменение рейтинга пользователя;

«Тема» - тема по которой была предложена задача (возможны значения: speed – скорость, density – плотность, pressure – давление, action – работа, energy – энергия), при формировании таблицы по определенной теме, тема должна быть одинаковой во всех строках;

«Метод» - метод поиска задачи (mark – подобрана ближайшая по рейтингу задача, содержащая операцию, соответствующую связи, выбранной пользователем; rand – подобрана случайная задача по выбранной теме) подробно об алгоритме поиска задачи в банке задач было сказано в разделе 2.2.1;

«Маркер» - содержит код связи при нажатии на которую была выбрана задача этот код позволяет преподавателю понять какую именно стрелку-связь выбрал пользователь.

Строки таблицы окрашены по смыслу в следующие цвета: зеленый – задача решена верно, красный – ошибка при решении. Данная таблица является, пожалуй, наиболее информативным инструментом для анализа процесса формирования умения решать расчетные задачи. В случае необходимости преподавателю доступны сведения не только о том в каких задачах обучающимся были допущены ошибки, но и ответы, которые получил ученик, решая конкретные задачи, а также время, затраченное на решение. Вся эта информация позволит организовать наиболее качественную работу над ошибками. Помимо этого, таблица позволяет

выявить деструктивные стратегий пользователей, поскольку содержит полную информацию о их действиях в АИПС. Кроме этих таблиц существует возможность наделить преподавателя расширенными правами, которые позволят просматривать модели обучающихся в виде их структурно-ментальных схем по всем темам, представленным в системе. Таким образом, оказывается реализованной аналитическая подсистема как компонент программной среды.

Разработанная программная среда может являться элементом информационной предметной среды или ИКТ-насыщенной среды обучения, как программа-тренажер, или учебно-игровая программа [149, 150]. Кроме учебной деятельности разработанная программная среда может способствовать информатизации образования в области воспитательной деятельности образовательной организации. Это не сложно увидеть, если рассмотреть перечисленные в [51] аспекты. Разработанная АИПС наделена в полной мере рядом качеств необходимых для воспитания личностных качеств обучающихся. Во-первых, программная среда предусматривает обучение в качестве основного вида деятельности учащихся, одновременно поощряя их взаимодействие: соревновательность в достижениях игровых механик, обращения за помощью и оказание помощи друг другу, обращение к преподавателю, как к эксперту, который может скорректировать их образовательные порывы, помочь при возникших трудностях, неудачах. Во-вторых, в системе придается большое внимание мотивации и формированию положительной эмоциональной составляющей образовательной деятельности. В-третьих, в разработанной системе в полной мере реализуется персонификация самостоятельной работы, что является немаловажным фактором формирования личности, поскольку трудно представить двух полностью одинаковых обучающихся. В-четвертых, благодаря заложенному алгоритму выбора задач для решения, удалось реализовать в системе высокие и одновременно гуманные требования к обучающимся. При попытках воздействий на стрелки-связи структурно-ментальной схемы которые считаются проработанными система предъявляет случайную задачу по данной теме, решение которой может содержать любые операции доступные на данной СМС, в том числе

наиболее трудные для выполнения.

2.2.4. Анализ разработанной модели «белый ящик»

Возвращаясь к идее использования модели «белый ящик», следует обсудить вопросы организации контроля и обучения с применением разработанной АИПС, в соответствии со схемой, приведенной на рис. 7, а также соответствие созданного «белого ящика» требованиям, сформулированным в разделе 1.2.3. В первую очередь следует отметить, что требование предметности очевидным образом выполняется, поскольку разработанные структурно-ментальные схемы являются предметными – в данном случае разработанные на примере материала физики.

Основная идея применения разработанной АИПС заключается в том, что она используется непосредственно в процессе обучения, для организации самостоятельной работы. Студент получает задания – задачи только из этой программной среды, и там же вводит ответы полученные в результате решения. Эти данные используются для настройки «белого ящика» - модели обучающегося. Этот процесс является достаточно длительным для выполнения требования длительности применения «белого ящика».

Собственно, модель «белый ящик» - модель обучающегося, в разработанной системе представлена структурно-ментальной схемой обучающегося, ее параметрами. По каждой теме являются набор весов и скоростей забывания связей, а также значение рейтинга А. Эло. Этот большой набор данных необходим для отражения способности обучающегося к решению расчетных задач, так выполняется требование сложности к «белому ящику».

Обратная связь реализуется через визуальное представление пользователю образа СМС в виде цветного изображения с различной окраской связей. Такое изображение позволяет интуитивно просто определить недостающие элементы умения, причем, это делается с высокой детализацией, которая невозможна при традиционном способе обучения решению задач. Воздействие на модель обучающегося - «белый ящик» происходит одновременно как со стороны АИПС (представление задачи), так и со стороны обучающегося (выбор связи, решение

задачи). При этих воздействиях изменяются параметры модели «белый ящик» и она автоматически настраивается должным образом. Таким образом выполняется требование интерактивности, т.е. разработанная модель - «белый ящик» взаимодействует с пользователем программной среды.

Контроль умения решать расчетные задачи происходит посредством анализа состояния модели «белый ящик», для этого разработана величина – уровень усвоения для каждой из отдельных тем представленных в системе. Неоспоримым преимуществом данного подхода является то, что модель обучающегося доступна для контроля практически в любое время, поэтому контроль не отрывается от обучения и может происходить мгновенно, без непосредственного участия обучающегося. Введенная величина – уровень усвоения по отдельным темам и интегральный уровень усвоения при рассмотрении умения обучающегося решать расчетные задачи вообще по представленным в системе темам претендует на роль способа сравнения «белого ящика» с обучающимся. Валидность данного критерия обсуждается далее, в разделе 2.3.1.

Относительно обучающегося взаимодействие с разработанной АИПС возможно представить в виде схемы-алгоритма, который приведен на рис. 41. На этой схеме изображены все возможные состояния программной среды, с которыми может столкнуться обучающийся при работе с системой, а также действия, позволяющие переходить из одного состояния в другое. Эллипсами изображены состояния системы (страницы веб-приложения, диалоговые окна, таблицы), прямоугольниками изображены действия которые необходимо предпринять для перехода к заданному состоянию, ромбом изображено условие.

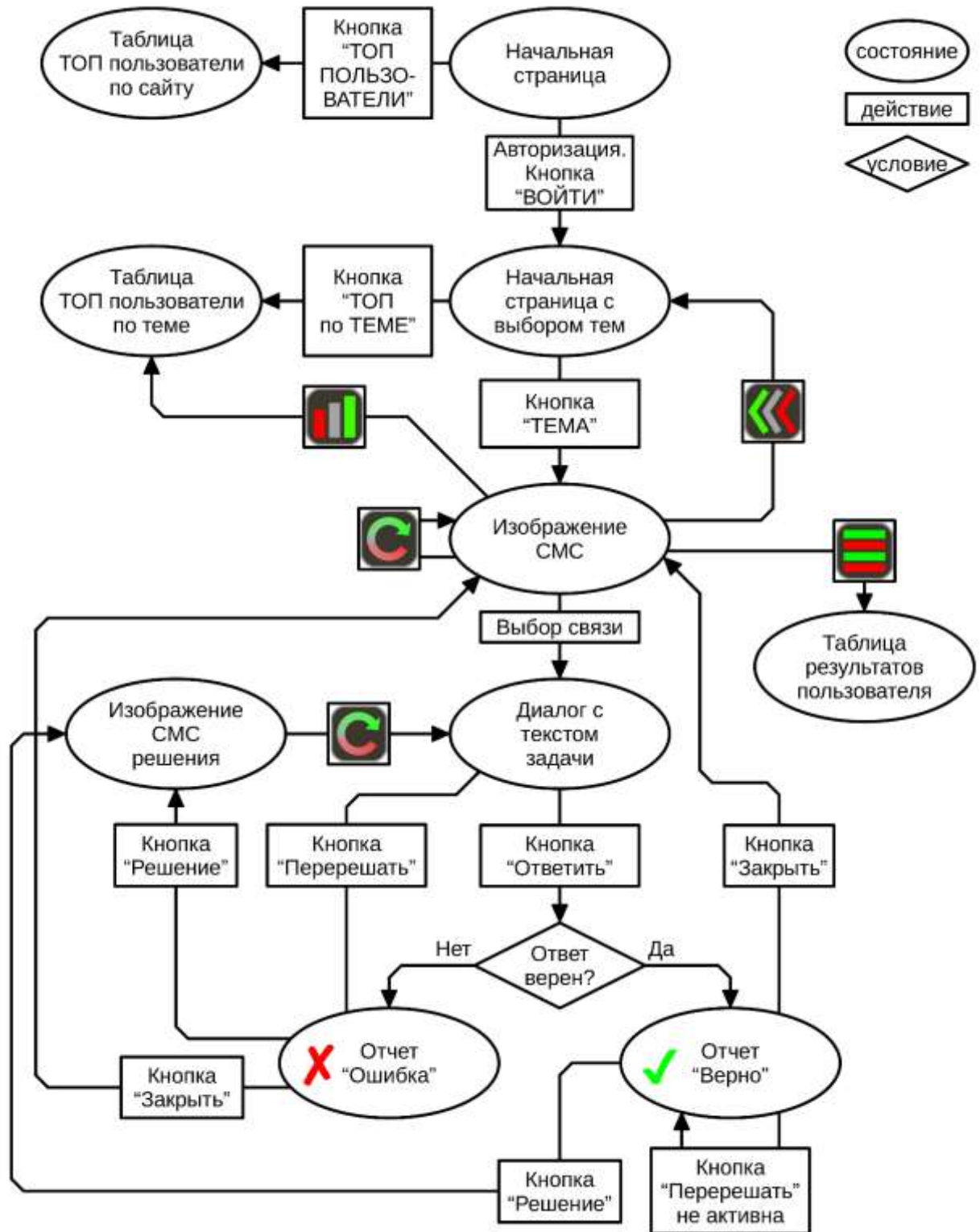


Рис. 41. Алгоритм взаимодействия обучающегося с разработанной АИПС

Немаловажным является вопрос об отношении обучающихся к разработанной АИПС. По существу, в структурно-ментальных схемах программной среды формируется отражение умения решать задачи для каждого

пользователя, т.е. его модель. Весьма любопытным оказывается этический аспект. Прояснить этот вопрос возможно следующим образом. Современное состояние информатизации образования в плане применения в образовательном процессе подобных автоматизированных интерактивных средств обучения, оставляет желать лучшего. Не будет преувеличением заявление, что в подавляющем большинстве образовательных организаций среднего образования (общеобразовательных школ, учреждений системы СПО) подобные автоматизированные средства применяются крайне редко или не применяются вовсе. По этой причине для реальных обучающихся какая-либо работа с интерактивными компьютерными средствами на предметах, явно несвязанных с информатикой, в большинстве случаев, является диковинной. На этом фоне оказалось нерациональным в процессе знакомства с программной средой акцентировать внимание обучающихся на том, что в системе формируется их модель. При апробации программной среды в педагогическом эксперименте этого не делалось, поскольку все внимание обучающихся направлялось на изучение интерфейса программной среды и способов взаимодействия с ней. В дальнейшем, в процессе работы обучающихся с АИПС, они быстро понимали все ее особенности (игровые механики, структурно-ментальные схемы, интерфейс). В ходе педагогического эксперимента было отмечено, что постепенно у студентов формировалось некоторое интуитивно-обыденное понимание связи состояния СМС и собственного умения решать расчетные задачи. Таким образом, понимание обучающимся связи студент – модель происходит постепенно, в процессе работы с программной средой, без явного указания на это. Отношение обучающихся к работе с АИПС и моделям в виде СМС, формируемых в ней, хотя и складывалось стихийно, но в конечном счете оказалось благожелательным. Студенты охотно демонстрировали свои СМС как друг другу, так и преподавателю, соревновались в достижениях значений игровых механик.

2.2.5. Выводы по параграфу

Таким образом, в данном параграфе представлена разработанная автоматизированная интерактивная программная среда, описан ее интерфейс. Представлен подход к геймификации образовательного процесса, основанный на игровых механиках. Перечислены и описаны использованные игровые механики и обсужден вопрос возникновения связанных с ними деструктивных стратегий и способы борьбы с ними. Изложены основные элементы методики применения разработанной программной среды в образовательном процессе.

Проанализирован разработанный «белый ящик» и показано его соответствие требованиям, введенным в разделе 1.2.3, т. е. сложности, длительности применения, интерактивности, предметности и наличия способа сравнения с исследуемым объектом. Рассмотрен вопрос об организации контроля и обучения с помощью разработанной программной среды и взаимодействии с ней обучающегося. Изображена схема – алгоритм взаимодействия обучающегося с АИПС. Обсужден вопрос отношения обучающихся к программной среде.

Организация процесса самостоятельной работы происходит в представленной программной среде происходит автоматически. Автоматизированы, таким образом, оказываются многие трудоемкие операции: подбор заданий для решения по сложности и содержанию индивидуально для каждого обучающегося. В соответствии с принципами персонификации, обучающийся выбирает тему, по которой будут подбираться задачи для решения и связь, отражающую операцию, которая должна встретиться в решении задачи. Также автоматически происходит проверка правильности решения задачи. В данном случае, правильность решения проверяется только по введенному ответу – значению величины, которую необходимо вычислить по условию задачи. Реализована автоматическая оценка полноты и прочности сформированной ментальной схемы умения решать расчетные задачи. Это происходит как визуально – по преобладающему цвету СМС обучающегося, так и с помощью расчета введенной величины – уровня усвоения. Автоматически учитывается

индивидуальный опыт обучающегося – задачи содержащие связи, которые были проработаны сравнительно недавно, система не предлагает для решения.

Описанная автоматизированная интерактивная программная среда окончательно разработана и может быть использована в образовательном процессе для организации персонифицированной самостоятельной работы студентов системы среднего профессионального образования, при формировании умения решать расчетные задачи (на примере задач по физике). В данном параграфе представлены остальные компоненты программной среды:

- Подсистема мотивации, сущность которой составляют игровые механики, реализованные в программной среде.
- Аналитическая подсистема, которая заключается в наборе инструментов для сбора, обработки и анализа информации о действиях пользователя в системе и о результатах этих действий.

Открытым остался вопрос о результативности разработанной АИПС, описанию которого будет посвящен следующий параграф.

§ 2.3. Результаты апробации программной среды

2.3.1. Обеспечение автоматизации процесса организации персонифицированной самостоятельной работы

Во втором положении, выносимом на защиту, было сделано утверждение о том, что автоматизировать организацию персонифицированной самостоятельной работы возможно, если использовать:

- рейтинг А. Эло для обеспечения адаптивности программной среды;
- игровые механики для обеспечения мотивации обучающихся;
- кусочно-линейный закон забывания для реализации динамической во времени оценки уровня сформированности умения решать расчетные задачи.

В данной части третьего параграфа второй главы диссертации проводится доказательство этого положения, выносимого на защиту.

Для обеспечения адаптивности, разработанной АИПС, была использована рейтинговая система А. Эло. Под адаптивностью в данном случае понимается то, что задачи для решения будут подбираться пользователю по сложности в зависимости от его уровня. Так, более подготовленному обучающемуся будут предлагаться задачи сложнее, а менее подготовленному – легче. Нет строгого теоретического доказательства того, что с использованием этого рейтинга будет обеспечена адаптивность. Напомним, что рейтинговая система А. Эло строится на предположении, что математическое ожидание результата состязания (в данном случае, решения обучающимся задачи) зависит от разницы рейтингов противоположных сторон (обучающегося и задачи). Формула, которая предположительно определяет это математическое ожидание, дает значение 0,5 при равенстве рейтингов. Вообще говоря, совершенно не очевидно, что так оно и будет на самом деле. Для проверки этого предположения требуется пронаблюдать многочисленные состязания и по ним рассчитать частоту правильных решений. Если так окажется, что при равенстве или незначительном отличии рейтингов обучающегося и задачи, частота правильных решений окажется близкой к 0,5, то предположение о том, что применение рейтинга А. Эло обеспечивает адаптивность подбора заданий, верно. То есть, при равенстве рейтингов обучающемуся подбирается такая задача, которую он может с равной вероятностью как решить, так и не решить. В таком случае, следует сделать заключение о том, что сложность задачи вполне соответствует уровню подготовленности обучающегося. Провести наблюдение и проверить описанное свойство рейтинга А. Эло в разработанной АИПС не составило большого труда. Поскольку, все действия пользователей в системе документируются, становится возможным подсчитать для различных разностей рейтингов частоты верного решения задач. График зависимости частоты правильных решений от модуля разности рейтингов обучающегося и задачи приведен на рис. 42.

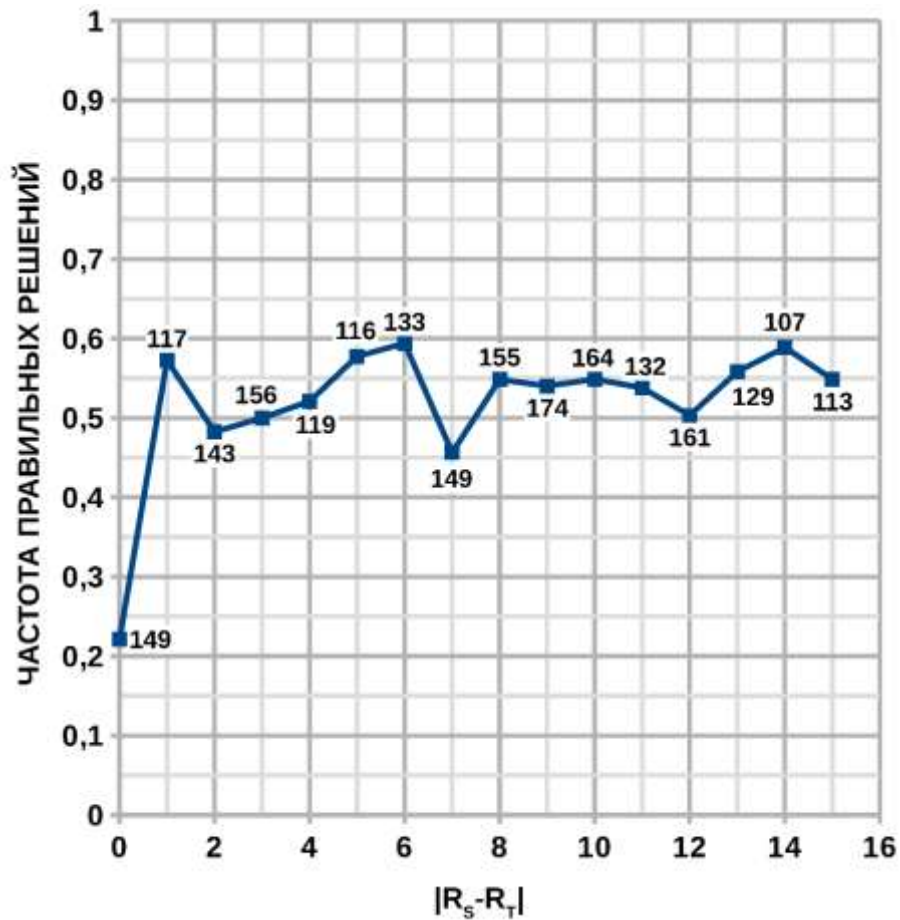


Рис. 42. График зависимости частоты правильных решений от модуля разности рейтингов А. Эло обучающегося и задачи

На этом графике, около каждой точки, отмечены количества задач, по результатам решения которых была рассчитана частота. По графику видно, что в том случае, если разность рейтингов обучающегося и задачи не превосходит по модулю 15 pt, частота правильных решений имеет значение достаточно близкое к 0,5. Это свидетельствует о том, что если рейтинги обучающегося и задачи отличаются не сильно, то сложность задачи примерно равна уровню подготовленности обучающегося, выраженному в единицах рейтинга А. Эло. Этот результат является доказательством того, что применение рейтинга А. Эло обеспечивает в разработанной АИПС адаптивность подбора заданий по сложности. Такой подход к адаптивности является первым шагом к обеспечению автоматизации программной среды. Отдельно стоит прокомментировать низкое значение частоты при нулевом отличии рейтингов обучающегося и задачи.

Естественным было бы ожидать, что при нулевой разнице рейтингов значение частоты правильных решений будет очень близким к 0,5. Однако, экспериментальное значение оказалось равным 0,22, что весьма далеко от ожидаемого. Такое значение могло получиться в следствии того, что в выборку, при нулевой разнице рейтингов, попались акты решения задач обучающимся в начальный момент работы с системой. В этот период все задачи и все обучающиеся имели одинаковые рейтинги равные 1000 рт. Так оказалось, что уровень подготовленности обучающихся к решению расчетных задач перед началом работы с системой был низким, и подавляющее большинство задач, подобранных по равенству рейтингов обучающегося и задачи были решены неверно. После нескольких попыток решения рейтинги обучающихся и задач изменились. В дальнейшем, ситуации, в которых обучающемуся попадалась задача строго с равным рейтингом были редки, и чаще встречались ситуации, в которых разница рейтингов была ненулевой, хотя и достаточно малой. Такие ситуации, внесли свой вклад в общую картину частоты правильного решения при строгом равенстве рейтингов обучающегося и задачи. Поэтому экспериментальное значение при нулевой разнице рейтингов обучающегося и задачи оказалось заниженным.

Следующим пунктом во втором положении заявлено, что посредством игровых механик возможно повысить мотивацию к решению задач. Доказать этот пункт возможно, сравнив среднее количество задач, решенных одним обучающимся при традиционном способе организации самостоятельной работы по решению расчетных задач, со средним количеством задач решенных в разработанной системе. При использовании разработанной программной среды в реальном учебном процессе обучающимся были предложены следующие условия работы: занятия по физике проводились один раз в неделю, и в перерыве между ними было необходимо решить минимум 10 задач по темам, представленным в АИПС. Экспериментальная группа работала с программной средой, контрольная – получала задания на бумажных носителях (в виде карточек). Таким образом, это была внеаудиторная самостоятельная работа по решению задач в процессе выполнения домашней работы. Дополнительное поощрение обучающихся

контрольной группы предполагалось за задачи, решенные сверх обязательных, которые можно было получить также на бумажном носителе (дополнительной карточке). Обучающиеся экспериментальной группы поощрялись за достижения виртуальных активов в игровых механиках. В роли поощрения выступали дополнительные отметки, которые могли повлиять на аттестационную отметку за месяц, в свою очередь, она влияет на аттестацию по результатам семестра. Как известно в системе среднего профессионального образования обучающиеся получают стипендию, в том случае, если промежуточная аттестация завершается с отметками «хорошо» и «отлично». Тем самым поощрение было достаточно желанным для обучающихся как контрольной, так и экспериментальной группы. Задачи для обучающихся обеих групп подбирались из единого банка задач. В экспериментальной группе обучающимся выбирались задачи автоматически, средствами программной среды. В контрольной группе карточки включали задачи, выбранные случайным образом по две задачи на каждую тему: скорость, плотность, давление, работа и мощность, энергия. По результатам педагогического эксперимента, проведенного с контрольной группой в 2019-м году, было подсчитано среднее количество задач, решенных одним обучающимся в процессе внеаудиторной самостоятельной работы. Значения оказались существенно различными. За весь период педагогического эксперимента: обучающиеся контрольной группы в среднем решили 34,5 задачи, экспериментальной группы – 76,6 задачи. Это различие весьма значительно, однако объяснить его возможно, как преимуществом игровых механик, так и различной доступностью задач для решения. Обучающимся контрольной группы для получения дополнительных заданий требовалось получить дополнительную карточку с задачами, в то время как, в экспериментальной группе нужно было только продолжать работать с системой, доступной в сети internet. Также работа с программной средой, реализованной в виде веб-приложения, может сама по себе представляться обучающимся более привлекательной, поскольку АИПС имеет несравненно больший функционал, чем бумажный носитель – карточка с задачами. Помимо этого, самостоятельная работа в контрольной и экспериментальной группе,

очевидно, была организована различно с позиции персонификации, самостоятельная работа в экспериментальной группе была высоко персонифицирована, в то время как, в контрольной группе персонификация практически отсутствовала. По этим причинам на представленный результат (среднее количество задач, решенных в процессе самостоятельной работы), вероятнее всего сказались несколько факторов. Однако, тот факт, что средний рекордный страйк (количество задач, решенных подряд без ошибок) обучающихся, попавших в экспериментальную группу, составил 9,5 задач, и средняя рекордная череда активности (количество дней, в течение которых подряд решались задачи по какой-либо теме, представленной в системе) составила 6 дней, подтверждает, что у обучающихся было достаточно мотивации решать задачи и добиваться виртуальных активов, реализованных в программной среде игровых механиках. Таким образом, следует признать, что игровые механики положительно повлияли на мотивацию студентов решать задачи в разработанной программной среде.

Третьим пунктом, составляющим потенциал автоматизации, во втором положении была вынесена возможность создания динамической во времени оценки уровня сформированности умения решать расчетные задачи на основе кусочно-линейного закона забывания. Это оказалось действительно возможным, и в части 2.1.4 была описана числовая характеристика, которую назвали «интегральный уровень усвоения». В работе, до настоящих строк, остался неосвещенным вопрос о том, как же соотносится эта величина с реальной способностью обучающегося решать расчетные задачи. Возможность обосновать эту величину появляется при исследовании корреляции между интегральным уровнем усвоения и количеством задач, решенных студентами при независимом контроле. Очевидно, что количество задач, решенных студентами при какой-либо форме контроля, является объективной и вполне достаточной характеристикой подготовленности обучающегося в плане решения расчетных задач. Если так окажется, что интегральный уровень усвоения будет коррелировать с объективной оценкой, полученной независимым измерением, то следует признать, что введенная характеристика является валидной, т. е. действительно отражает именно

то качество, которое по предположению должна отражать, служит поставленной цели измерения.

Экспериментальная апробация разработанной программной среды проводилась в течение двух лет (в 2018-м и 2019-м годах), каждый раз был использован выходной контроль в форме тестирования. Располагая информацией о количестве задач решенных обучающимися в выходном тестировании и о значении интегрального уровня усвоения каждого обучающегося, сопоставим имеющиеся значения этих характеристик. Для визуализации данных в таких случаях обычно прибегают к построению диаграммы рассеяния [25, стр. 51]. Для данных, полученных в 2018-м году, эта диаграмма приведена на рис. 43.

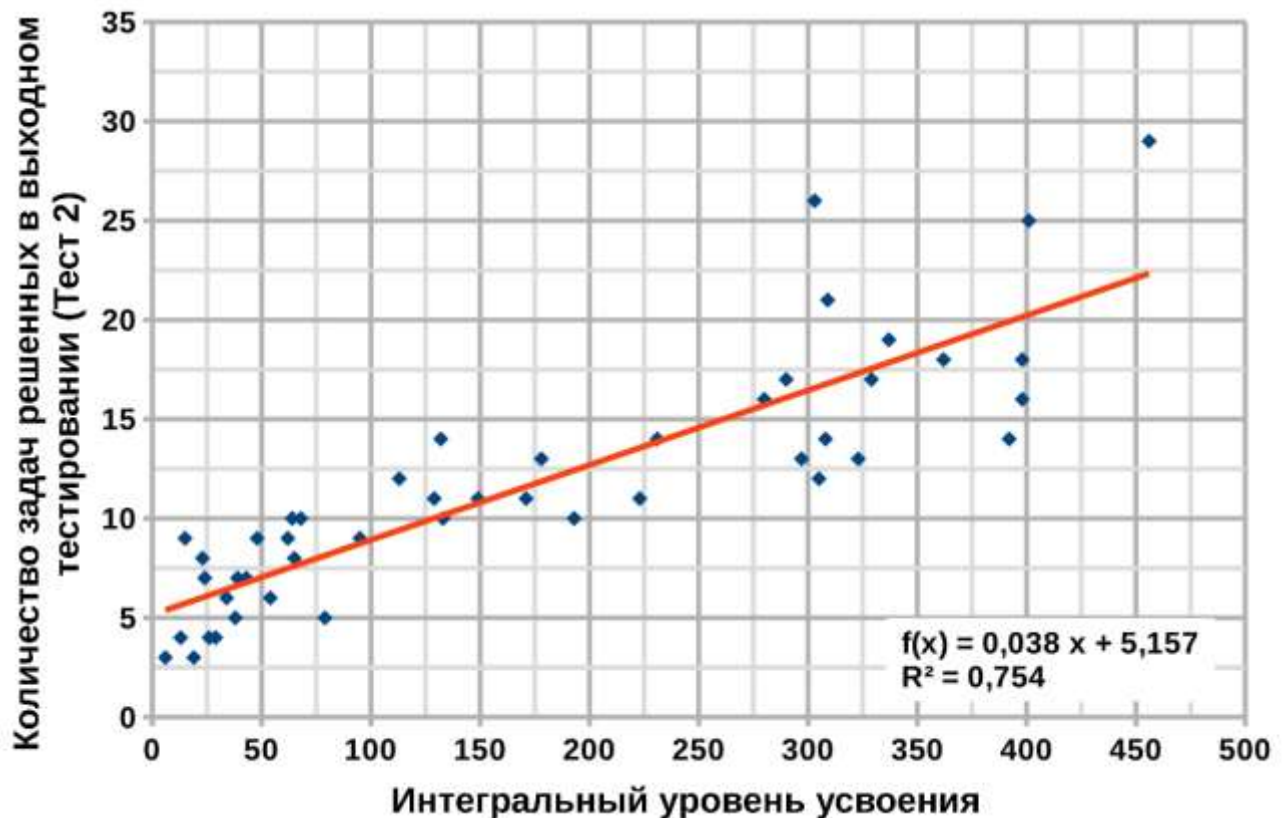


Рис. 43. Диаграмма рассеяния интегрального уровня усвоения, рассчитанного для каждого обучающегося, и количества задач, решенных им в выходном тестировании в 2018-м году

На диаграмме, приведенной на рис. 43, максимально возможное значение суммы уровней усвоения равно 500 (поскольку в системе представлено пять тем,

по каждой из которых максимально возможное значение равно 100). Максимально возможное количество решенных задач в выходном тестировании, которым закончился педагогический эксперимент 2018-го года, равно 35 (все задачи были тестовыми заданиями открытого типа).

На диаграмме, представленной на рис. 44, максимально возможное значение интегрального уровня усвоения, также, равно 500. Однако, максимально возможное количество решенных задач равно 30. В педагогическом эксперименте 2019-го года количество задач в выходном тесте было сокращено до 30, и изменена их форма на задания закрытого типа.

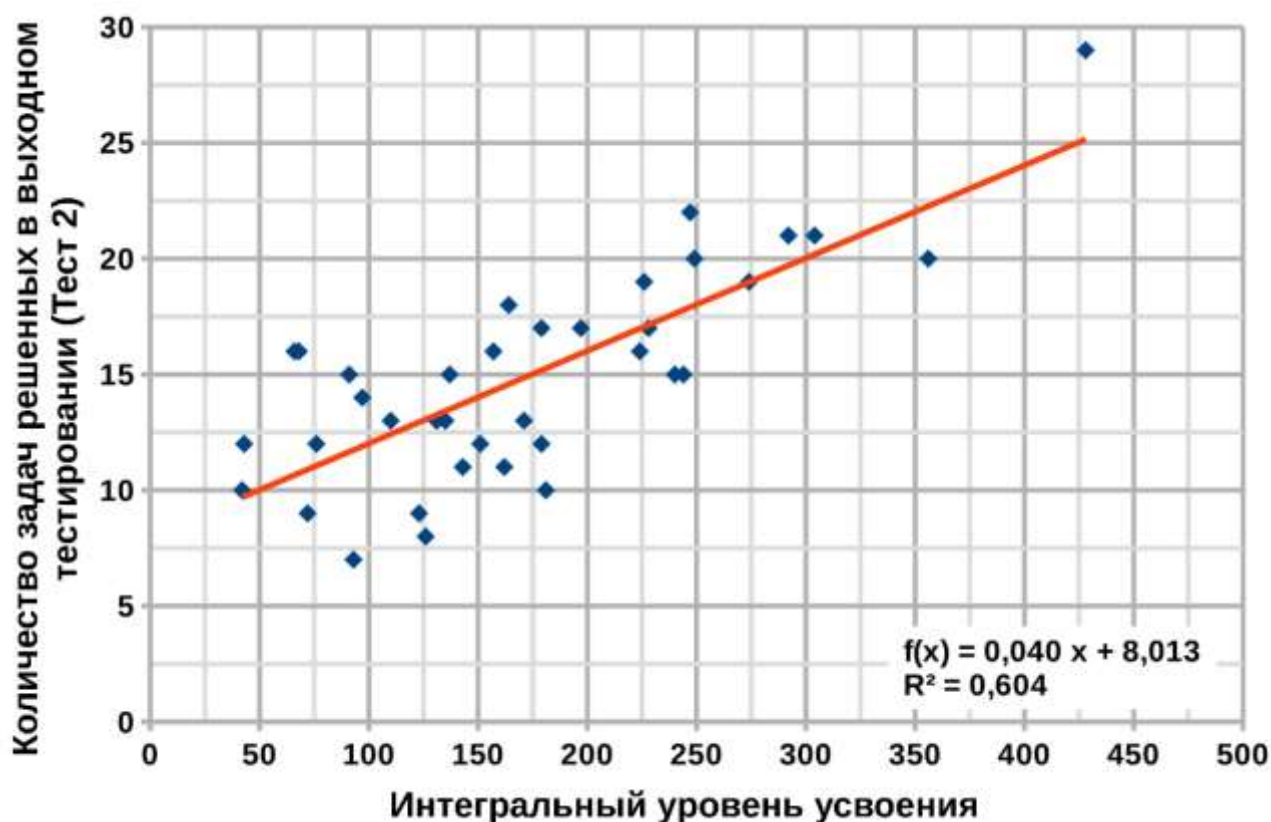


Рис. 44. Диаграмма рассеяния интегрального уровня усвоения, рассчитанного для каждого обучающегося и количества задач, решенных им в выходном тестировании в 2019-м году

Красной линией на диаграммах, представленных на рис. 43 и рис. 44, проведен линейный тренд, также, на этих диаграммах представлены уравнение линии тренда и значение коэффициента детерминации R^2 . Линейный коэффициент

корреляции [66, стр. 501] для результатов 2018-го года (см. рис. 43) принимает значение 0,87 (данные, по которым рассчитано это значение приведены в ПРИЛОЖЕНИИ Б, см. столбцы «Уровень» и «Тест 2»). Для результатов 2019-го года (см. рис. 44) линейный коэффициент корреляции принимает значение 0,78 (данные, по которым рассчитано это значение приведены в ПРИЛОЖЕНИИ В, см. столбцы «Уровень» и «Тест 2» для экспериментальной группы). Такие значения коэффициента корреляции по шкале Чеддока соответствует сильной, тесной связи между величинами [73, стр. 10].

Тот факт, что линия тренда не проходит через начало координат, объясняется: во-первых, тем, что темы, представленные в системе, в очень упрощенном виде изучаются в курсе физики основного общего образования, поэтому даже те обучающиеся, которые не работали с созданной программной средой, могли решить некоторые задачи выходного тестирования, во-вторых, (в педагогическом эксперименте 2019-го года) тем, что выходной контроль был организован в форме теста, содержащего только закрытые задания, поэтому, даже для полностью неподготовленного обучающегося, вероятность угадать правильный ответ была ненулевой.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что введенный интегральный уровень усвоения тесно связан с уровнем подготовленности обучающегося в плане решения расчетных задач.

Таким образом, в разработанной программной среде оказалось возможным обеспечить автоматизацию процесса организации персонифицированной самостоятельной работы, посредством применения рейтинга А. Эло для обеспечения адаптивности системы, использования геймификации посредством набора игровых механик для повышения мотивации обучающихся и применения кусочно-линейной модели забывания для разработки и реализации динамической во времени оценки уровня сформированности умения решать расчетные задачи. Тем самым, второе положение, вынесенное на защиту, является доказанным.

2.3.2. Экспериментальная работа 2018-го года

При подготовке данного раздела использовались авторские идеи, опубликованные в работе [6].

Как указывалось ранее (см. Введение), апробация разработанной программной среды проходила в течение двух учебных годов. В 2018-2019-м учебном году был проведен первый этап экспериментального исследования и четвертый этап диссертационной работы. В это время был поставлен педагогический эксперимент без контрольной группы, основной целью которого было предварительно проверить результативность разработанной программной среды. Работа проводилась на базе КГБПОУ «Дивногорского гидроэнергетического техникума имени А.Е. Бочкина». В ходе этого эксперимента группа обучающихся – 46 человек в возрасте 15-16 лет – студенты первого курса, продолжающие изучение общего курса физики в рамках получения среднего (полного) образования, работали с разработанной программной средой в течение шести недель. Перед обучающимися была поставлена задача – достичь к моменту завершения работы как можно более высокого места в общем ТОП списке пользователей сайта. Работа с программной средой проходила внеаудиторно.

Перед знакомством обучающихся с АИПС, было проведено входное тестирование (Тест 1), в котором от них требовалось обнаружить знания по представленным в системе темам. Тест содержал 35 расчетных текстовых задач - заданий открытого типа, на которые нужно было дать ответ в виде числа. Таким образом, эти задания теста оценивали уровень подготовленности обучающегося к решению расчетных задач. После того, как обучающиеся поработали с системой отведенное время, было проведено повторное (выходное) тестирование (Тест 2) подобным тестом (тексты задач были идентичными, но исходные данные в них были изменены). Результаты тестирований приведены на гистограмме на рис. 45 (данная гистограмма построена по данным представленным в ПРИЛОЖЕНИИ Б).

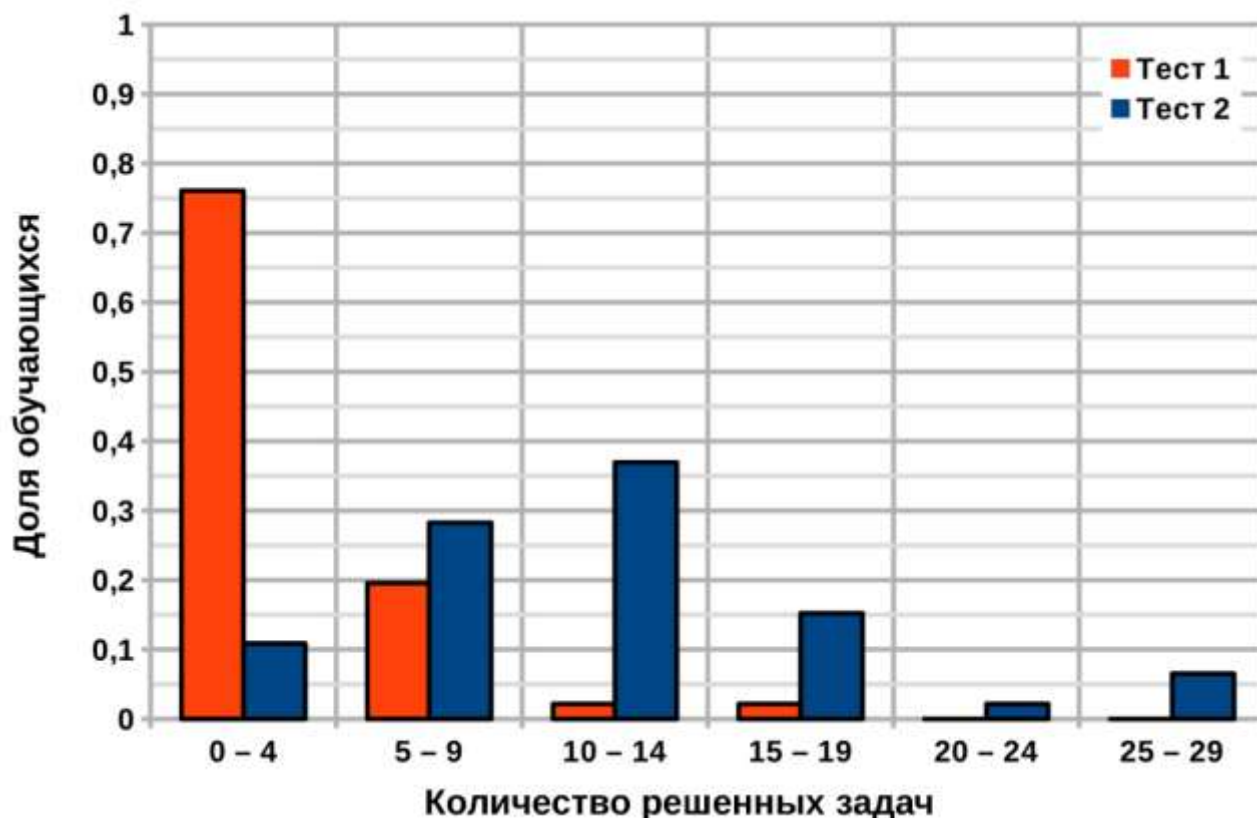


Рис. 45. Распределение обучающихся по количеству решенных задач в педагогическом эксперименте 2018-го года

На приведенной (см. рис. 45) гистограмме отмечена доля обучающихся, решивших количество задач в указанном на оси абсцисс интервале. По гистограмме видно, что доля учащихся, решивших большее количество задач, после работы с системой, увеличилась. Решение задач по темам, представленным в программной среде, происходило только через разработанную систему. Никаких других педагогических воздействий на обучающихся, направленных на формирование умения решать расчетные задачи по приведенным темам, не производилось. Поэтому зафиксированная положительная динамика, в плане умения обучающихся решать расчетные задачи, может быть обусловлена исключительно применением разработанной программной среды.

Далее необходимо показать статистическую значимость полученного результата. Количество задач, решенных обучающимися в тестах, является измеряемым критерием. По значению этого критерия можно судить об уровне

умения студентов решать расчетные задачи. Этот критерий, а также разность между значениями, полученными во втором и первом тестах, так называемые сдвиги, подчиняются постулатам Хантингтона [144, стр. 38], т. е. обладают свойствами:

- связности (если $a \neq b$, то либо $a < b$, либо $a > b$),
- асимметрии (если $a < b$, то $a \neq b$),
- транзитивности (если $a < b$ и $b < c$, то $a < c$).

Это является признаком того, что данный критерий задает шкалу порядка для измерения исследуемого качества (умения решать задачи). В такой ситуации, с учетом того, что выборки зависимы, доказать статистическую значимость различий количества задач, решенных в входном и выходном тестах, возможно, используя непараметрический T-критерий Уилкоксона.

В данном случае нулевая гипотеза формулируется следующим образом:

$H_0^{\text{ЭКСП 2018}}$: *наблюдающиеся сдвиги в сторону увеличения количества решенных задач в тесте могут быть объяснены влиянием исключительно случайных факторов и не являются статистически значимыми.*

Альтернативная гипотеза в таком случае принимает следующий вид:

$H_1^{\text{ЭКСП 2018}}$: *наблюдающиеся сдвиги в сторону увеличения количества решенных задач в тесте не случайны и являются статистически значимыми.*

За сдвиг в нетипичном направлении принимается отрицательное значение (т. е. сдвиг в сторону уменьшения количества решенных в тесте задач) потому, что большинство сдвигов в положительном направлении.

Значение T-критерия Уилкоксона равно сумме рангов сдвигов в нетипичном направлении: $T = \sum R_i$. В данном случае этот критерий принимает значение равное 1,5.

Согласно таблицам, приведенным в [136, стр. 324] критические значения этого критерия таковы:

	$T_{кр}$	
n	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$
46	389	328

Наблюдаемое значение критерия на оси значимости находится в зоне значимости см. рис. 46.

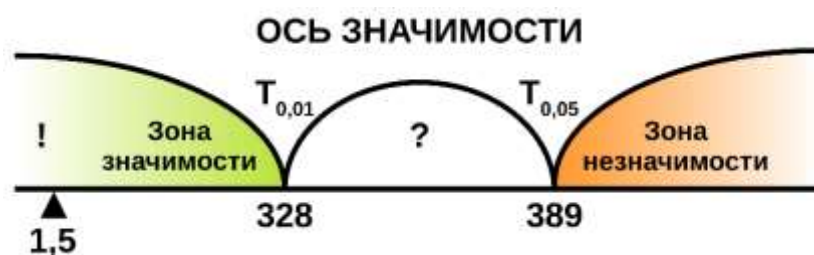


Рис. 46. Ось значимости T-критерия Уилкоксона для $n = 46$

Таким образом, нулевая гипотеза $H_0^{ЭКСП\ 2018}$ отвергается, т. е. считается, что сдвиг в сторону увеличения количества решенных задач в тесте не может быть объяснен случайным стечением обстоятельств, и, весьма вероятно, что этот сдвиг неслучаен. Поскольку нулевая гипотеза отклоняется, а альтернативная является ей противоположной, то согласно закону исключенного третьего, принимается альтернативная, т. е. гипотеза $H_1^{ЭКСП\ 2018}$. Таким образом, считается, что наблюдаемые типичные сдвиги неслучайны. Обусловлены они могут быть только факторами, влияющими на обучающегося в период между проведением первого и второго тестирований, по результатам которых и получены сдвиги. Наиболее вероятно, что на способность обучающихся решать расчетные задачи повлияла работа с разработанной программной средой. Таким образом, в эксперименте, проведенном в 2018-м году, статистически значимо доказана результативность разработанной АИПС в качестве дидактического средства, направленного на формирование умения решать расчетные задачи.

Полученный результат может показаться в некотором роде предсказуемым. Поскольку обучающиеся при работе с программной средой решали расчетные задачи, эффект от этой деятельности, казалось бы, очевидным образом должен появиться и отразиться на результатах эксперимента. Однако, до применения

разработанного средства в реальном образовательном процессе не было полной уверенности относительно положительных результатов, которые приносит его применение. Могло получиться так, что программная среда не дала бы никакого результата, или результат не оказался бы статистически значимым. Поэтому, после завершения разработки АИПС, была необходима апробация разработанного средства с целью предварительной проверки его результативности. Этот этап завершился статистически значимым результатом, свидетельствующим о том, что разработанная программная среда результативна при применении в качестве средства обучения по формированию умения решать расчетные задачи.

Проведенной проверки все же недостаточно. Для окончательного суждения о результативности разработанной программной среды необходимо сравнить результаты, полученные при ее использовании, с результатами, полученными при каком-либо другом способе организации самостоятельной работы по решению расчетных задач.

2.3.3. Экспериментальная работа 2019-го года

На завершающем этапе работы был проведен второй педагогический эксперимент уже с контрольной группой. Система MSBX.RU была повторно испытана в педагогическом процессе. Эксперимент также проходил на базе КГБПОУ «Дивногорский гидроэнергетический техникум имени А.Е. Бочкина». Основными целями этого повторного экспериментального исследования были:

- сравнение способов организации самостоятельной работы по решению расчетных задач: с разработанной АИПС и традиционно, как это описано А.В. Усовой в работах по методике преподавания [151, стр. 47] и [152, стр. 80];
- исследование влияния игровых механик на мотивацию обучающихся;
- изучение возможности адаптивного по сложности подбора задач, на основе рейтинга А. Эло;

- продолжение исследования введенного интегрального уровня усвоения умения решать расчетные задачи, как числовой характеристики полноты и прочности этого умения.

Педагогический эксперимент 2019-го года был организован следующим образом. Группа обучающихся – 71 человек в возрасте 15-16 лет – студенты первого курса, продолжающие изучение общего курса физики в рамках получения среднего (полного) образования, была разделена на контрольную группу 34 человека и экспериментальную группу 37 человек. Изначально в обеих группах было проведено входное тестирование (Тест 1). Тест содержал 30 задач в виде заданий закрытого типа с четырьмя вариантами ответа. Задачи были подобраны по темам: скорость, плотность, давление, работа и мощность, энергия. Таким образом, этот тест оценивал начальный уровень умения решать задачи по перечисленным выше темам. Среднее значение количества задач, решенных обучающимися контрольной группы, составило 8,47; в экспериментальной группе это значение оказалось равным 8,54. Таким образом, исходный уровень обеих групп оказался с достаточной точностью одинаковым. Детальное распределение обучающихся по количеству задач, решенных в тестах, приведено на гистограмме, изображенной на рис. 47 для контрольной группы и рис. 48 для экспериментальной, а также в ПРИЛОЖЕНИИ В.

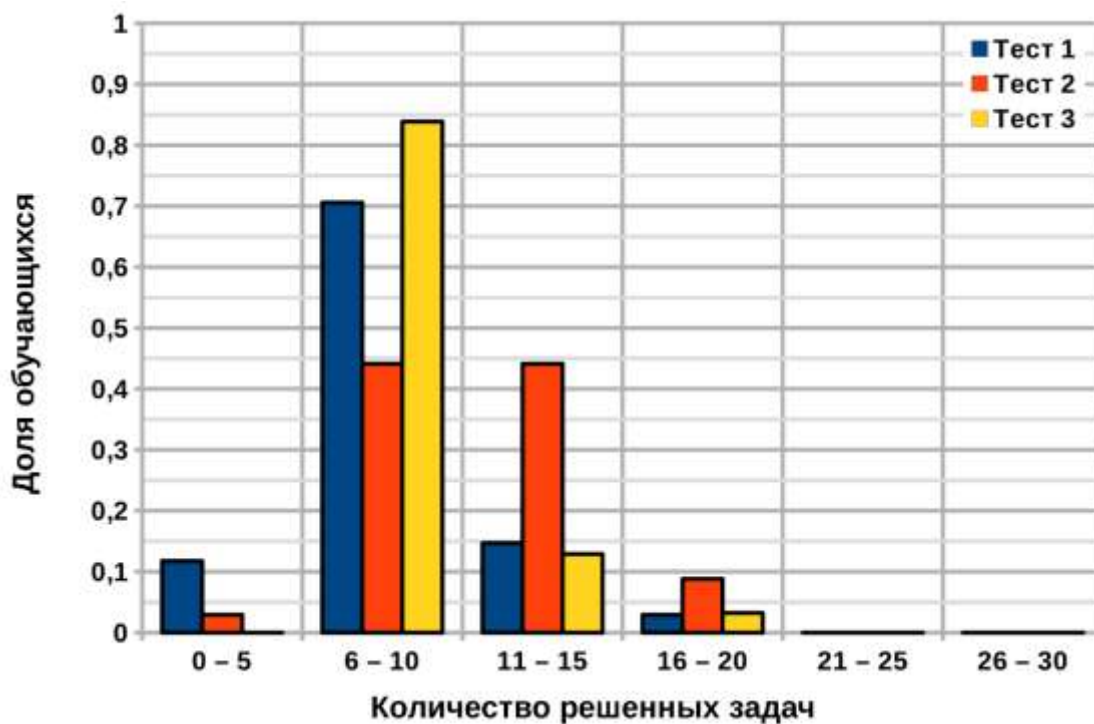


Рис. 47. Распределение обучающихся контрольной группы по количеству решенных задач в серии тестов педагогического эксперимента 2019-го года

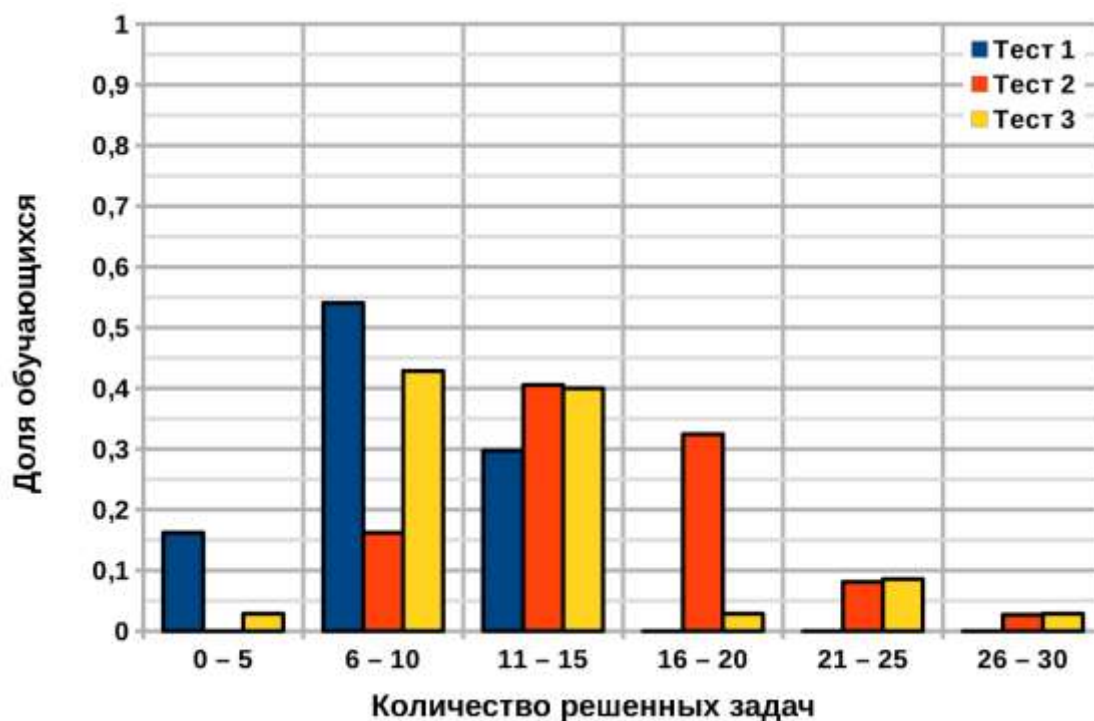


Рис. 48. Распределение обучающихся экспериментальной группы по количеству решенных задач в серии тестов педагогического эксперимента 2019-го года

Контрольная группа получала еженедельно задания для самостоятельной работы (самостоятельное решение задач при выполнении домашней работы) в виде наборов задач на бумажном носителе. Наборы содержали по две задачи из каждой темы: скорость, плотность, давление, работа и мощность, энергия, т. о. в каждом наборе было по 10 задач. Задачи подбирались случайно. В экспериментальной группе обучающиеся самостоятельно, с помощью структурно-ментальных схем, выбирали темы, вычислительные примитивы и операции, которые должны быть в задачах. Экспериментальная группа также еженедельно получала задание решить не менее 10 задач по любым темам в системе MSBX.RU. Задачи, которые были предложены обучающимся из обеих групп, были подобраны из одного и того же банка заданий.

Еженедельно подводились итоги по каждой группе так, чтобы обучающиеся могли сравнить свои достижения между собой. Обе группы были проинформированы о том, что по истечении шести недель, будет проведено повторное тестирование, результаты которого будут учтены в промежуточной аттестации. Таким образом, внешняя мотивация, получить во втором тестировании как можно более высокий балл, была одинаковой и достаточно высокой в обеих группах. Единственная же возможность повысить свой уровень в плане решения расчетных задач заключалась в выполнении внеаудиторной самостоятельной работы.

Спустя шесть недель после проведения первого тестирования было проведено повторное (выходное) тестирование (Тест 2). Все это время обучающиеся получали задания для самостоятельной работы. Второй тест был подобен первому. Формулировка задач была такой же, как и во входном тестировании, однако, в задачах были изменены исходные данные. Результаты тестов приведены на гистограммах на рис. 47, рис. 48, и в ПРИЛОЖЕНИИ В.

После проведения второго теста, работа с системой MSBX.RU была прекращена. Спустя два месяца после второго тестирования было проведено третье тестирование (Тест 3). Целью этого тестирования было определение остаточного эффекта от проведенной работы по формированию умения решать расчетные

задачи по представленным темам. В процессе проведения экспериментальной работы весьма любопытным оказался вопрос о том, как будут отличаться умения решать расчетные задачи, сформированные с применением разработанной программной среды и посредством традиционной формы организации самостоятельной работы. Автора интересовал вопрос: «Не возникнет ли эффект более медленного или, напротив, более быстрого забывания в одной из групп?». Распределение обучающихся по количеству решенных задач указаны на гистограммах на рис. 47, рис. 48 и в ПРИЛОЖЕНИИ В. Тест, используемый при третьем тестировании, был аналогичен тем, которые использовались в первом и втором тестированиях. Также тест содержал 30 заданий закрытого типа, которые являлись расчетными задачами. Единственное отличие в проведении третьего теста от предыдущих – небольшое уменьшение числа испытуемых. Так сложилось, что трое обучающихся контрольной группы и двое экспериментальной не смогли по объективным причинам принять участие в третьем тестировании. Поэтому в третьем тестировании контрольная группа состояла из 31-го студента, а экспериментальная из 35 студентов.



Рис. 49. Среднее количество задач, решенных обучающимися контрольной и экспериментальной групп, в первом, втором и третьем тестированиях (над столбцами подписаны точные значения)

На рис. 49 приведены средние значения количества задач, решенных обучающимися в проведенных тестированиях. Визуально легко обнаружить, что в экспериментальной группе количество решенных задач в среднем на одного обучающегося оказалось больше, чем в контрольной. Тем не менее, необходима обработка этих данных для доказательства статистической значимости наблюдаемых различий. В данном случае имеются две независимые выборки, причем, члены каждой выборки также независимы между собой, изучаемое свойство – количество задач, решенных обучающимися в различных тестах, распределено приблизительно непрерывно, а также шкала измерения, очевидно, является не ниже порядковой. В данном случае, количество решенных задач измеряется по шкале отношений, поскольку возможно измерить интервал между объектами, т. е. возможно установить насколько единиц один объект больше/меньше другого (единицей измерения является решенная задача в тесте),

также на этой шкале установлен фиксированный ноль (когда обучающийся не решил ни одной задачи). Перечисленные свойства удовлетворяют требованиям, предъявляемым к статистическому U-критерию Манна-Уитни, [49, стр. 85]. При расчете этого критерия будут сравниваться результаты, полученные обучающимися контрольной и экспериментальной групп. Нулевая гипотеза, таким образом, принимает следующий вид:

$H_0^{\text{ЭКСП 2019}}$: *наблюдающееся превосходство в количестве решенных задач в экспериментальной группе могло быть получено под действием случайных факторов, т. е. различия статистически не значимы.*

Тогда альтернативная гипотеза такова:

$H_1^{\text{ЭКСП 2019}}$: *наблюдающееся превосходство в количестве решенных задач в экспериментальной группе обусловлено влиянием каких-либо факторов и не является случайным событием, т. е. различия статистически значимы.*

Для расчета значения U-критерия Манна-Уитни (U) использовалась формула, приведенная в [136, стр. 53]:

$$U = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_x \cdot (n_x + 1)}{2} - T_x$$

где:

n_1 – количество испытуемых в выборке 1, в контрольной группе;

n_2 – количество испытуемых в выборке 2, в экспериментальной группе;

n_x – количество испытуемых в группе с большей ранговой суммой;

T_x – большая из двух ранговых сумм.

Расчет критерия для результатов второго тестирования дает значение 286.

По таблицам, приведенным в [136, стр. 318] определяем критические значения этого критерия:

		$U_{\text{кр}}$	
n_1	n_2	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$
34	37	485	426

Наблюдаемое значение критерия на оси значимости находится в зоне значимости, см. рис. 50.

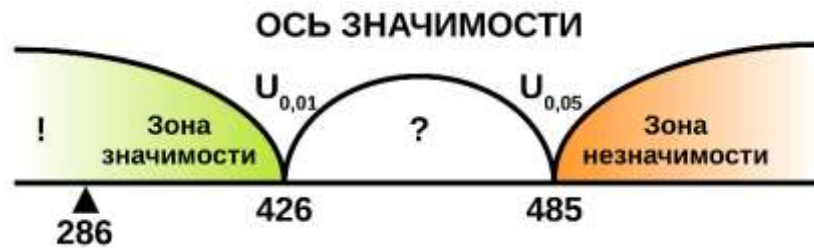


Рис. 50. Ось значимости U-критерия Манна-Уитни для $n_1 = 34$, $n_2 = 37$

Таким образом, поскольку для результатов, полученных во втором тестировании различия статистически значимы, нулевую гипотезу $H_0^{\text{ЭКСП 2019}}$ следует отклонить, и, следовательно, согласно закону исключенного третьего, принять альтернативную гипотезу $H_1^{\text{ЭКСП 2019}}$.

В третьем тестировании, как было указано ранее, объемы выборок были другими (контрольная группа 31 студент, экспериментальная 35), однако, это не является помехой для исследования статистической значимости различий результатов, полученных в контрольной и экспериментальной группах, с помощью U-критерия Манна-Уитни. Данный критерий для результатов, полученных в третьем тестировании принимает значение 317,5. Табличные критические значения критерия при объемах выборок в третьем тестировании:

		$U_{\text{кр}}$	
n_1	n_2	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$
31	35	360	413

Наблюдаемое значение критерия лежит в зоне значимости, см. рис. 51.

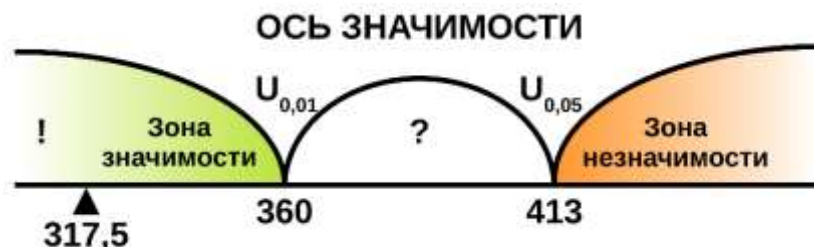


Рис. 51. Ось значимости U-критерия Манна-Уитни для $n_1 = 31$, $n_2 = 35$

Таким образом, отличия в результатах контрольной и экспериментальной групп являются статистически значимыми, т. е. в данном случае также нулевую

гипотезу $H_0^{\text{ЭКСП 2019}}$ следует отклонить, и, следовательно, принять противоположную ей, альтернативную гипотезу $H_1^{\text{ЭКСП 2019}}$.

Отдельно следует подробно обсудить результаты третьего тестирования. Во-первых, третье тестирование, несомненно, подтверждает результаты второго тестирования и результаты всей работы. Относительно интенсивности утраты умения решать задачи, т. е. скорости забывания, сделать однозначного суждения не представляется возможным. Спустя два месяца после проведения выходного тестирования (Тест 2) количество задач, решенных обучающимися экспериментальной группы, существенно превосходит ту же величину для контрольной группы. Несмотря на это, грубая линейная оценка скорости забывания дает значение - 1,5 задач/месяц (20,1 %) для экспериментальной группы и - 0,9 задач/месяц (17,1 %) для контрольной группы. Заметно, что в экспериментальной группе умение утрачивается быстрее, однако не стоит забывать, что среднее количество задач, решенных обучающимися, для экспериментальной группы значительно выше. Также необходимо учесть, что забывание описывается «кривой с отрицательным ускорением», т. е. интенсивность забывания уменьшается со временем. По этой причине, вероятно, соотношение характеристик подготовленности обучающихся в виде среднего количества в расчете на одного человека для экспериментальной и контрольной групп будет сохраняться с течением времени, хотя, конечно же, в обеих группах способность студентов к решению расчетных задач без подкрепления будет уменьшаться.

Третье тестирование также показывает, что способность обучающихся контрольной группы к решению расчетных задач, спустя два месяца после проведения выходного тестирования (Тест 2), оказалась практически на уровне, который наблюдался до начала обучения, а в экспериментальной группе положительные результаты сохранились. Этот эффект также можно наблюдать на гистограммах распределения обучающихся по количеству решенных задач, см. рис. 47. На этом рисунке видно, что доля обучающихся контрольной группы,

решивших 11-15 задач в третьем тесте снизилась, решивших 16-20 задач осталась примерно такой же. Положительные результаты, спустя два месяца, проявились только в том, что не осталось обучающихся, которые смогли решить не более 5 задач. Доля студентов, решивших 6-10 задач возросла, но это произошло за счет того, что ранее (во втором тестировании) некоторые обучающиеся смогли решить более 11 задач, однако, в третьем тестировании их результаты снизились до 6-10 задач. В экспериментальной группе положительный эффект от проведенной самостоятельной работы сохранился, в особенности для тех студентов, показавших во втором тестировании высокие результаты, это те обучающиеся, которые усердно работали с разработанной программной средой.

Таким образом, результаты третьего тестирования позволяют сделать вывод, что организация самостоятельной работы при помощи, разработанной АИПС, в долгосрочном плане имеет преимущество перед традиционным способом.

Проведенная двухлетняя экспериментальная работа позволяет сделать вывод о том, что разработанная программная среда обеспечивает результативность самостоятельно работы при формировании умения решать расчетные задачи (на примере физических задач). Таким образом доказано третье положение, выносимое на защиту.

2.3.4. Выводы по параграфу

В данном параграфе изучена возможность обеспечения адаптивности посредством рейтинговой системы А. Эло. По экспериментальным данным, полученным в результате апробации программной среды, построен график частот правильных решений студентами задач, автоматически предлагаемых программной средой. По графику видно, что, в том случае, когда отличия в рейтинге обучающегося и задачи невелики, частота правильных решений оказывается близкой к 0,5. Это является критерием адаптивности системы в плане подбора задач, соответствующих уровню обучающегося.

Обсужден вопрос о повышении мотивации обучающихся к работе с программной средой, посредством применяемого набора игровых механик.

Выделены факторы, которые могут оказывать влияние на мотивацию обучающихся к работе с разработанной АИПС. На основании рассмотрения средних значений рекордных достижений, полученных обучающимися в различных игровых механиках, делается заключение о том, что игровые механики внесли весомый вклад в мотивацию студентов на самостоятельную работу по решению расчетных задач в разработанной программной среде.

Исследована величина – интегральный уровень усвоения, как динамическая во времени характеристика способности обучающихся к решению расчетных задач, основанная на кусочно-линейной модели забывания. Исследована корреляция этой величины с независимыми результатами оценки умения студентов решать расчетные задачи, посредством тестового контроля. По результатам двух педагогических экспериментов с разработанной программной средой (в 2018-м и 2019-м годах) построены диаграммы рассеяния величин уровня усвоения и количеством задач, решенных обучающимися во входном тестировании. Вычислены линейные коэффициенты корреляции между этими величинами по данным обоих экспериментов. Значения коэффициентов корреляции показывают, что связь между интегральным уровнем усвоения и количеством задач, решенных в выходном тестировании является сильной.

Таким образом, в данном параграфе доказано второе положение, выносимое на защиту, согласно которому автоматизацию процесса организации персонифицированной самостоятельной работы возможно обеспечить при использовании: рейтинга А. Эло для обеспечения адаптивности разработанного средства, игровых механик для обеспечения мотивации обучающихся и кусочно-линейной модели забывания для создания динамической во времени оценки уровня сформированности умения решать расчетные задачи.

Также, в данном параграфе описано экспериментальное исследование разработанной программной среды. Это исследование проходило в два этапа. На первом этапе (эксперимент без контрольной группы 2018-го года), программная среда была опробована и были получены некоторые данные относительно связи интегрального уровня усвоения и количества задач, решенных студентами в

выходном тесте. Описаны результаты этого эксперимента, представлены гистограммы распределения обучающихся по количеству задач, решенных во входном и выходном тестах. Рассчитан статистический T-критерий Уилкоксона, значение которого уверенно попало в область значимости, т. о. была доказана статистическая значимость различий в результатах входного и выходного тестов. На втором этапе (эксперимент с контрольной группой 2019-го года) были сравнены способ организации самостоятельной работы с применением разработанной программной среды и традиционный способ организации самостоятельной работы. Представлены гистограммы распределений обучающихся по количеству задач, решенных во входном и выходном тестированиях. Так же представлены результаты третьего тестирования обучающихся спустя продолжительный промежуток времени после завершения основной экспериментальной работы. Результаты третьего тестирования подтвердили результаты второго (выходного тестирования), а также показали повышенную оценку уровня умения (в виде среднего значения решенных задач в расчете на одного обучающегося) решать расчетные задачи сформированного с применением разработанной программной среды. По результатам второго и третьего тестов рассчитаны значения статистического U-критерия Манна Уитни. Значения данного критерия оказались в зоне значимости, что доказывает статистическую значимость отличий результатов экспериментальной и контрольной группы.

Таким образом, в данном параграфе доказано третье положение, выносимое на защиту. То есть, доказано, что разработанная автоматизированная интерактивная программная среда обеспечивает результативность самостоятельной работы обучающихся при формировании умения решать расчетные задачи (на примере физических задач).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты и выводы диссертационного исследования заключаются в следующем:

1. Проведенный анализ трудностей организации персонифицированной самостоятельной работы студентов по решению расчетных задач показал: неэффективность организационных подходов к обозначенной проблеме с применением традиционной классно-урочной системы; несовершенство методов контроля на основе применения модели «черный ящик»; необходимость поиска новых дидактических моделей обучения и диагностики знаний.

2. На основе традиционной классификации задач выделено родовое понятие и видовое отличие определения расчетной задачи, которое построено безотносительно к предметной области. Приведена обобщенная схема решения расчетных задач и указаны этапы решения, которые наиболее трудно поддаются формализации. Раскрыта сущность применения модели «белый ящик» и проведено сравнение этой модели с моделью «черный ящик» при организации обучения и контроля знаний. Обоснована методическая основа создания модели «белый ящик», пригодная для формализации умения решать расчетные задачи и создания средства обучения, содержащего модель обучающегося.

3. Введены понятие «вычислительный примитив» и понятие «структурно-ментальная схема», позволяющие формализовать умение решать расчетные задачи по различным дисциплинам. Приведены примеры применения данного подхода к различным учебным дисциплинам: физике, информатике, химии, биологии и математике. Разработанный способ формализации умения решать расчетные задачи позволяет осуществлять автоматизацию процесса обучения с помощью прикладного программного средства.

4. Разработана концептуальная модель автоматизированной интерактивной программной среды в виде системы содержащей ряд взаимодействующих подсистем и определена их сущность. Выделены вычислительные примитивы по базовым темам элементарной физики: скорость, плотность, давление, работа и мощность, энергия. На основе описанных примитивов разработан комплект

предметных структурно-ментальных схем, которые позволяют формализовать умение решать расчетные задачи по этим темам. Представлен способ обеспечения адаптивности по уровню сложности задач, предъявляемых обучающемуся для решения, основанный на рейтинговой системе А. Эло. Обоснован метод повышения мотивации обучающихся к решению расчетных задач на основе геймификации процесса самостоятельной работы с применением некоторых игровых механик. Введена и обоснована кусочно-линейная модель забывания, позволившая разработать динамическую во времени характеристику полноты и прочности умения решать расчетные задачи – уровень усвоения.

5. На основе описанных подходов разработана автоматизированная интерактивная программная среда в виде веб-приложения, находящегося по адресу [HTTP://MSBX.RU](http://MSBX.RU). Программное средство имеет удобный интерфейс для пользователей, содержит методические рекомендации для организации самостоятельной работы по решению расчетных задач, имеет возможности нейтрализации деструктивных стратегий, которые потенциально могут возникнуть при использовании выбранных игровых механик. Описана реализация всех компонентов (подсистем) концептуальной модели автоматизированной программной среды.

6. Экспериментальная проверка эффективности разработанного средства при обучении студентов показала корреляционную связь введенного интегрального уровня усвоения, достигнутого обучающимися к моменту завершения педагогического эксперимента, и количества задач, решенных ими в выходном тестировании. Проведенный первый педагогический эксперимент (без контрольной группы) показал результативность обучения группы студентов решать расчетные задачи с помощью разработанного средства. Проведенная статистическая обработка полученных результатов с помощью Т-критерия Уилкоксона доказала их статистическую значимость. Второй педагогический эксперимент был проведен в контрольной и экспериментальной группах студентов для сравнения результатов их самостоятельной работы при традиционных условиях и с помощью разработанной программной среды. Полученные

результаты при их статистической обработке с помощью U-критерия Манна-Уитни показали существенное повышение уровня сформированности умения решать расчетные задачи в экспериментальной группе по сравнению с контрольной.

Таким образом, задачи, поставленные в работе, решены в полном объеме, положения, выносимые на защиту доказаны, гипотеза подтверждена.

Развитие работы видится в различных направлениях. В техническом направлении следовало бы улучшить адаптацию разработанного веб-приложения под мобильные устройства, и возможно, использовать готовую систему управления содержимым сайта (CMS). В методическом направлении развитие работы видится, в первую очередь, в разработке частной методики обучения с применением разработанного средства на аудиторных занятиях, в режиме дистанционного обучения, для организации обучения детей с ОВЗ. Ментальная дидактика не ограничивается исследованием закономерностей обучения только точным, естественным и техническим дисциплинам, это общая наука, поэтому развитие данной работы в научном плане видится в применении структурно-ментальных схем при формализации знаний и умений в гуманитарных дисциплинах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аванесов, В. С. Item response theory: основные понятия и положения [Электронный ресурс] / В. С. Аванесов. – Режим доступа: www.testolog.narod.ru/Theory59.html (дата обращения 24.05.2020).
2. Альмуханова, А. Б. Большая психологическая энциклопедия: самое полное современное издание: более 5000 психологических терминов и понятий / А. Б. Альмуханова и др. – М. : Эксмо, 2007. – 542 с.
3. Андерсон, Джон Р. Когнитивная психология / Джон Р. Андерсон ; пер. с англ. С. Комаров ; гл. ред. Е. Строганова. – 5-е изд. – СПб.: Питер, 2002. – 496 с. : ил. – (Серия «Мастера психологии»).
4. Андреев В. И. Педагогика высшей школы. Инновационно-прогностический курс: учеб. пособие / В. И. Андреев. – Казань : Центр инновационных технологий, 2013. – 500 с.
5. Асадуллин, В.Х. Формирование у старшеклассников приемов решения задач в условиях самостоятельной работы (на материале физики) : дис. ... канд. психол. наук : 19.00.07 / Асадуллин Вахит Хамидович. – Чарджоу, 1984. – 201 с.
6. Асауленко, Е. В. Автоматизированная система диагностики умения решать расчетные задачи на основе структурно-ментальных схем / Е. В. Асауленко // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. – 2020. – Т. 17. – № 1. – С. 49-62.
7. Асауленко, Е. В. Анализ процесса развития методов контроля знаний с позиции теории черного ящика / Е. В. Асауленко // Педагогическое образование в России. – 2016. – № 5. – С. 41-46.
8. Асауленко, Е. В. Динамическая параметризация в RASH MEASUREMENT / Е. В. Асауленко // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 3. – С. 148-156.
9. Асауленко, Е. В. Искусственный интеллект с позиции ментальных схем / Е. В. Асауленко // Открытое образование. – 2014. – № 4. – С. 50-54.

10. Асауленко, Е. В. О применении модели черного ящика при контроле знаний / Е. В. Асауленко // Сибирский учитель. – 2016. – № 6 (109). – С. 57-61.
11. Асауленко, Е. В. Применение линейной функции для описания забывания в долговременной памяти / Е. В. Асауленко // Проблемы современного непрерывного образования инновации и перспективы: сборник трудов международной конференции. Т. 2. Ташкент, 27 апреля 2018 г. / Ташкентский гос. пед. ун. им. Низами ; редкол.: Ш. С. Шарипов [и др.]. – Ташкент, 2018. – С. 491-492.
12. Асауленко, Е. В. Тестирование знаний учащихся на основе машинного анализа ментальных карт / Е. В. Асауленко // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. – 2013. – № 4. – С. 239-243.
13. Асауленко, Е. В. Формализация процесса формирования умения ученика решать вычислительные физические задачи на основе ментальных схем / Е. В. Асауленко // Педагогическая информатика. – 2017. – № 2. – С. 11-19.
14. Атлас новых профессий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://atlas100.ru/> (дата обращения 24.05.2020).
15. Бабанский, Ю. К. Избранные педагогические труды / Ю. К. Бабанский ; сост. М.Ю. Бабанский. – М. : Педагогика, 1989. – 560 с.
16. Баженова, И. В. От проективно-рекурсивной технологии обучения к ментальной дидактике: монография / И. В. Баженова, Н. Бабич, Н. И. Пак. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2016. – 160 с.
17. Баженова, С. А. Роль информационных технологий в процессе обучения и воспитания детей и молодежи / С. А. Баженова, В. В. Гриншкун, Г. А. Краснова, А. Нухулы // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. – 2017. – №1 (39). – С. 32-40.
18. Баженова, С. А. Современная молодежь и информационные технологии: факторы, значимые для образования / С. А. Баженова, В. В. Гриншкун // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. – 2017. – № 2 (40). – С. 64-71.

19. Балаш, В. А. Задачи по физике и методы их решения / В. А. Балаш. – М. : Просвещение, 1983. – 432 с
20. Балл, Г. А. Теория учебных задач: Психолого-педагогический аспект / Г. А. Балл. – М.: Педагогика, 1990. – 184 с.
21. Березина, Л. Ю. Графы и их применение: Пособие для учителей / Л. Ю. Березина. – М. : Просвещение, 1979. – 143 с.
22. Беспалько, В. П. Слагаемые педагогической технологии / В. П. Беспалько. – М. : Педагогика, 1989. – 192 с.
23. Бетафизикс – физика: формулы и решатель задач [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.group747.betaphysics> (дата обращения 24.05.2020).
24. Бешевли, Б. И. Решение нестандартных задач по физике, как способ самостоятельной работы учащихся / Б. И. Бешевли, С. В. Символокова // Теория и методика обучения математике, физике, информатике. – 2004. – № 2 (11). – С. 40-43.
25. Благовещенский, Ю. Н. Тайны корреляционных связей в статистике. Монография / Ю. Н. Благовещенский. – М.: Научная книга, 2008. – 158 с.
26. Блинникова И. В. Когнитивная психология. Учебник для вузов / И. В. Блинникова [и др.] ; под ред. В.Н. Дружинина, Д.В. Ушакова. – М.: ПЕР СЭ, 2002. – 480 с.
27. Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. – 3-е изд. – М. : Советская энциклопедия, 1969–1978.
28. Бондаренко, В. Н. Проективный сайт исследований и диагностики психофизиологических параметров способностей человека / В. Н. Бондаренко, Ю. С. Николаева, Н. И. Пак, М. Ю. Снетков // Нижегородское образование. – 2017. – № 3. – С. 42-49.
29. Бровка, Н. В. Марковская математическая модель динамического адаптивного тестирования активного агента / Н. В. Бровка, П. П. Дьячук,

М. В. Носков, И. П. Перегудова // Информатика и образование. – 2018. – № 10 (229). – С. 29-35.

30. Бьюзен, Б. Супермышление / Б. Бьюзен, Т. Бьюзен. – Минск: Попурри, 2003. – 304 с.

31. Буторин, Д. Н. Автоматизированная система распознавания алгоритма решения математической задачи / Д. Н. Буторин // Открытое образование. – 2014. – № 5 (106). – С. 28-34.

32. Буторин, Д. Н. Опыт и перспективы внедрения открытой образовательной среды в педагогическом ВУЗе / Д. Н. Буторин // Вестник красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. – 2014. – № 1 (27). – С. 47-51.

33. Буторин, Д. Н. Опыт разработки и проведения дистанционного курса обучения для начальной профессиональной подготовки школьников / Д. Н. Буторин // Информатика и образование. – 2014. – № 4 (253). – С. 76-86.

34. Вайнштейн, Ю. В. Адаптивные электронные обучающие ресурсы как средство повышения квалификации педагогических кадров / Ю. В. Вайнштейн, Р. В. Есин, Г. М. Цибульский // Вестник красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева. – 2017. – № 2 (40). – С. 52-55.

35. Вайнштейн, Ю. В. Построение адаптивных образовательных ресурсов / Ю. В. Вайнштейн, М. В. Носков, В. А. Шершнева // Информатизация образования: Теория и практика. Сборник материалов международной научно-практической конференции. Омск, 18-19 ноября 2016 г. / Под общей редакцией М.П. Лапчика. Омск, 2016. – С. 80-83.

36. Вайнштейн, Ю. В. Разработка адаптивных электронных обучающих курсов в ВУЗе / Ю. В. Вайнштейн, Г. М. Цибульский, М. В. Носков // Информатизация образования: Теория и практика. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Омск, 17-18 ноября 2017 г. – Омск, 2017. – С. 27-31.

37. Величковский, Б. М. Когнитивная наука: Основы психологии познания: в 2 т. – Т. 1 / Борис М. Величковский. – М. : Смысл : Издательский центр «Академия», 2006. – 448 с.
38. Вербах, Кевин. Вовлекай и властвуй: игровое мышление на службе бизнеса / Кевин Вербах, Дэн Хантер. – М.: МАНН, ИВАНОВ И ФЕРБЕР, 2015. – 206 с.
39. Винер, Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине / Н. Винер. – 2-е издание – М. : Наука; Главная редакция изданий для зарубежных стран, 1983. – 344 с.
40. Войшвилло, Е. К. Логика: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Е. К. Войшвилло, М. Г. Дегтярев. – М. : Изд-во ВЛАДОС-ПРЕСС, 2001. – 528 с.
41. Волков, А. В. Исследование системы рейтингов Эло на примерах смоделированных данных для использования в образовательных программных приложениях / А. В. Волков, В. В. Апанасович, Н. Н. Яцков // Актуальные проблемы бизнес-образования. Материалы XVII Международной научно-практической конференции. Минск, 19-20 апреля 2018 г. / Белгородский гос. университет, Университет бизнеса и менеджмента технологий, Ассоциация бизнес-образования ; редкол.: В. В. Апанасович (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – С. 33-35.
42. Воскресенский, И. С. Геймификация на уроках английского языка как способ совершенствования социокультурной компетенции учащихся с использованием онлайн-платформ / И. С. Воскресенский, С. П. Хорошилова // Научное обозрение. Педагогические науки. – 2019. – № 2-1. – С. 71-74.
43. Габдулганеева, Д. М. Обучение решению и диагностика хода решения математических задач на основе ментальных схем / Д. М. Габдулганеева, М. Д. Мамонтова // Актуальные проблемы информатики и информационных технологий в образовании: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием в рамках XVI международного научно-практического форума студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и

наука XXI века». Красноярск, 17 мая 2016 г. / ред. кол. ; отв. ред. П. С. Ломаско. – Красноярск, 2016. – С. 51-54.

44. Гальперин, П. Я. История психологии. Период открытого кризиса (начало 10-х середина 30-х годов XX в). Тексты / П. Я. Гальперин, А. Н. Ждан. – 2-е изд. доп. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1992. – 364 с.

45. Гарновская, Н. И. Геймификация в практико-ориентированном обучении информатике в медицинском университете / Н. И. Гарновская // Научные труды республиканского института высшей школы. – 2019. – С. 180-188.

46. Генденштейн, Л. Э. Физика. 7 класс. В 2 ч. Ч. 1 : учебник для общеобразовательных учреждений / Л. Э. Генденштейн, А. Б. Кайдалов; под ред. В. А. Орлова, И. И. Ройзена. – 3-е изд., испр. – М. : Мнемозина, 2012. – 255 с.

47. Гиппенрейтер, Ю. Б. Психология памяти. Серия: Хрестоматия по психологии / Ю. Б. Гиппенрейтер, В. Я. Романова. – М. : АСТ; Астрель, 2008. – 656 с.

48. Головин, С. Ю. Словарь практического психолога / С. Ю. Головин – Минск, Москва: «Харвест», «АСТ», 2003. – 749 с.

49. Грабарь, М. И. Применение математической статистики в педагогических исследованиях. Непараметрические методы / М. И. Грабарь, К. А. Краснянская. – М.: «Педагогика», 1977. – 136 с.

50. Григорьев, С. Г. Информатизация образования. Фундаментальные основы / С. Г. Григорьев, В. В. Гриншкун. – М. : [б. и.], 2005. – 231 с.

51. Гриншкун, В. В. Существующая практика и особенности информатизации воспитательной деятельности в школе / В. В. Гриншкун // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. – 2017. – № 1 (39). – С. 8-17.

52. Гриншкун, В. В. Отечественный и зарубежный опыт организации образовательного процесса на основе построения индивидуальных образовательных траекторий / В. В. Гриншкун, А. Е. Заславский // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. – 2020. – № 1 (51). – С. 8-15.

53. Гриншкун, В. В. Оценка объемов российского и мирового рынков электронного образования / В. В. Гриншкун, Г. А. Краснова, В. А. Тесленко // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. – 2017. – №4 (42). – С. 8-16.

54. Громов, С. В. Физика: Учеб. для 7 кл. общеобразоват. учреждений / С. В. Громов, Н. А. Родина. – 4-е изд. – М.: Просвещение, 2002. – 158 с.

55. Дергачева, А. Ф. Вариативность домашних заданий как средство индивидуализации обучения школьников физике : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Дергачева Анна Фёдоровна. – СПб., 2001. – 207 с.

56. Джуринский, А. Н. История педагогики и образования: учебник для бакалавров / А. Н. Джуринский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2011. – 675 с.

57. Дмитриева, В. Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. Ф. Дмитриева. – 4-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2017. – 448 с.

58. Ерохин, В. Г. Сборник задач по основам гидравлики и теплотехники: Учебное пособие / В. Г. Ерохин, М. Г. Маханько. – 4-е. изд. – М. : Книжный дом «ЛИБРКОМ», 2012. – 240 с.

59. Живая Физика 4.3. (Виртуальный конструктор по физике) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://store.int-edu.ru/node/13> (дата обращения 24.05.2020).

60. Загвязинский, В. И. Методология и методы психолого-педагогического исследования: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В. И. Загвязинский, Р. Атаханов. – 2-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2005. – 208 с.

61. Зайцева, Л. В. Модели и методы адаптивного контроля знаний / Л. В. Зайцева, Н. О. Прокофьева // Педагогические измерения. – 2011. – № 4. – С. 30-49.

62. Захарова, И. Г. Подготовка будущих педагогов и особенности современного контекста образования / И. Г. Захарова // Образование и наука. – 2015. – № 5 (124). – С. 105-118.
63. Захарова, И. Г. Школьное образование в эпоху информатизации / И. Г. Захарова // Образование и наука. Известия УРО РАО. – 2005. – №3 (33) – С. 63-70.
64. Звонников, В. И. Адаптивное тестирование: вчера, сегодня, завтра / В. И. Звонников, М. Б. Челышкова // Высшее образование сегодня. – 2010. – № 9. – С. 14-17.
65. Звонников, В. И. Современные средства оценивания результатов обучения : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. И. Звонников, М. Б. Челышкова. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 224 с.
66. Зельдович, Я. Б. Элементы прикладной математики / Я. Б. Зельдович, А. Д. Мышкис. – 4-е изд., стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2002. – 592 с.
67. Зимняя, И. А. Педагогическая психология / И. А. Зимняя. – М. : Логос, 2004. – 456 с.
68. Зинченко, В. П. Большой психологический словарь / В.П. Зинченко, В. П. Мещеряков. – М. : АСТ, СПб. : Прайм-Еврознак, 2008. – 868 с.
69. Золотарева, Е. А. Решение задач как форма самостоятельной работы студентов при изучении экономической теории / Е. А. Золотарева // Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы повышения качества образовательных программ экономического профиля». Воронеж, 11-16 апреля 2014 г. / Воронежский государственный университет; Экономический факультет, Факультет международных отношений ; под. ред. Т. Н. Гоголевой, П. А. Канапухиной, В. Г. Ключищевой. – Воронеж, 2014. – С. 42-45.
70. Зорин, Н. И. Элективный курс «Методы решения физических задач»: 10-11 классы / Н. И. Зорин. – М. : ВАКО, 2007. – 336 с.
71. Ивин, А. А. Философия: Энциклопедический словарь / Под ред. А. А. Ивина. – М.: Гардарики, 2004. – 1072 с.

72. Ивкина, Л. М. Формирование методической готовности будущих учителей информатики в условиях образовательной платформы «Мега-Класс» : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Ивкина Любовь Михайловна. – Красноярск, 2017. – 145 с.

73. Ишханян, М. В. Эконометрика. Часть 1. Парная регрессия: Учебное пособие / М. В. Ишханян, Н. В. Карпенко. – М. : МГУПС (МИИТ), 2016. – 117 с.

74. Каменецкий, С. Е. Методика решения задач по физике в средней школе. Пособие для учителей / С. Е. Каменецкий, В. П. Орехов. – М. : Просвещение, 1971. – 448 с.

75. Карпов, А. Е. Шахматы: Энциклопедический словарь / Гл. ред. А.Е. Карпов. – М. : Сов. энциклопедия, 1990. – 621 с.

76. Кирк, Я. Г. Организация самостоятельной работы студентов в малых группах с использованием методики комплексных решений в курсе общей физики в техническом вузе : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Кирк Яна Геннадьевна. – СПб., 2013. – 164 с.

77. Киттель, Ч. Механика: Учебное руководство: / Ч. Киттель, У. Наит, М. Рудерман ; под ред. А. И. Шальникова и А. С. Ахматова. – 3-е изд. испр. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – (Берклеевский курс физики). – 448 с.

78. Клещева, Н. А. Обучение решению физических задач в системе самостоятельной работы бакалавров инженерных специальностей / Н. А. Клещева // Современное образование: развитие технологий и содержания высшего профессионального образования как условие повышения качества подготовки выпускников. Материалы международной научно-методической конференции / Дальневосточный федеральный университет, Владивосток. – Томск, 2017. – С. 204-206.

79. Когель, А. С. Геймификация как маркетинговый инструмент: психологический аспект / А. С. Когель, А. Н. Фенюк // Скиф. Вопросы студенческой науки. – 2019. – № 9 (37). – С. 56-60.

80. Колычев, В. С. Применение игровой механики в электронном обучении / В. С. Колычев, А. Б. Петров // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 7 (97). – С. 50-54.
81. Компьютерное тестирование знаний MyTestXPro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mytest.klyaksa.net/wiki/Заглавная_страница (дата обращения 24.05.2020).
82. Коменский, Я. А. Избранные педагогические сочинения: В 2-х т. Т. 1. / Я. А. Коменский ; под ред. А. И. Пискунова. – М. : Педагогика, 1982. – 656 с.
83. Компьютерный тренажер «Активная физика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ifilip.narod.ru/kontrol/aktiv/plan.htm> (дата обращения 24.05.2020).
84. Кондратьев, А. С. Методы решения задач по физике / А. С. Кондратьев, Л. А. Ларченкова, А. В. Ляпцев. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2019. – 320 с.
85. Котов, В. Е. Сети Петри / В. Е. Котов. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 160 с.
86. Кошечкина, И. Н. Решение задач по физике как способ приобретения навыков самостоятельной работы учащихся / И. Н. Кошечкина // Научный альманах. – 2018. – № 6-1 (44). – С. 163-166.
87. Кузнецова, Н. Е. Задачник по химии: 8 класс: [для учащихся общеобразовательных учреждений] / Н. Е. Кузнецова, А. Н. Левкин. – М. : Вентана-Граф, 2012. – 128 с.
88. Кузнецова, Н. Е. Задачник по химии: 9 класс: [для учащихся общеобразовательных учреждений] / Н. Е. Кузнецова, А. Н. Левкин. – М. : Вентана-Граф, 2012. – 128 с.
89. Ладанова, И.В. Тренажеры по физике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ladanova.ucoz.com/index/trenazhery_po_fizike/0-5 (дата обращения 24.05.2020).
90. Ландсберг, Г. С. Элементарный учебник физики: Учеб. пособие. В 3 т. Т. 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика. / Г. С. Ландсберг – 12-е изд. стер. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 480 с.

91. Лапчик, М. П. О педагогике в условиях электронного обучения / М. П. Лапчик // Наука о человеке: Гуманитарные исследования. – 2013. – № 2 (12). – С. 77-85.
92. Лапчик, М. П. Современные проблемы информатизации образования: монография / И. Г. Захарова [и др.] ; рук. авт. кол-ва М. П. Лапчик. – Омск.: ОмГПУ, 2017. – 243 с.
93. Латышина, Д. И. История педагогики (История образования и педагогической мысли): Учеб. пособие / Д. И. Латышина. – М. : Гардарики, 2005. – 603 с.
94. Майоров, А. Н. Теория и практика создания тестов для системы образования. (Как выбирать, создавать и использовать тесты для целей образования) / А. Н. Майоров. – М. : «Интеллект-центр», 2001. – 296 с.
95. Мелешко, С. В. Организация самостоятельной работы студентов при изучении законов распределения случайных величин / С. В. Мелешко, Т. А. Гулай // Сборник научных трудов по материалам 81-й Ежегодной научно-практической конференции «Аграрная наука – Северо-Кавказскому федеральному округу». Ставрополь, 20-21 апреля 2016 г. / ответственный за выпуск Т. А. Башкатова.– Ставрополь : «СЕКВОЙЯ», 2016. – С. 206-209.
96. Мински, М. Фреймы для представления знаний / М. Мински ; пер. с англ. О.Н. Гринбаума ; под ред. Ф.М. Кулакова. – М.: Энергия, 1979. – 152 с.
97. Михайлычев, Е. А. Дидактическая тестология / Е. А. Михайлычев. – М. : Народное образование, 2001. – 432 с.
98. Мичикова, Н. В. Мобильные приложения как средство для решения задач профессиональной направленности в самостоятельной работе студентов / Н. В. Мичикова, А. В. Рогова // Инновационные технологии в науке и образовании. – 2015. – С. 178-182.
99. Найссер, У. Познание и реальность. Смысл и принципы когнитивной психологии / У. Найссер ; пер. с англ. В. В. Лучкова – М. : Прогресс, 1981. – 232 с.

100. Нейман, Ю. М. Введение в теорию моделирования и параметризации педагогических тестов / Ю. М. Нейман, В. А. Хлебников. – М. : Прометей, 2000. – 168 с.
101. Носков, М. В. Динамические адаптивные тесты-тренажеры как средство мониторинга билингвального образования / М. В. Носков, И. П. Перегудова, П. П. Дьячук, О. И. Денисенко // Информатика и образование. – 2019. – № 10 (309). – С. 46-54.
102. Носков, М. В. Эволюция образования в условиях информатизации: монография / М.В. Носков [и др.] ; рук. авт. коллектива и отв. редакторы М. П. Лапчик, М. В. Носков. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2019. – 216 с.
103. Орел, А. Е. Дидактические основы построения и организации системы самостоятельных работ, направленной на развитие творческих способностей учащихся: На материале курса физики 7-8 классов : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Орел Александр Евгеньевич. – Челябинск, 2000. – 195 с.
104. Орехов, В. П. Методика преподавания физики в 8-10 классах средней школы. Ч. 1 / В. П. Орехов, А. В. Усова, И. К. Турышев [и др.] ; под ред. В. П. Орехова и А. В. Усовой. – М. : Просвещение, 1980. – 320 с.
105. Пак, Н. И. Ментальный подход к автоматизации диагностик познавательной деятельности обучаемых / Н. И. Пак, Л. Б. Хегай // Информатизация образования: теория и практика. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Омск, 17-18 ноября 2017 г. – Омск, 2017. – С. 50-53.
106. Пак, Н. И. Об использовании когнитивных архитектур в образовании / Н.И. Пак, Л.Б. Хегай // Фундаментальные науки и образование: материалы VI Всероссийской научно–практической конференции с международным участием. Бийск, 17-19 октября 2016 г. / Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет имени В. М. Шукшина. 2016 – Бийск, 2016. – С. 2-25.
107. Пак, Н. И. Информационный подход и электронные средства обучения (монография) / Н. И. Пак. – Красноярск: РИО КГПУ, 2013. – 196 с.

108. Пак, Н. И. Персонификация самостоятельной работы студентов по формированию умения решать расчетные задачи на основе автоматизированной обучающе-диагностической системы / Н. И. Пак, Е. В. Асауленко // Информатика и образование. – 2018. – № 8 (297) – С. 26-31.

109. Панюкова, С. В. Организационное и методическое обеспечение дистанционного обучения студентов с инвалидностью / С. В. Панюкова. В. С. Сергеева // Психолого-педагогические исследования. – 2019. – Том. 11. – № 3. – С. 72-83.

110. Пахомова, Т. Е. Использование элементов геймификации в образовательном процессе / Т. Е. Пахомова // Информатика в школе. – 2015. – № 4 (107). – С. 17-23.

111. Перышкин, А. В. Сборник задач по физике: 7-9 кл.: к учебникам А. В. Перышкина и др. «Физика. 7 класс», «Физика. 8 класс», «Физика. 9 класс» / А. В. Перышкин ; сост. Г. А. Лонцова. – 9-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство «Экзамен», 2013. – 269 с.

112. Перышкин, А. В. Физика. 7 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений / А. В. Перышкин. – 2-е изд., стереотип. – М. : Дрофа, 2013. – 221с.

113. Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / Дж. Питерсон ; пер. с англ. М. В. Горбатовой, В. Л. Торхова, В. Н. Четверикова ; под ред. В. А. Горбатова. – М. : Мир, 1984. – 264 с.

114. Погуляева, И. А. Игровые компьютерные технологии в методике преподавания неорганической химии / И. А. Погуляева, В. С. Браун // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 6. – С. 95-103.

115. Подласый, И. П. Педагогика. Новый курс: Учебник для студ. пед. вузов: В 2 кн. / И. П. Подласый. – М. : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1999. – 576 с.

116. Полещук, В.И. Задачник по электротехнике и электронике: Учеб. Пособие для сред. проф. образования / В.И. Полещук. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 224 с.

117. Полозов, А. А. Рейтинг в спорте: вчера, сегодня завтра / А. А. Полозов. – М. : Советский спорт, 2007. – 316 с.

118. Попов, Ю. П. Логика: учебное пособие / Ю. П. Попов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: КНОРУС, 2009. – 304 с.

119. Прокофьева, Н. О. Компьютерные системы в дистанционном обучении / Н. О. Прокофьева // Инновации в образовании. – 2001. – № 5. – С. 55-58.

120. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 1 от 10 января 2018 г. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 13.02.04 Гидроэлектроэнергетические установки.

121. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 6 от 10 января 2018 г. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта профессионального образования по специальности 08.02.02 Строительство и эксплуатация инженерных сооружений.

122. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 45 от 23 января 2018 г. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования (по отраслям).

123. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 50 от 29 января 2016 г. «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по профессии 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки))».

124. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 373 от 6 октября 2009 г. «Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта начального общего образования».

125. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 413 от 6 октября 2009 г. «Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования».

126. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 824 от 2 августа 2013 г. «Об утверждении федерального государственного

образовательного стандарта среднего профессионального образования по профессии 151902.01 Наладчик станков и оборудования в механообработке».

127. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 1897 от 17 декабря 2010 г. «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования».

128. Роберт, И. В. Теория и методика информатизации образования (психолого-педагогический и технологический аспекты) / И. В. Роберт. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 398 с. : ил. – (Информатизация образования).

129. Рубинштейн, С. Л. Основы общей психологии / С. Л. Рубинштейн. – СПб. : Питер, 2006. – 713 с.

130. Рымкевич, А.П. Физика. Задачник. 10-11 кл.: пособие для общеобразоват. учреждений / А.П. Рымкевич. – 10-е изд., стереотип. – М. : Дрофа, 2006. – 188 с.

131. Сафина, Л. Г. Методика использования игровых технологий на уроках химии / Л. Г. Сафина, Ю. А. Шацких // Парадигма. – 2019. – № 1. – С. 78-81.

132. Сетков, В. И. Сборник задач по технической механике: Учеб. Пособие для сред. проф. образования / В. И. Сетков. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 224 с.

133. Сеченов, И. М. Избранные произведения. Том первый. Физиология и психология / под. ред. Х. С Коштыянца. – М. : Издательство академии наук СССР, 1952. – 776 с.

134. Сиденко, А. Г. Использование стратегий геймификации для мотивации школьников обучению информатике / А. Г. Сиденко // Вестник московского городского педагогического университета. Серия: информатика и информатизация образования. – 2020. – № 1 (51). – С. 92-94.

135. Сиденко, Е. А. Решение ситуационных задач как способ организации самостоятельной работы учащихся на уроках биологии / Е. А. Сиденко // «Наука на благо человечества –2016» материалы ежегодной всероссийской научно-практической конференции преподавателей, аспирантов и студентов посвященной

85-летию МГОУ: Биолого-химический факультет. Москва, 01-29 апреля 2016 г. / Ответственный редактор Д. А. Климачев. – Москва, 2016. – С. 98-101.

136. Сидоренко, Е. В. Методы математической обработки в психологии / Е. В. Сидоренко. – СПб : ООО «Речь», 2002. – 350 с.

137. Слепченко, Н. Н. От модели обучаемого к его адаптации в интеллектуальных обучающих системах / Н. Н. Слепченко, Г. М. Цибульский, Т. Н. Ямских // Информатизация образования и науки. – 2018. – № 1 (37). – С. 68-79.

138. Смолин, Д. В. Введение в искусственный интеллект: конспект лекций / Д. В. Смолин. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 208 с.

139. Смолянинова, О. Г. Возможности совершенствования учебного процесса с использованием LMS Moodle / О. Г. Смолянинова, В. В. Трофимова, А. А. Мороз, Н. П. Матусевич // Современный ученый. – 2019. – № 5. – С. 116-121.

140. Смолянинова, О. Г. Обзор практик обеспечения электронной поддержки образовательного процесса средствами LMS Moodle: опыт российских вузов / О. Г. Смолянинова, Н. А. Иванов // Азимут научных исследований: Педагогика и психология. – 2019. – № 2 (27). – С. 228-232.

141. Сосновский, В. И. Приемы обучения решению задач по физике: Учеб. пособие / В. И. Сосновский; Краснояр. гос. пед. ин-т. – Красноярск : КГПИ, 1987. – 91 с.

142. Справочник по Физике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.mistervova.handbook> (дата обращения 24.05.2020).

143. Средние баллы ЕГЭ-2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://4ege.ru/ege-gia/58093-srednie-bally-ege-2019.html> (дата обращения 24.05.2020).

144. Стивенс, С. С. Математика, измерения и психофизика / С. С. Стивенс // Экспериментальная психология / ред. и предисл. П. К. Анохин, В. А. Артемов. – Москва, 1963. – С. 19-89.

145. Таненбаум, Э. Современные операционные системы / Э. Таненбаум, Х. Бос. – 4-е изд. – СПб. : Питер, 2015. – 1120 с.
146. Тесты по физике онлайн [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://onlinetestpad.com/ru/tests/physics> (дата обращения 24.05.2020).
147. Титенко, С. В. Автоматизации построения тестовых заданий в системах дистанционного обучения на основе понятийно-тезисной модели / С. В. Титенко // Образовательные технологии и общество. Том 16. – 2013. – № 1. – С. 463-481.
148. Тьюринг, А. Может ли машина мыслить? / А. Тьюринг ; пер. с англ. Ю. А. Данилова ; под. ред. Б. В. Бирюкова – М. : Государственное издательство физико-математической литературы, 1960. – 67 с.
149. Удалов, С. Р. Модель ИКТ-насыщенной среды обучения иностранному языку на основе социального конструктивизма / С. Р. Удалов, Н. В. Петрова // Вестник сибирского института бизнеса и информационных технологий. – 2019. – № 2 (30). – С. 30-35.
150. Удалов, С. Р. Модель подготовки будущих учителей английского языка к проектированию и формированию информационной предметной среды / С. Р. Удалов, Н. В. Петрова // Вестник омского государственного университета. Гуманитарные исследования. – 2019. – № 1 (22). – С. 133-136.
151. Усова, А. В. Практикум по решению физических задач: Для студентов физ.-мат. фак. / А. В. Усова, Н. Н. Тулькибаева. – 2-е изд. – М. : Просвещение, 2001. – 206 с.
152. Усова, А. В. Формирование учебных умений и навыков учащихся на уроках физики / А. В. Усова, А. А. Бобров. – М. : Просвещение, 1988. – 112 с.
153. Фейнман Р. Ф. Фейнмановские лекции по физике 1, 2. 1. Современная наука о природе. Законы механики. 2. Пространство. Время. Движение. / Р. Ф. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс ; пер. с англ. А. В. Ефремова, Г. И. Копысова, О. А. Хрусталева ; под. ред. Я. А. Смородинского. – 3-е изд. – М. : Издательство «Мир», Редакция литературы по физике, 1976. – 439 с.

154. Физика – весь школьный курс. Подготовка ЕГЭ и ОГЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.studyapps.phys> (дата обращения 24.05.2020).

155. Физика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.wildwarriors.physics> (дата обращения 24.05.2020).

156. Фомина, А. И. Системно-структурный подход к решению задач по физике как способ повышения активности самостоятельной работы студентов / А. И. Фомина // Проблемы управления качеством профессионального образования. Материалы межвузовской научно-методической конференции. Омск, 06 февраля 2008 г. / Федеральное агентство по образованию; Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия. – Омск, 2008. – С. 246-250.

157. Фресс, Поль. Экспериментальная психология / Поль Фресс, Жан Пиаже, под общей редакцией А. Н. Леонтьева. – М. : Прогресс, 1973. – 344 с.

158. Фридман, Л. М. Логико-психологический анализ школьных учебных задач / Л. М. Фридман – М. : Педагогика, 1977. – 208 с.

159. Фролов, И. Т. Философский словарь / И. Т. Фролов. – М. : Республика, 2001. – 713 с.

160. Холодова, С. Н. Совершенствование самостоятельной работы студентов в курсе «Практикум решения задач по физике» / С. Н. Холодова // Научный поиск. – 2012. – № 4.1. – С. 74-75.

161. Хуторской А. В. Современная дидактика. Учебное пособие / А. В. Хуторской. – 2-е издание, переработанное. – М. : Высшая школа, 2007. – 639 с.

162. Часов, К. В. Методические особенности использования игровых технологий при обучении математике в техникуме / К. В. Часов, А. В. Паврозин, С. С. Стадник // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: гуманитарные науки. – 2019. – № 12. – С. 117-121.

163. Шиянова, В. А. Игровые технологии обучения иностранному языку в начальной школе / В. А. Шиянова, С. Ю. Черникова // Вопросы педагогики. – 2020. – №2-3. – С. 247-250.
164. Штонда, А. С. Геймификация как инструмент успешного управления персоналом / А. С. Штонда // Бизнес-образование в экономике знаний. – 2017. – № 2 (7). – С. 125-131.
165. Энциклопедия кибернетики. Том второй / В. М. Глушков, Н. М. Амосов, И. А. Артеменко [и др.] ; ответственный редактор В. М. Глушков. – Киев : Главная редакция УСЭ, 1974. – 624 с.
166. Эшби, У. Росс. Введение в кибернетику / У. Росс Эшби ; пер. с англ. Д. Г. Лахути ; под ред. В. А. Успенского. – М. : Издательство иностранной литературы, 1959. – 432 с.
167. Bray, Barbara A. Make Learning Personal: The What, Who, WOW, When, and Why / Barbara A Bray, Kathleen A. McClaskey. – Thousand Oaks : SAGE Publications, 2014. – 288 с.
168. Eppler, Martin J. A comparison between concept maps, mind maps, conceptual diagrams, and visual metaphors as complementary tools for knowledge construction and sharing / Martin J. Eppler // Information Visualization. – 2006. – № 5. – P. 202-210.
169. Glickman, M. E. Parameter estimation in large dynamic paired comparison experiments / M. E. Glickman // Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics) – 1999. – № 48. – С. 377-394.
170. Kapsargina, S. A. Using the elements of gamification on LMS Moodle in the discipline of foreign language in a non-linguistic university / S. A. Kapsargina, J. A. Olentsova // Балтийский гуманитарный журнал. – 2019. – № 1 (26). – С. 237-240.
171. Karpicke, J. D. Expanding repetition practice promotes short-term retention, but equally spaced repetition enhances long-term retention / J. D. Karpicke, H. Roediger // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. – 2007. – № 33 (4). – pp. 704-719.

172. Nikolaeva, U. S "Newest Web-Technologies for Studying and Diagnosing Individual Abilities of Learners" / U. S. Nikolaeva, N. I. Pak // Journal of Social Studies Education Research. – 2017. – Vol 8. – № 2. – P. 130-144.

173. OpenTest – программа тестирования знаний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://opentest.com.ua/> (дата обращения 24.05.2020).

174. Pak, N. I. Multidimensional algorithmic thinking development on mental learning platform / N.I. Pak, T.A. Stepanova, I.V. Vazhenova, I.V. Gavrilova // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2019. – Т. 12. – № 6. – С. 1072-1087.

175. Pelanek, R. Applications of the Elo Rating System in Adaptive Educational Systems / R. Pelanek // Computers & Education. – 2016. – № 98. – doi: 10.1016/j.compedu.2016.03.017.

176. Physics Lab [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.civitas.quantumphysics> (дата обращения 24.05.2020).

177. Physics – PhET Interactive Simulations [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics> (дата обращения 24.05.2020).

178. Rouse, Richard. Game Design: Theory & Practice / Richard Rouse. – Plano : Wordware Publishing, 2004. – 698 p.

179. Rubin, David C. One Hungred Years of Forgetting: A Quantitative Description of Retention / David C. Rubin, Amy E. Wenzel // Psychological Review. – 1996. – Vol. 103. – № 4. – pp. 734-760.

180. Schonfeld, Erick. SCVNGR's Secret Game Mechanics Playdeck [Электронный ресурс] / Erick Schonfeld. – Режим доступа: <https://techcrunch.com/2010/08/25/scvngr-game-mechanics/> (дата обращения 24.05.2020).

181. Sicart, Miguel. Defining Game Mechanics / Miguel Sicart // Game Studies. – 2008. – Vol. 8. – № 2. – pp. 1-14.

182. Smolen, Paul. The right time to learn: mechanisms and optimization of spaced learning / Paul Smolen, Yili Zhang, John H. Byrne // Nature Reviews Neuroscience. – 2016. – № 17 (2). – pp. 77-88.

183. TestTurn – бесплатная программа для проведения тестирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.testturn.veralsoft.com/> (дата обращения 24.05.2020).

184. West, Darrell M. Using Technology to Personalize Learning and Assess Students in Real-Time / Darrell M. West. – Washington : Center of technology innovations at Brookings, 2011. – 19 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Фрагменты образовательных стандартов
Фрагменты федерального государственного образовательного стандарта
начального общего образования

10. Личностные результаты освоения основной образовательной программы начального общего образования должны отражать:

...

б) развитие самостоятельности и личной ответственности за свои поступки, в том числе в информационной деятельности, на основе представлений о нравственных нормах, социальной справедливости и свободе;

11. Метапредметные результаты освоения основной образовательной программы начального общего образования должны отражать:

...

4) формирование умения понимать причины успеха/неуспеха учебной деятельности и способности конструктивно действовать даже в ситуациях неуспеха;

Фрагменты федерального государственного образовательного стандарта
основного общего образования

9. Личностные результаты освоения основной образовательной программы основного общего образования должны отражать:

...

2) формирование ответственного отношения к учению, готовности и способности обучающихся к саморазвитию и самообразованию на основе мотивации к обучению и познанию, осознанному выбору и построению дальнейшей индивидуальной траектории образования на базе ориентировки в мире профессий и профессиональных предпочтений, с учетом устойчивых познавательных интересов, а также на основе формирования уважительного отношения к труду, развития опыта участия в социально значимом труде;

...

б) развитие морального сознания и компетентности в решении моральных проблем на основе личностного выбора, формирование нравственных чувств и нравственного поведения, осознанного и ответственного отношения к собственным поступкам;

...

10. Метапредметные результаты освоения основной образовательной программы основного общего образования должны отражать:

1) умение самостоятельно определять цели своего обучения, ставить и формулировать для себя новые задачи в учебе и познавательной деятельности, развивать мотивы и интересы своей познавательной деятельности;

2) умение самостоятельно планировать пути достижения целей, в том числе альтернативные, осознанно выбирать наиболее эффективные способы решения учебных и познавательных задач;

3) умение соотносить свои действия с планируемыми результатами, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата, определять способы действий в рамках предложенных условий и требований, корректировать свои действия в соответствии с изменяющейся ситуацией;

4) умение оценивать правильность выполнения учебной задачи, собственные возможности ее решения;

5) владение основами самоконтроля, самооценки, принятия решений и осуществления осознанного выбора в учебной и познавательной деятельности;

...

Фрагменты федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования

7. Личностные результаты освоения основной образовательной программы должны отражать:

...

5) сформированность основ саморазвития и самовоспитания в соответствии с общечеловеческими ценностями и идеалами гражданского общества; готовность и способность к самостоятельной, творческой и ответственной деятельности;

...

8. Метапредметные результаты освоения основной образовательной программы должны отражать:

1) умение самостоятельно определять цели деятельности и составлять планы деятельности; самостоятельно осуществлять, контролировать и корректировать деятельность; использовать все возможные ресурсы для достижения поставленных целей и реализации планов деятельности; выбирать успешные стратегии в различных ситуациях;

...

7) умение самостоятельно оценивать и принимать решения, определяющие стратегию поведения, с учетом гражданских и нравственных ценностей;

...

Предметные результаты изучения предметной области "Естественные науки" включают предметные результаты изучения учебных предметов:

"Физика" (базовый уровень) – требования к предметным результатам освоения базового курса физики должны отражать:

...

4) сформированность умения решать физические задачи;

...

"Химия" (базовый уровень) – требования к предметным результатам освоения базового курса химии должны отражать:

...

4) сформированность умения давать количественные оценки и проводить расчеты по химическим формулам и уравнениям;

...

"Биология" (базовый уровень) – требования к предметным результатам освоения базового курса биологии должны отражать:

...

4) сформированность умений объяснять результаты биологических экспериментов, решать элементарные биологические задачи;

Фрагмент федерального государственного образовательного стандарта по специальности 08.02.02 Строительство и эксплуатация инженерных сооружений

3.4.1. Деятельность в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности:

ПК 1.1. Участвовать в подготовке и проведении инженерных изысканий;

ПК 1.2. Участвовать в разработке конструктивных и объемно-планировочных решений инженерного сооружения;

Фрагмент федерального государственного образовательного стандарта по специальности 13.02.04 Гидроэлектростанции

3.4.1. Проектирование конструкций и технологического оборудования электростанций:

ПК 1.1. Конструировать детали и узлы механического оборудования ГЭС/ГАЭС;

ПК 1.2. Выполнять расчеты по выбору и конструированию основного гидроэнергетического оборудования ГЭС/ГАЭС;

Фрагмент федерального государственного образовательного стандарта по специальности 23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования (по отраслям)

3.4.3. Организация работы первичных трудовых коллективов:

ПК 3.8. Рассчитывать затраты на техническое обслуживание и ремонт, себестоимость машино-смен подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Педагогический эксперимент 2018-го года

Результаты выполнения студентами тестовых заданий и данные необходимые для расчета Т-критерия Уилкоксона: количество задач решенных в первом тесте, уровень (сумма уровней усвоения всех тем представленных в программной среде), количество задач, решенных во втором тесте, сдвиги, модули сдвигов, ранги сдвигов.

№ студента	Решено задач в Тест 1	Уровень	Решено задач в Тест 2	Сдвиг	Модуль	Ранг
46	5	456	29	24	24	46
45	3	401	25	22	22	45
44	1	398	18	17	17	44
43	2	329	17	15	15	43
42	6	377	19	13	13	41
41	1	392	14	13	13	41
40	4	290	17	13	13	41
39	1	297	13	12	12	38
38	4	398	16	12	12	38
37	1	323	13	12	12	38
36	5	280	16	11	11	33.5
35	7	362	18	11	11	33.5
34	1	305	12	11	11	33.5
33	3	321	14	11	11	33.5
32	3	132	14	11	11	33.5
31	3	308	14	11	11	33.5
30	3	178	13	10	10	29
29	11	309	21	10	10	29
28	0	133	10	10	10	29
27	0	62	9	9	9	25
26	1	193	10	9	9	25
25	1	68	10	9	9	25
24	17	303	26	9	9	25
23	3	113	12	9	9	25
22	2	64	10	8	8	22
21	5	223	11	6	6	18.5
20	5	171	11	6	6	18.5
19	2	65	8	6	6	18.5
18	1	39	7	6	6	18.5
17	1	43	7	6	6	18.5
16	3	48	9	6	6	18.5

15	1	54	6	5	5	12.5
14	1	34	6	5	5	12.5
13	6	149	11	5	5	12.5
12	4	95	9	5	5	12.5
11	0	38	5	5	5	12.5
10	2	24	7	5	5	12.5
9	7	129	11	4	4	7
8	5	15	9	4	4	7
7	0	26	4	4	4	7
6	4	23	8	4	4	7
5	1	79	5	4	4	7
4	0	19	3	3	3	4
3	2	29	4	2	2	3
2	3	13	4	1	1	1.5
1	4	6	3	-1	1	1.5

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Педагогический эксперимент 2019-го года

Результаты выполнения обучающимися тестовых заданий в первом тестировании и данные для расчета U-критерия Манна-Уитни: количество задач, решенных во втором тестировании и соответствующие ранги, количество задач, решенных в третьем тестировании и соответствующие ранги. Для экспериментальной группы дополнительно указано значение интегрального уровня усвоения (см. столбец «Уровень»), которого достигли обучающиеся к моменту проведения второго тестирования.

КОНТРОЛЬНАЯ ГРУППА						ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ГРУППА						
№ Студента	Тест 1	Тест 2	Ранг (Тест 2)	Тест 3	Ранг (тест 3)	№ Студента	Тест 1	Уровень	Тест 2	Ранг (Тест 2)	Тест 3	Ранг (Тест 3)
1	12	13	40,5	---	---	1	5	244	15	50,5	15	59,5
2	10	13	40,5	10	39	2	8	157	16	55,5	---	---
3	8	13	40,5	11	47	3	8	42	10	20	9	28,5
4	10	11	25,5	9	28,5	4	9	179	17	60	21	63
5	8	11	25,5	10	39	5	11	228	17	60	15	59,5
6	8	9	14,5	---	---	6	8	304	21	68,5	19	62
7	11	12	32	9	28,5	7	11	135	13	40,5	9	28,5
8	4	10	20	---	---	8	12	131	13	40,5	11	47
9	10	11	25,5	8	18	9	11	97	14	47	---	---
10	11	16	55,5	9	28,5	10	7	164	18	62	10	39
11	7	13	40,5	8	18	11	7	240	15	50,5	11	47
12	7	14	47	7	8,5	12	12	428	29	71	28	66
13	9	14	47	10	39	13	10	76	12	32	9	28,5
14	8	11	25,5	10	39	14	12	356	20	66,5	13	56
15	7	9	14,5	10	39	15	9	292	21	68,5	24	64,5
16	5	13	40,5	8	18	16	13	43	12	32	13	56
17	6	7	4	7	8,5	17	7	226	19	64	7	8,5
18	9	7	4	11	47	18	7	274	19	64	11	47
19	5	5	1	8	18	19	5	249	20	66,5	7	8,5
20	7	9	14,5	7	8,5	20	7	66	16	55,5	9	28,5
21	8	7	4	9	28,5	21	8	93	7	4	9	28,5
22	17	19	64	14	58	22	8	126	8	9	11	47
23	6	10	20	8	18	23	11	179	12	32	12	53

24	7	10	20	8	18		24	12	197	17	60	12	53
25	9	12	32	9	28,5		25	9	143	11	25,5	13	56
26	9	8	9	7	8,5		26	14	68	16	55,5	7	8,5
27	8	12	32	7	8,5		27	8	91	15	50,5	11	47
28	8	8	9	11	47		28	5	224	16	55,5	10	39
29	8	16	55,5	7	8,5		29	11	151	12	32	9	28,5
30	5	7	4	6	2		30	6	123	9	14,5	7	8,5
31	11	8	9	7	8,5		31	7	171	13	40,5	4	1
32	11	13	40,5	16	61		32	5	247	22	70	24	64,5
33	10	9	14,5	8	18		33	8	72	9	14,5	7	8,5
34	9	8	9	9	28,5		34	5	181	10	20	11	47
СУММЫ:			881		813,5		35	6	162	11	25,5	9	28,5
							36	5	137	15	50,5	12	53
							37	9	110	13	40,5	9	28,5
							СУММЫ:			1675		1397,5	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2019615711

**Диагностическая система «Ментальный тренажер по
решению расчетных физических задач»**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Красноярский государственный педагогический университет
им. В.П. Астафьева» (RU)*

Авторы: *Асауленко Евгений Васильевич (RU),
Пак Николай Инсебович (RU)*

Заявка № 2019614334

Дата поступления 18 апреля 2019 г.



Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ 07 мая 2019 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

 Г.П. Изrael



ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Акт внедрения КГПУ

<p style="text-align: center;">МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ</p> <p style="text-align: center;">федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.П. Астафьева» (КГПУ им. В.П. Астафьева)</p> <p>ул. А. Лебедевой, д. 89, г. Красноярск, 660049, Россия Тел. (391) 217-17-77, факс (391) 217-17-17. E-mail: ksru@ksru.ru</p> <p>ОКПО 02079135, ОГРН 1022402653008 ИНН/КПП 2466001998/246601001</p>	<p style="text-align: right;">УТВЕРЖДАЮ</p> <p style="text-align: right;">Проректор по науке и сетевому взаимодействию федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева» Бочарова Юлия Юрьевна</p> <div style="text-align: right;">  </div> <p style="text-align: right;">_____ 2020 г.</p>
<p style="text-align: right;">№ _____</p> <p>На № _____ от _____</p>	
<p>АКТ</p> <p>о внедрении в учебный процесс результатов диссертационной работы</p>	
<p>Настоящим актом подтверждается, что результаты диссертационной работы «Автоматизация процесса организации персонифицированной самостоятельной работы студентов по решению задач на основе когнитивного подхода» преподавателя Краевого государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения «Дивногорский гидроэнергетический техникум имени А.Е. Бочкина» Асауленко Евгения Васильевича, представленной на соискание ученой степени кандидата педагогических наук по специальности 13.00.02 – Теория и методика обучения и воспитания (информатизация образования), внедрены в образовательный процесс подготовки обучающихся в Институте математики, физики и информатики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева» (ИМФИ КГПУ им. В.П. Астафьева).</p>	
<p>Директор ИМФИ КГПУ им. В.П. Астафьева _____ А.С. Чиганов</p> <div style="text-align: center;">  </div>	