



Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий

Межинститутская базовая кафедра  
«Прикладная физика и космические технологии»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В.Е. Косенко

подпись            инициалы, фамилия

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме магистерской диссертации**

Студенту Фоминых Наталье Александровне

Группа КИ18-01-3М Направление (специальность) 09.04.01.03

«Информационные системы космических аппаратов и центров управления полетами»

Тема выпускной квалификационной работы «Разработка методики рефлексивного управления порядком значимости дидактического материала в автоматизированных обучающих системах»

Утверждена приказом по университету № 5586/с от 06.05.2020

Руководитель ВКР Углев Виктор Александрович, канд.техн.наук, доцент СФУ.

Исходные данные для ВКР: учебный план, структура электронного учебного курса, протоколы тестирования, анкеты учеников.

Перечень рассматриваемых вопросов: человеко-машинное взаимодействие; автоматизированные обучающие системы; формализация параметров индивидуализированного обучения в автоматизированной обучающей системе; рефлексивное управление; педагогический эксперимент.

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов: слайды презентации в количестве 17 штук.

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_ В.А.Углев

подпись

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ Н.А.Фоминых

подпись

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Разработка методики рефлексивного управления порядком значимости дидактического материала в автоматизированных обучающих системах» содержит 99 страниц текстового документа, 16 рисунков, 33 таблицы, 30 использованных источников и 5 приложений.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА,  
РЕФЛЕКСИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, ЭЛЕКТРОННОЕ ОБУЧЕНИЕ.

Целью данной работы является повышение степени индивидуализации автоматизированного обучения через управление порядком значимости дидактического материала на основании рефлексивного управления.

Основные задачи:

- 1) провести анализ предметной области и выявить недостатки в достижении индивидуализации среди существующих автоматизированных обучающих систем;
- 2) разработать модельную составляющую автоматизированной обучающей системы, использующего рефлексивное управление;
- 3) разработать методику рефлексивного управления процессом формирования обучающего курса, использующего управление порядком значимости дидактического материала;
- 4) провести эксперимент со студентами МБК «Прикладная физика и космические технологии» Сибирского федерального университета.

Рефлексивное управление порядком значимости дидактического материала в автоматизированной обучающей системе должно повысить степень индивидуализации обучения, а также мотивированность обучения за счет того, что обучающая система апеллирует к целям ученика. В том числе, рефлексивное управление позволяет системе искать компромиссы между модельными составляющими системы.

Модельный состав автоматизированной обучающей системы с помощью

анкетирования должен выявить предпочтения пользователя и учесть их в формировании индивидуального учебного курса и подборе контрольно-измерительных материалов.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	8
1 Проблематика рефлексивного управления порядком значимости дидактического материала в автоматизированных обучающих системах .....	11
1.1 Автоматизированные обучающие системы и индивидуализация обучающего курса в автоматизированной обучающей системе .....	11
1.2 Рефлексия и механизмы её осуществления в обучении.....	15
1.3 Общий модельный состав автоматизированной обучающей системы.....	18
1.4 Постановка задачи .....	22
1.5 Выводы по разделу .....	24
2 Методика рефлексивного управления процессом обучения.....	26
2.1 Модельное обеспечение автоматизированной обучающей системы на основе рефлексивного управления.....	26
2.1.1 Модель электронного учебного курса.....	26
2.1.2 Модель методиста.....	29
2.1.3 Модель учителя.....	31
2.1.4 Модель ученика.....	32
2.1.5 Модель предметного тьютора.....	34
2.2 Формирование индивидуального обучающего курса моделями автоматизированной обучающей системы.....	35
2.3 Методика принятия решений по рефлексивному управлению процессом формирования индивидуального обучающего курса .....	55
2.4 Выводы по главе.....	57

3 Экспериментальная отработка методики.....	59
3.1 Описание условий эксперимента.....	59
3.2 Проведение эксперимента.....	62
3.3 Анализ результатов.....	67
3.4 Выводы по главе.....	74
Заключение.....	76
Список сокращений.....	79
Список использованных источников.....	80
Приложения А-Д.....	84-99

## ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе методология высшего профессионального образования претерпела изменения в сторону увеличения значимости и объема самообразования, работа с автоматизированными обучающими системами (АОС) применяется как в аудитории, так и в качестве самостоятельного освоения материала. Однако, такая форма обучения не подразумевает учета индивидуальных особенностей учащегося в связи с ее универсальностью, а дистанционная форма обучения, когда АОС и обучающийся разделены пространством с преподавателем, не позволяет отследить вовлеченность ученика в процесс освоения материала и обеспечивает недостаточный уровень индивидуализации. В большинстве АОС процесс индивидуализации сконцентрирован на этапе построения траектории или маршрута обучения на основе входной анкеты или тестирования при первом обращении к системе. После обработки анкетных данных система предлагает заранее сформированный обучающий курс, который может отличаться уровнем сложности, целью изучения, но может не учитывать личные пожелания ученика относительно состава курса.

Повторение деятельности, которая задана по образцу, и принятие чужой мысли и аргументов без самостоятельного анализа, может не привести к достижению одной из главных целей обучения - общему развитию мышления и познавательных способностей. Освоение происходит в том случае, когда применяется направляемая рефлексия, в результате которой обучаемый определяет способы решения практических задач или формирует рассуждения. Усвоение выступает как прямой продукт такого рефлексивного процесса.

Для того, чтобы обучение с помощью автоматизированной обучающей системы могло частично заменить традиционное обучение, системе необходимо не только собрать и обработать анкетные данные ученика, но и используя механизмы рефлексии сформировать такой состав индивидуального обучающего курса, который будет учитывать и пожелания ученика по



изучению каждой конкретной темы, и требования системы относительно важности наличия определенных тем. Формирование компромиссного индивидуального обучающего курса позволит повысить мотивированность ученика в процессе освоения дисциплины, ввиду того, что ученик будет принимать активное участие в формировании данного курса и его состав будет напрямую отвечать потребностям ученика.

Объект исследования: электронный учебный курс.

Предмет исследования: процесс индивидуализации электронного учебного курса.

Целью исследования является повышение степени индивидуализации автоматизированного обучения через управление порядком значимости дидактического материала на основании рефлексивного управления.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) провести анализ предметной области и выявить недостатки в достижении индивидуализации среди существующих автоматизированных обучающих систем;
- 2) определить модельный состав АОС, использующий рефлексивное управление;
- 3) разработать методику рефлексивного управления процессом обучения, использующего управление порядком значимости дидактического материала;
- 4) провести эксперимент со студентами МБК «Прикладная физика и космические технологии» Сибирского федерального университета.

В исследовании были применены общенаучные и экспериментальные методы: исторический анализ, теоретический анализ проблемы и объекта исследования; анкетирование, тестирование, сравнение, моделирование, статистическая обработка.

Научная новизна: предложена новая методика на базе рефлексивного управления В.А. Лефевра для задач индивидуализации формирования индивидуального обучающего курса в АОС.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в

повышении индивидуализации электронного обучения студентов МБК «Прикладная физика и космические технологии» за счёт вовлечения их в процесс рефлексивного формирования состава индивидуальных обучающих курсов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников, приложений.

В первой главе рассмотрены вопросы обучения при помощи современных автоматизированных обучающих систем, рефлексия и механизмы её осуществления в обучении, общий модельный состав в АОС.

Во второй главе приведено модельное обеспечение методики индивидуализации обучающего курса и сама методика. Представлены структуры моделей методиста, учителя, ученика и предметного тьютора, представлена методика рефлексивного управления и определены её действия на каждом этапе.

В третьей главе представлено программное средство проведение эксперимента, описаны используемые экземпляры моделей и процесс проведения эксперимента, результаты эксперимента и показана адекватность разработанной методики.

Работа основана на базе применения рефлексивного управления, коллекциях логических правил и моделях деревьев принятия решений.

Основная часть изложена на 99 страницах машинописного текста, содержит 16 рисунков, 33 таблицы. Список литературы состоит из 30 наименований. Приложение к диссертации занимают 17 страниц.

# **1 Проблематика рефлексивного управления порядком значимости дидактического материала в автоматизированных обучающих системах**

## **1.1 Автоматизированные обучающие системы и индивидуализация обучающего курса в автоматизированной обучающей системе**

В современном обществе существует потребность в квалифицированных кадрах, но не всегда есть возможность выделить на обучение достаточное количество времени с отрывом от производства. Альтернативой традиционному обучению, в таком случае, является обучение с помощью внедрения информационных технологий в образовательную среду – дистанционное обучение, самообучение, курсы повышения квалификации с использованием компьютеров.

Автоматизированная обучающая система (АОС) является комплексом технического, учебно-методического, лингвистического, программного и организационного обеспечений на базе электронно-вычислительной машины (ЭВМ), предназначенным для индивидуализации обучения [1].

В состав АОС, как правило, входят следующие элементы:

– электронный учебный курс, представляющий собой совокупность дидактических единиц, которые обеспечивают информационно-содержательное наполнение учебного курса (лекции, практические задания, справочный материал);

– подсистема компьютерного тестирования, то есть программный модуль, обеспечивающий оценку текущего уровня степени освоения материала обучаемым с помощью компьютерных тестов;

– база знаний, то есть совокупность хранимых в автоматизированных обучающих средах данных о пользователе, стратегиях обучения, структуре электронных учебных курсов;

– планировщик, представляющий собой подсистему, позволяющую на основе данных баз знаний и действий пользователя произвести адаптацию работы АОС для достижения наилучшего результата;

Взаимодействие с обучаемым происходит через интерфейс пользователя [2].

Автоматизированные обучающие системы позволяют решать следующие задачи:

– подготовка и предъявление учебного материала, адаптация материала по уровням сложности, подготовка контрольных заданий и самостоятельных работ учащихся;

– проверка уровня знаний, умений и навыков учащихся до и после обучения, их индивидуальных способностей и мотиваций;

– администрирование системы, обеспечение обратной связи с обучаемым;

– регистрация и статистический анализ показателей усвоения учебного материала: определение времени решения задач, определение общего числа ошибок и т.д.

Исследование задачи автоматизации процесса обучения начинается с конца 60-х годов двадцатого века. Тогда же были предприняты первые попытки комплексного анализа автоматизации различных педагогических процессов (в частности, исследования П.Я. Гальперина [3], Н.Ф. Талызиной [4], В.П. Беспалько [5] и др.), и первые попытки создания автоматизированных обучающих систем. Они использовали специальное программное обеспечение с авторским языком и позволяли переложить некоторые рутинные функции с человека на компьютер. Дальнейшее развитие АОС позволило не только проходить учебный материал и проверять ответы тестов, но и определило первые принципы адаптации автоматизированного обучения по уровню подготовленности учащегося [6].

Со временем появляются первые АОС создающие модель учащегося и предметной области; их называют экспертными или интеллектуальными

системами [7]. Такие системы адаптируют содержание курса к целям учащегося, а также уровню его подготовки, создавая модель учащегося [8]. На данный момент, АОС получили широкое распространение и их востребованность увеличивается с каждым годом, вовлекая все большее количество учеников. Помимо ВУЗов, предоставляющих дистанционное обучение посредством АОС, большой популярностью пользуются массовые открытые системы управления обучением доступные по сети Интернет для самообучения и повышения квалификации [9].

Современные автоматизированные обучающие системы хоть и отличаются друг от друга по составу, функциональным возможностям, всё же имеют общую идею индивидуализации обучения. Попытки её реализации осуществляются через адаптацию отдельных элементов АОС к потребностям ученика. Согласно работе [10] очевидно, что учет пожеланий пользователя (цель) по отношению к изучаемой дисциплине, является базовым элементов любой стратегии адаптации. Выбрать цель для дисциплины, планируемой к освоению, можно одним из трех способов.

1 Выбрать полный (стандартизированный) вариант изучения электронного учебного курса.

2 Выбрать направленность знаний для обучения (ознакомительный, теоретический, практический, углубленный курс).

3 Выбрать элементы электронного учебного курса по желанию учащегося.

Немаловажными факторами индивидуализации обучения автором отмечены: построение индивидуальной траектории обучения и индивидуализация состава электронного курса. Поскольку индивидуализация должна базироваться на трех положениях: цели пользователя, цели курса и текущем уровне знаний пользователя, видится логичным построение индивидуальной траектории обучения с учетом результатов входного тестирования ученика для определения его начальных знаний по дисциплине. Индивидуализация состава электронного курса будет адекватной в случае, если

все необязательные для достижения цели элементы курса будут исключены из состава и переведены в разряд справочной информации.

Мною был проведен обзор «Критерии оценки автоматизированных обучающих систем» и были проанализированы существующие проблемы индивидуализации обучения при помощи АОС: сформулированы критерии оценки систем и проведен анализ некоторых популярных автоматизированных обучающих систем с точки зрения соответствия выбранным критериям. Результаты проведенного анализа автоматизированных обучающих систем представлены в таблице 1. Исходя из результатов обзора, можно выделить наиболее важные критерии, которые недостаточно проработаны в существующих системах: возможность индивидуализации состава электронного курса по дисциплине и отсутствие применения рефлексивного управления.

Таблица 1 - Типовые автоматизированные обучающие системы и их характеристики

Автоматизированная обучающая система	Выявление целей обучения ученика	Построение индивидуальной траектории обучения	Возможность индивидуализации состава электронного курса	Применение рефлексивного управления
С-tutor	да	частично	нет	нет
Адаптивная обучающая система Шабалиной О.А.	да	частично	да	нет
Интеллектуальная обучающая система Литвинова В.В.	да	частично	нет	нет
Интернет платформа Национальный открытый университет «Интуит»	да	нет	нет	нет
Программный продукт «eCourse Publisher»	частично	частично	нет	нет

Система управления курсами Moodle	частично	нет	частично	нет
-----------------------------------	----------	-----	----------	-----

Согласно проведенному обзору следует выделить два критерия, наименее проработанные и реализованные в современных АОС: возможность индивидуализации состава электронного курса и применение рефлексивного управления. Исходя из вышеизложенного, можно утверждать, что создание автоматизированной обучающей системы, реализующей выполнение этих критериев, теоретически обоснованно и требует более детальной проработки для его реализации.

## 1.2 Рефлексия и механизмы её осуществления в обучении

В настоящее время осуществление деятельности рефлексивного характера является важнейшим критерием продуктивности и успешности в современных социально-экономических условиях. С её помощью можно определить насколько воздействия являются эффективными и последовательными, а так же оценить степень достижения запланированного результата.

Особенно продуктивно изучаются способности рефлексии в сфере обучения. Повторение деятельности, которая задана по образцу, и принятие чужой мысли и аргументов без самостоятельного анализа, может не привести к достижению одной из главных целей обучения - общему развитию мышления и познавательных способностей. Освоение происходит в том случае, когда применяется направляемая рефлексия, в результате которой обучаемый определяет способы решения практических задач или формирует рассуждения. Усвоение выступает как прямой продукт такого рефлексивного процесса [11].

Поиск определения понятия рефлексии берёт свое начало ещё со времен Сократа, появлялось в работах Декарта, Канта, Гегеля, Плотина и других ученых и философов [12]. В данной работе рефлексия в педагогической

деятельности следует понимать, как сложный психологический феномен, проявляющийся в способности учителя входить в активную исследовательскую позицию по отношению к своей деятельности и к себе как ее субъекту с целью критического анализа, осмысления и оценки ее эффективности для развития личности ученика [13].

Идею использования рефлексии в достижении желаемого результата развивал Владимир Александрович Лефевр с 1962 года в теории рефлексивных игр [14]. Целью его теории является предсказание индивидуального выбора субъекта, входящего в группу, и указание возможности управления этим выбором, которое было названо рефлексивным управлением. В контексте теории были выделены виды управления (манипулирования) между субъектами для достижения ожидаемого результата: манипулирование посредством влияний, манипулирование отношениями, манипулирование порядком значимости субъектов и управление через подсознание. Однако, процесс обучения, как объект рефлексии, в работах В.А. Лефевра не рассматривался.

Одна из первых, но недостаточно удачная, попытка сделать обобщение идей рефлексии для автоматизированных обучающих систем была предпринята в работе [15], но в дальнейшем полноценное исследование не было реализовано. В работе [16] были выделены базовые вопросы, ответы на которые необходимо проработать в интеллектуальной автоматизированной обучающей системе (ИАОС) для реализации рефлексивного управления. О необходимости формирования рефлексивно-активных сред развития, в том числе затрагивая и сферу обучения, неоднократно упоминал В.Е. Лепский в своих работах [17, 18]. В работе [19] были рассмотрены базовые компоненты рефлексивного взаимодействия ученика и системы с учетом специфики принятия решений для различных этапов обучения. Данное направление требует более детальной и глубокой проработки.

Благодаря использованию рефлексии в АОС можно определить насколько воздействия системы являются эффективными и последовательными, а так же оценить степень достижения запланированного результата. Рефлексивное



управление можно использовать в автоматизированной обучающей системе для оценки системой верности принимаемых решений в отношении ученика.

Рефлексия также связана с целеполаганием. При определении обучающимся целей своего образования предполагается их выполнение и осознание способов достижения этих целей. Данный механизм участвует как в начале, в течение процесса обучения при определении новой образовательной деятельности и новых целей, так и в конце, как подведение итогов и выбор последующего пути развития. Её систематическое применение в совокупности с целеполаганием приводит обучающегося к самостоятельной формулировке целей и к закреплению результатов образовательной деятельности. В итоге попытка воссоздания управления в АОС на основе рефлексии положительно повлияет на процессы рефлексии и целеполагания у ученика.

В процессе непосредственного аудиторного / индивидуального обучения рефлексия имеет место быть как со стороны ученика, так и со стороны учителя: оба оценивают свои возможности, оба имеют различные цели, оба вынуждены принимать решения [16]. Для формализации взаимодействия ученик – учитель (индивидуализированное обучение) представим, что ученик (x) и учитель (y) обладают личными активными позициями по отношению к дидактическому материалу, на котором и происходит обучение. Поскольку учитель не является автором учебного материала, он вынужден основываться на требованиях методиста (m), задающего общие требования для процесса обучения в виде базовой (не индивидуализированной) рабочей программы дисциплины и системы норм / требований (трудоёмкость дисциплины, виды контроля и пр.).

В процессе обучения, как и в теории рефлексивных игр, существуют субъекты – участники. Между участниками складываются определенные отношения, которые условно можно разделить на два состояния: ситуация союза и ситуация конфликта интересов. При условии, что учитель является ведущим субъектом в задаче управления учебным процессом, можно предположить, какие отношения могут сложиться в учебной ситуации. Учитель и методист, как правило, будут в отношении союза. Благодаря их

согласованному взаимодействию учебный процесс, отвечающий требованиям образовательных стандартов, будет легитимен. Ученик будет вынужден работать с учителем, но отрицательно относиться к нормативам и требованиям, соответствие которым формально контролирует методист. Взаимодействие участников учебного процесса представлено на рисунке 1, где, *m* - методист, *y* - учитель, *x* - ученик. Отношения: сплошная линия — союз, пунктирная линия — конфликт.

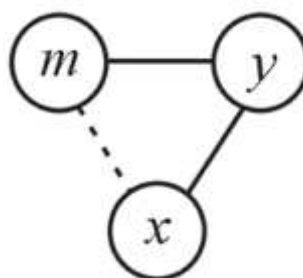


Рисунок 1 – Участники процесса обучения [16]

Ситуацию конфликта возможно решить добавлением дополнительного участника процесса обучения, представляющего и отстаивающего интересы и цели ученика [14]. В таком случае, рефлексия со стороны нового участника процесса позволит осуществлять воздействие на ученика и учителя через изменение отношений и порядка значимости компонентов учебного курса.

### **1.3 Общий модельный состав автоматизированной обучающей системы**

На основании выводов обзора [22] были сформированы важнейшие направления развития модульного обеспечения автоматизированных обучающих систем.

В частности, перспективным направлением являются разработки моделей обучения, позволяющих АОС не только придерживаться установленных целей

обучения, но в большей мере учитывать и находить компромисс относительно целей обучения ученика. Для решения данной проблемы ведутся разработки моделей обучения на основе различных теорий игр, в том числе теории неантагонистических и коалиционных игр. Модель этого класса использована в качестве модели тестирования в работе [23].

Поскольку цель теории рефлексивных игр состоит в том, чтобы предсказывать индивидуальный выбор субъекта, входящего в группу, и исследовать возможности управления этим выбором, можно предположить, что использование механизмов рефлексии в АОС могло бы решить проблему поиска компромисса относительно общих целей обучения. В данной теории существует так же принцип запрета эгоизма, то есть каждый субъект, преследующий свои личные цели, не может наносить ущерб группе, как целому. В ситуации определения целей обучения и построении индивидуального учебного курса данный принцип поможет системе учесть не только цели обучения системы, но и пожелания ученика. Таким образом, соблюдение принципа запрета эгоизма позволит повысить степень индивидуализации обучения, соблюдая при этом требования Министерства образования РФ к минимальному набору ЗУН (знания, умения, навыки).

Лефевр В.А. выделял четыре вида манипулирования выбором.

- 1 Манипулирование посредством влияний.
- 2 Манипулирование отношениями.
- 3 Манипулирование порядком значимости субъектов.
- 4 Управление через подсознание.

Хоть данная теория игр и не применялась ранее в организации процесса обучения в АОС, реализация вышеперечисленных рефлексивных управлений системой на ученика, склоняющее его принять решение, заранее подготовленное управляющей стороной, имеет под собой достаточные основания.

Прямое манипулирование или манипулирование влиянием, манипулирование отношениями и манипулирование порядком значимости

субъектов возможно переложить в сферу дистанционного обучения. Избрание одного или нескольких видов манипулирования будет способствовать поиску наиболее эффективного управляющего воздействия на конкретного ученика в конкретной учебной ситуации. Управление через подсознание в данной работе рассматриваться не будет, так как данный вид управления недопустим к использованию в условиях учебного процесса.

Не менее важным критерием усовершенствования современных АОС отмечена задача разработки модельного обеспечения АОС в виде многообъектной многокритериальной конфликтно управляемой динамической системы [24]. Как было указано в главе 1.2, состав участников процесса обучения должен быть увеличен за счет субъекта, представляющего интересы ученика, в то же время, находящегося во взаимодействии с учителем и методистом – предметного тьютора. Для реализации данного процесса в памяти системы необходимо создать модели, выполняющие соответствующие роли: модель методиста ( $m^*$ ), модель учителя ( $y^*$ ), модель ученика ( $x'$ ) и модель предметного тьютора ( $p^*$ ). Модельный состав в автоматизированной обучающей системе [16] можно представить графически, представлено в правой части рисунка 2. На левой части схемы представлен граф отношений между указанными моделями: видно, что в памяти машины частично имитируются отношения из традиционного взаимодействия, рисунок 1. Отношения: сплошная линия — союз, пунктирная линия — конфликт, линия «точка-пунктир» отражает двойственность отношений (с одной стороны, ученик вынужден работать с системой для достижения целей обучения, а с другой — авторитет и возможности виртуального учителя значительно уступают аналогичным характеристикам человека-учителя.

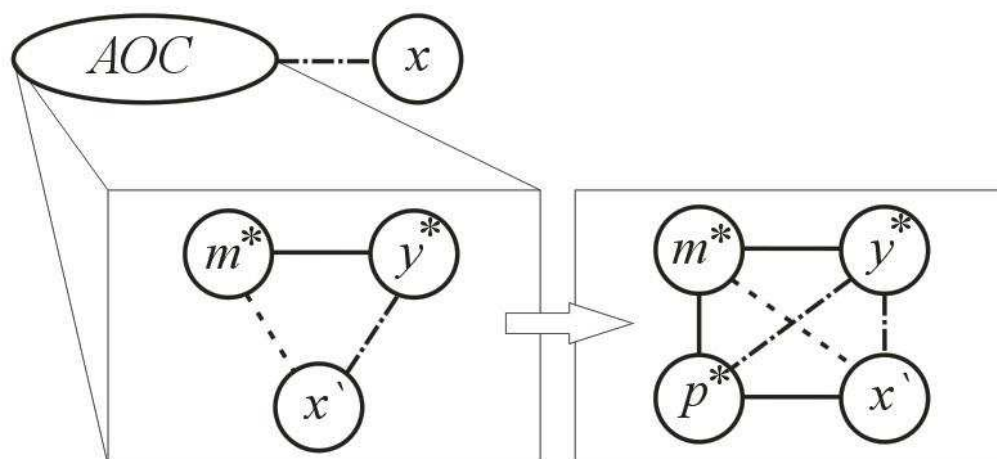


Рисунок 2 – Модельный состав автоматизированной обучающей системы [16]

Для решения данной задачи целесообразно ввести в модельный состав системы не только модель ученика ( $x'$ ), как «цифровое отражение» реального ученика ( $x$ ) в памяти системы, но и распределить модельный состав системы автоматизированной обучающей системы и обозначить их сферы влияния. В составе АОС предполагается наличие таких компонент, как методический комплекс (электронный учебный курс) и интеллектуальная система управления с ниже перечисленным базовым модельным составом. База знаний, содержащая весь доступный обучающий материал, и база данных, включающая в себя статистику поведения моделей в системе.

1 Модель методиста ( $m^*$ ) будет содержать в себе информацию от том, какой материал считать минимально-необходимой базой знаний, которую должен освоить любой ученик, независимо от его целей обучения, а так же все остальные уровни достаточности излагаемого материала относительно соответствующих целей обучения.

2 Модель учителя ( $y^*$ ) позволит построить индивидуальный состав курса с точки зрения уровня сложности и позволит сформировать уровень требований к ученику с позиции мероприятий по контролю усвоения изучаемого материала.

3 Модель ученика ( $x'$ ) будет содержать данные анкетирования, в том числе, цели обучения, предпочтения по глубине изучения материала, выбранные к изучению элементы курса по желанию ученика. Поскольку информация об ученике в течение процесса обучения будет меняться и уточняться, данная модель должна быть динамической.

4 Основной задачей модели предметного тьютора ( $p^*$ ) будет являться нахождение компромисса, оптимального решения ситуации между остальными моделями-участниками АОС в процессе формирования состава обучающего курса. Использование принципов рефлексии относительно действий предметного тьютора, как системы в целом, позволит АОС не только выбирать наиболее эффективные в каждой ситуации решения, но и повысит уровень индивидуализации обучения, так как будет реагировать непосредственно на требования и пожелания конкретного ученика.

С учетом использования нескольких моделей в памяти системы и возможности построения компромиссов между ними, рационально использование теории многоагентных систем [25].

На основании полученных данных система должна простроить индивидуальный состав курса, удовлетворяющий требованиям всех моделей системы, определить уровень контроля за процессом обучения. Для реализации всех этапов АОС должна обеспечить создание в памяти системы «модели ученика», коррелирующей с реальным учеником.

На примере работы [26], была разработана входная анкета, которая дает неверифицированную модель ученика, но уже разработаны модели учителя и предметного тьютора. Комплексное сочетание рефлексивного управления и интеллектуальной АОС, позволит повысить уровень индивидуализации обучения на начальном этапе за счет выявления желаний и потребностей ученика, а так же учета требований моделей системы, участвующих в формировании состава индивидуального учебного курса. Таким образом, применение в совокупности данных наработок и принципов рефлексии в АОС

позволит сделать систему более гибкой, «заинтересованной» в формировании образа ученика, привлекательной с точки зрения индивидуализации обучения.

#### **1.4 Постановка задачи**

Поскольку адаптивные АОС приобретают все большую популярность, встает вопрос об их взаимодействии с обучаемым без посредника или тьютора. Важную роль здесь играет обеспечение ведения рефлексивного взаимодействия обучающегося и системы. Как было показано в предыдущих параграфах, в настоящее время такое взаимодействие не реализовано, что существенно снижает качество обучения с помощью АОС.

На основе проведенного исследования предметной области задачи индивидуализации обучающего курса сформируем объект и предмет исследования, цель и задачи диссертационной работы.

Объектом исследования является электронный учебный курс.

Предмет исследования: процесс индивидуализации электронного учебного курса.

Целью работы является повышение степени индивидуализации автоматизированного обучения через управление порядком значимости дидактического материала на основании рефлексивного управления. Методика должна позволять учитывать цели и возможности ученика, и при этом обеспечить содержательность курса, отвечающую федеральному государственному образовательному стандарту (ФГОС) и требованиям составителя ЭУК.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) определить модельный состав АОС, использующий рефлексивное управление;
- 2) разработать методику рефлексивного управления процессом обучения, использующего управление порядком значимости дидактического материала;

3) провести эксперимент со студентами МБК «Прикладная физика и космические технологии» Сибирского федерального университета.

Для решения поставленных задач, в работе будут использованы существующие методы.

1 Экспертная система (ЭС) – сложный программный комплекс, аккумулирующий знания специалистов в конкретной предметной области и тиражирующий этот опыт для пользователей [27]. ЭС являются одним из направлений искусственного интеллекта. Основу ЭС составляет база знаний (БЗ) о предметной области, которая накапливается в процессе построения и эксплуатации ЭС. База знаний – это специальным образом организованные знания, пригодные для дальнейшего анализа в экспертной системе.

2 Теория принятия решений (ТПР) – это область исследования, вовлекающая понятия и методы математики, статистики и психологии с целью изучения закономерностей выбора людьми путей решения разного рода задач, а также способов поиска наиболее выгодных из возможных решений [28].

3 Теория рефлексивного управления – предсказание индивидуального выбора субъекта, входящего в группу, и указание возможности управления этим выбором [14].

Разрабатываемая методика должна обладать следующими свойствами:

- «прозрачности» работы, то есть логика построения индивидуального обучающего курса должна быть очевидна, понятна и контролируема.

Принятые допущения: пользователь стремится к положительному результату от работы с АОС.

Научная новизна: предложена новая методика на базе рефлексивного управления В.А. Лефевра для задач индивидуализации формирования индивидуального обучающего курса в АОС.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в повышении индивидуализации электронного обучения студентов МБК «Прикладная физика и космические технологии» за счёт вовлечения их в процесс рефлексивного формирования состава индивидуальных обучающихся



курсов.

## **1.5 Выводы по разделу**

В ходе исследования предметной области задачи индивидуализации были сделаны следующие выводы:

1) в настоящее время существует огромное количество различных автоматизированных обучающих систем, в которых недостаточно полно реализована индивидуализация состава электронного обучающего курса относительно потребностей ученика.

2) использование рефлексии в процессе формирования индивидуального обучающего курса позволяет наиболее эффективно достигать поставленных целей при освоении дисциплины. Принципы теории рефлексивных игр не использовались прежде в автоматизированных обучающих системах, однако, имеют веские основания быть реализованными в процессе электронного обучения.

3) многоагентный подход к реализации процессов рефлексивного управления и реализация поиска компромиссов между моделями системы и учеником позволит повысить степень индивидуализации и уровень мотивации при формировании состава обучающего курса.

В связи с отсутствием полноценного практического решения сопровождения процесса обучения с использованием рефлексивного управления была поставлена задача – разработать методику рефлексивного управления процессом обучения через управление порядком значимости дидактического материала.

## **2 Методика рефлексивного управления процессом обучения**

### **2.1 Модельное обеспечение автоматизированной обучающей системы на основе рефлексивного управления**

Модельное обеспечение в составе автоматизированной обучающей системы было обосновано и рассмотрено в выпускной квалификационной магистерской работе [26]. Описание готовых решений в реализации модели ЭУК, учителя и ученика были проработаны и дополнены. Для формирования рефлексивного управления процессом обучения целесообразно ввести дополнительные модели – модель предметного тьютора, модель методиста и сформировать, тем самым, пространство для поиска компромиссов при формировании индивидуального обучающего курса в АОС.

#### **2.1.1 Модель электронного учебного курса**

Общая структура курса визуально напоминает «дерево с листьями», состоящее из элементов содержания учебного материала курса, которые являются дидактическими единицами (ДЕ). Иерархическая структура курса представлена на рисунке 3 [26]. Как изображено на рисунке, электронный курс включает в себя множество модулей, которые образованы соответствующим набором тем, состоящих из дидактических единиц. Дидактическая единица является логически самостоятельной частью, подлежащая освоению в процессе обучения, в состав которой могут входить понятия, объекты, объяснения, свойства и др.

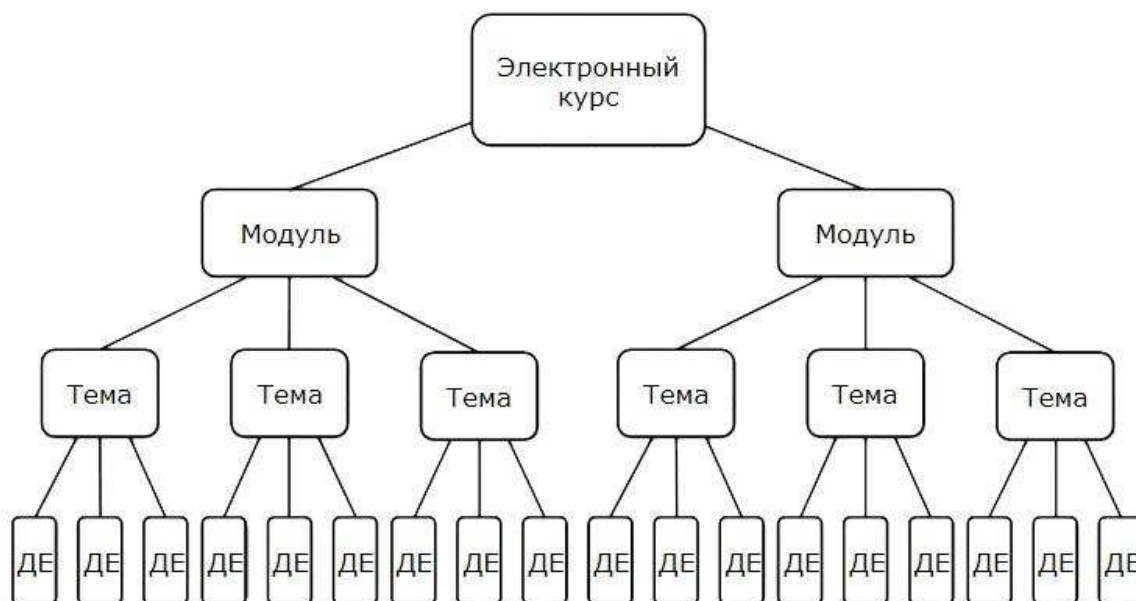


Рисунок 3 - Иерархическая структура курса [26]

Модель ЭУК характеризуется следующими параметрами:

- 1) название дисциплины;
- 2) список модулей;

Каждый модуль в составе курса включает в себя:

- 1) название;
- 2) порядковый номер;
- 3) список входящих тем.

Каждая тема, входящая в состав курса включает в себя:

- 1) название;
- 2) порядковый номер;
- 3) список входящих дидактических единиц.

Дидактические единицы обладают следующими параметрами:

- 1) название;
- 2) порядковый номер;
- 3) вид ДЕ;
- 4) вхождение в «Ядро курса»;
- 5) объем;

- б) априорная сложность;
- 7) важность;
- 8) развиваемые компетенции;
- 9) решаемые задачи;
- 10) семантические связи.

Поясним каждый из параметров ДЕ. *Название и порядковый номер* в дисциплине идентифицируют ДЕ, в качестве нумерации используются целые числа. Для реализации методики выбрана дисциплина «Моделирование систем», состоящая из 27 ДЕ.

*Вид ДЕ* принимает одно из значений: теория, практика, вводная часть или справочная информация. Теоретические ДЕ предназначены для изучения и их освоение проверяется итоговыми тестами. Практические ДЕ содержат задание на выполнение различных работ, могут поддерживать различные средства выполнения. Вводная часть предназначена для вступительной информации к последующей теме, не подлежит контрольной проверке знаний учащегося. ДЕ вида справочная информация добавляются в курс для справочной или напоминающей информации, не подлежат контрольной проверке.

*Вхождение в «Ядро курса»* принимает одно из значений: глобальное ядро, локальное ядро, не входит в ядро. Этот параметр показывает априорную значимость ДЕ для дисциплины в целом и для каждой из тем. Можно выделить глобальное ядро курса, в которое входят основные дидактические единицы, без изучения которых весь курс теряет смысл, и локальное ядро модуля, в которое входят дидактические единицы, содержащие основные дидактические единицы учебного модуля. При формировании индивидуального учебного курса глобальное ядро входит в состав курса при любой его модификации, локальное ядро модуля входит в состав учебного курса в том случае, если оно выбрано учеником к изучению или семантически связано с другой ДЕ, которую, по мнению ученика, он желает изучать.

*Объем ДЕ* может быть кратким, стандартным. Параметр определяет степень полноты и подробности изложения обучающего материала для данной ДЕ.

Параметры «*Априорная сложность*» и «*Важность*» принимают значение от 0 до 100, соответствуя оценке уровня сложности и важности. Эти параметры определяются учителем и отражают его субъективное представление.

Такие параметры, как «*Развиваемые компетенции*» и «*Решаемые задачи*» содержат список компетенций, которые дисциплина развивает в учащихся и задачи, которые решает освоение по каждой конкретной ДЕ.

*Семантические связи* определяют список ДЕ, на выводах которых опирается материал текущей ДЕ. Будем их называть родительскими ДЕ по отношению к текущей ДЕ. Освоение родительских ДЕ необходимо для понимания логики рассуждений обучающего материала.

Модель ЭУК, в виде индивидуального обучающего курса, будет формироваться согласно пунктам главы 2.2.

### **2.1.2 Модель методиста**

Модель методиста играет важную роль в модельном составе АОС и владеет информацией о составе ядра изучаемого курса, как обязательной норме для освоения согласно федеральному государственному образовательному стандарту. Данная модель ответственна за состав индивидуального обучающего курса, соответствующий требованиям ФГОС относительно наполненности курса всеми необходимыми дидактическими единицами с учетом развития необходимых компетенций и задач. Модель методиста при принятии решений опирается на параметры дидактических единиц: «Ядро курса», «Вид ДЕ», «Компетенции», «Задачи» и «Семантические связи».

Каждая ДЕ в составе тем и модулей имеет свою характеристику принадлежности к «Ядру курса». ДЕ может принадлежать к:

1 «Глобальному ядру» - включение ДЕ в состав любого индивидуального обучающего курса обязательно, так как данная ДЕ имеет первостепенное значение в составе дисциплины.

2 «Локальному ядру» - включение ДЕ в состав индивидуального обучающего курса целесообразно, если учеником выбрана данная ДЕ к изучению или оно семантически связано с другой ДЕ, которую, по мнению ученика, он желает изучать.

3 «Не принадлежать к ядру» - в данном случае, включение ДЕ не обязательно, но возможно при других определенных параметрах выбора.

«Вид ДЕ» характеризует дидактическую единицу как:

1 «Вводная часть» необходима в составе любого курса для того, чтобы дать ученику представление об изучаемой дисциплине, не подлежит проверке знаний учащегося.

2 «Теория» теоретические ДЕ предназначены для изучения и их освоение необходимо проверить контрольными тестами.

3 «Практика» содержит задание на выполнение различных работ и включается в курс в зависимости от цели изучения курса. Курсы «Ознакомительный курс» и «Теория» не включают в свой состав практических работ. Курсы «Практика», «Базовый курс» и «Углубленный курс» имеют в своем составе практические работы.

4 «Справочная часть» добавляется в состав курса для справочной информации и не подлежит контрольной проверке. Включение ДЕ в состав курса зависит от других факторов.

Так же данная модель ответственна за учет набора «Компетенций» и «Задач», которые сможет и должен развить, уметь решать ученик, к концу освоения учебного курса. Субъективный взгляд модели методиста на формирование индивидуального обучающего электронного курса будет способствовать формированию такого курса, при освоении которого ученик сможет развить все необходимые общекультурные и профессиональные

компетенции и будет способен решать все поставленные задачи согласно требованиям ФГОС.

«Семантические связи» определяют список ДЕ, на выводах которых опирается материал текущей ДЕ. Будем их называть родительскими ДЕ по отношению к текущей ДЕ. Освоение родительских ДЕ необходимо для понимания логики рассуждений обучающего материала. Если ученик пожелал изучать ДЕ, которая ссылается на другую ДЕ (без её освоения, желаемая ДЕ не сможет быть полноценно освоена), модель методиста предложит так же включить её в состав будущего курса.

Таким образом, модель методиста основывается на вышеуказанных параметрах каждой дидактической единицы, в ситуации поиска компромиссного решения, при формировании индивидуального обучающего курса.

### **2.1.3 Модель учителя**

Модель учителя формирует субъективный взгляд на уровень сложности курса, учитывающий цели и пожелания ученика. Модель учителя использует блок анкеты ученика «Целевые установки ученика в отношении курса» (пункты 1-3) и параметры ДЕ дисциплины «Априорная сложность» и «Важность» при формировании своего мнения относительно каждой ДЕ, рассматриваемой модельным составом системы.

«Целевые установки ученика в отношении курса» влияют на принятие решения моделью учителя о необходимости включения или исключения ДЕ из состава ИОК.

Параметры «Априорная сложность» и «Важность» принимают значение от 0 до 100, где 0 – легко/наименее важно, а 100 – сложно/наиболее важно, соответствуя оценке уровня сложности и важности. Эти параметры определяются учителем и отражают его субъективное представление.

Таким образом, модель учителя влияет на формирование индивидуального обучающего курса, отвечающего необходимому и достаточному уровню сложности, а также формирует уровень требований относительно контроля каждой ДЕ.



#### 2.1.4 Модель ученика

Модель ученика в системе является «отражением» знаний об обучаемом в памяти компьютера для организации процесса формирования индивидуального обучающего курса. Это точно представленные факты об обучаемом, которые описывают различные стороны его состояния: личностные характеристики, цели, профессиональные качества и др. [14].

Для сбора информации об ученике и сохранении её в данной модели будет использоваться анкета ученика (Приложение В). Для организации индивидуального подхода к построению курса, следует отметить два основных блока информации:

1) общие характеристики ученика, не относящиеся к изучаемой дисциплине:

а) фамилия, имя и отчество;

2) целевые установки ученика в отношении курса:

а) цель изучения дисциплины;

б) предпочитаемая глубина изучения курса;

с) важность дисциплины в дальнейшей профессиональной деятельности;

д) набор компетенций, которые ученик предполагает развивать в процессе освоения курса;

е) предпочитаемые задачи для освоения;

ф) список отмеченных дидактических единиц.

На этапах формирования индивидуального обучающего курса модель ученика используется в качестве исходных данных для принятия решения о включении ДЕ в состав курса. В качестве модели представления знаний об ученике возьмем декларативную модель ученика. Некоторые характеристики представляют собой вектор вариантов с возможностью выбора одного из них либо, остальная часть предполагает наличие свободных ответов или выбор

нескольких ответов одновременно. Далее представлены все варианты значений характеристик модели ученика:

*Фамилия, имя и отчество* – строковое значение, свободный вариант.

*Цель изучения дисциплины:*

- 1) «Просто так (интересно)»;
- 2) «Хочу работать в этом направлении (профилирование или переквалификация)»;
- 3) «Требование работодателя для работы в соответствующем направлении»;
- 4) «Необходим, так как входит в цикл общеобразовательных дисциплин моей специальности»;
- 5) «Интересно и входит в цикл общеобразовательных дисциплин моей специальности»;
- 6) «Необходим, так как входит в цикл специальных (профилирующих) дисциплин моей специальности»;
- 7) «Интересно и входит в цикл специальных (профилирующих) дисциплин моей специальности».

*Предпочитаемая глубина изучения курса:*

- 1) «Ознакомительный (обзор)»;
- 2) «Теоретический курс»;
- 3) «Практический курс»;
- 4) «Базовый курс (теория и практика)»;
- 5) «Углубленное изучение (специализация или преподавание)».

*Важность дисциплины в дальнейшей профессиональной деятельности:*

- 1) «Обязательно»;
- 2) «Возможно, да»;
- 3) «Скорее всего, нет».

Допустимые варианты ответов на остальные характеристики модели ученика формируются исходя из конкретного курса обучения и показывают заинтересованность ученика по отношению к содержательной и практической

составляющей курса. Для параметров *«Предпочитаемые задачи для освоения»* и *«Набор компетенций, которые ученик предполагает развивать в процессе освоения курса»* предполагается выбор из списка решаемых задач и развиваемых компетенций для конкретного курса.

На этапе выбора ДЕ к изучению по желанию ученика, АОС предъявляет полный их перечень на экране компьютера, за исключением практических работ. Дидактические единицы вида «практика» априори включены в ИОК, при указании в цели обучения «Практический курс», «Базовый курс» или «Углубленный курс». Для каждой ДЕ, в том числе относящейся к «ядру курса», ученик должен выбрать один из двух вариантов ответов: «Желаю» - ученик изъявляет желание изучить данную ДЕ, «Не желаю» - ученик не желает изучать данную ДЕ.

Таким образом, модель ученика влияет на формирование индивидуального обучающего курса, предоставляя информацию об обучаемом для принятия решений остальными моделями системы и непосредственно предъявляя свое мнение относительно включения желаемых к изучению ДЕ.

### **2.1.5 Модель предметного тьютора**

Спецификой взаимодействия ученика с автоматизированными обучающими системами является то, что инициатива всегда находится у ученика: например, работа с дидактическим материалом. В этих условиях игнорировать цели ученика не продуктивно, т. к. он может сократить объёмы работы с электронным курсом в АОС, осознанно или не осознанно считая её логику работы не конструктивной. Поэтому введение в модельный состав системы модели предметного тьютора (р\*) позволит достигать компромиссов в процессе формирования состава ИОК между требованиями модели учителя, методиста и пожеланиями ученика, представлено на правой части рисунка 2.

С одной стороны, модель предметного тьютора пытается отстоять позицию модели ученика, в то время как модели методиста и учителя пытаются

достичь своих целей при определении содержания будущего учебного процесса. С другой стороны,  $p^*$  способствует поиску компромиссных решений между мнениями моделей АОС. Это уже выходит за рамки традиционной модели В.А. Лефевра, в которой предпочтение отдаётся стратегии последовательного исключения субъектов из конфликта до приведения графа к декомпозируемому виду [14]. Играя роль примирителя, модель предметного тьютора снижает степень напряжённости конфликта между остальными моделями, используя в качестве основного инструмента манипулирование путём изменения отношений и манипулирования порядком значимости. Это особенно ценно для повышения эффективности электронного обучения при работе со слабо замотивированными учащимися.

Решение о включении в состав курса дидактической единицы принимается отдельно по каждой ДЕ в составе дисциплины. Модель предметного тьютора осуществляет анализ результатов работы моделей системы и определяет решение. Итоговым результатом является сформированный ИОК, максимально учитывающий мнения и требования всех моделей системы.

## **2.2 Формирование индивидуального обучающего курса моделями автоматизированной обучающей системы**

Построение индивидуального обучающего курса реализуется с использованием экспертной системы продукционной модели. Общая схема последовательности этапов методики формирования ИОК изображена на рисунке 4.

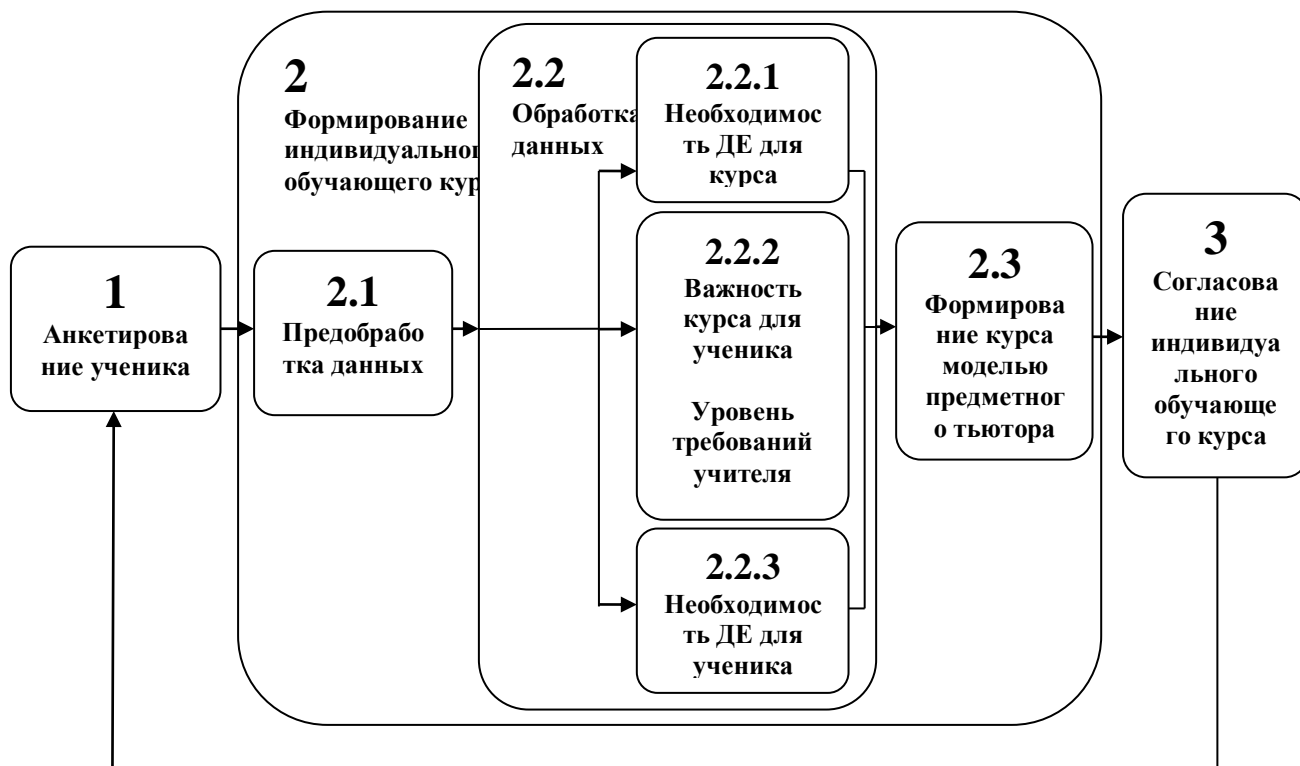


Рисунок 4 – Этапы методики формирования индивидуального обучающего курса

Методика формирования ИОК на основе рефлексивного управления содержит 3 основных этапа и несколько подэтапов.

Этап 1 - анкетирование ученика.

Этап 2 - формирование индивидуального обучающего курса.

Подэтап 2.1 - предобработка данных.

Подэтап 2.2 - обработка данных.

Подэтап 2.2.1 - определение необходимости ДЕ для курса.

Подэтап 2.2.2 - определение важности курса для ученика и уровня требований учителя.

Подэтап - 2.2.3 Определение необходимости ДЕ для ученика.

Подэтап 2.3 - формирование состава курса моделью предметного тьютора.

Этап 3 - согласование состава индивидуального обучающего курса.

В качестве первого этапа каждому студенту предлагается заполнить анкету (Приложение В), данные сохраняются в модели ученика и будут использоваться в дальнейшем при формировании ИОК. На втором этапе происходит формирование индивидуального обучающего курса. После обработки данных анкеты и параметров структуры курса происходит передача данных в экспертные производственные системы. Для построения всех трех маршрутов (пункты 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3) используется метод интеллектуального анализа данных – построение дерева принятия решений, который и реализует интеллектуальную составляющую индивидуализации курса обучения. Целью использования данного метода является построение модели, по которой можно решить, какое значение примет целевая функция, имея на входе несколько переменных. Структура дерева принятия решений формирования ИОК в модели ЭУК представлена на рисунке 5. Этап 2.3 является целевым с точки зрения формирования ИОК. На заключительном этапе система предъявляет состав индивидуального обучающего курса ученику и при необходимости предлагает вернуться к этапу 1 для изменения состава ИОК.

Рассмотрим более подробно этап 2 «Формирование индивидуального обучающего курса».

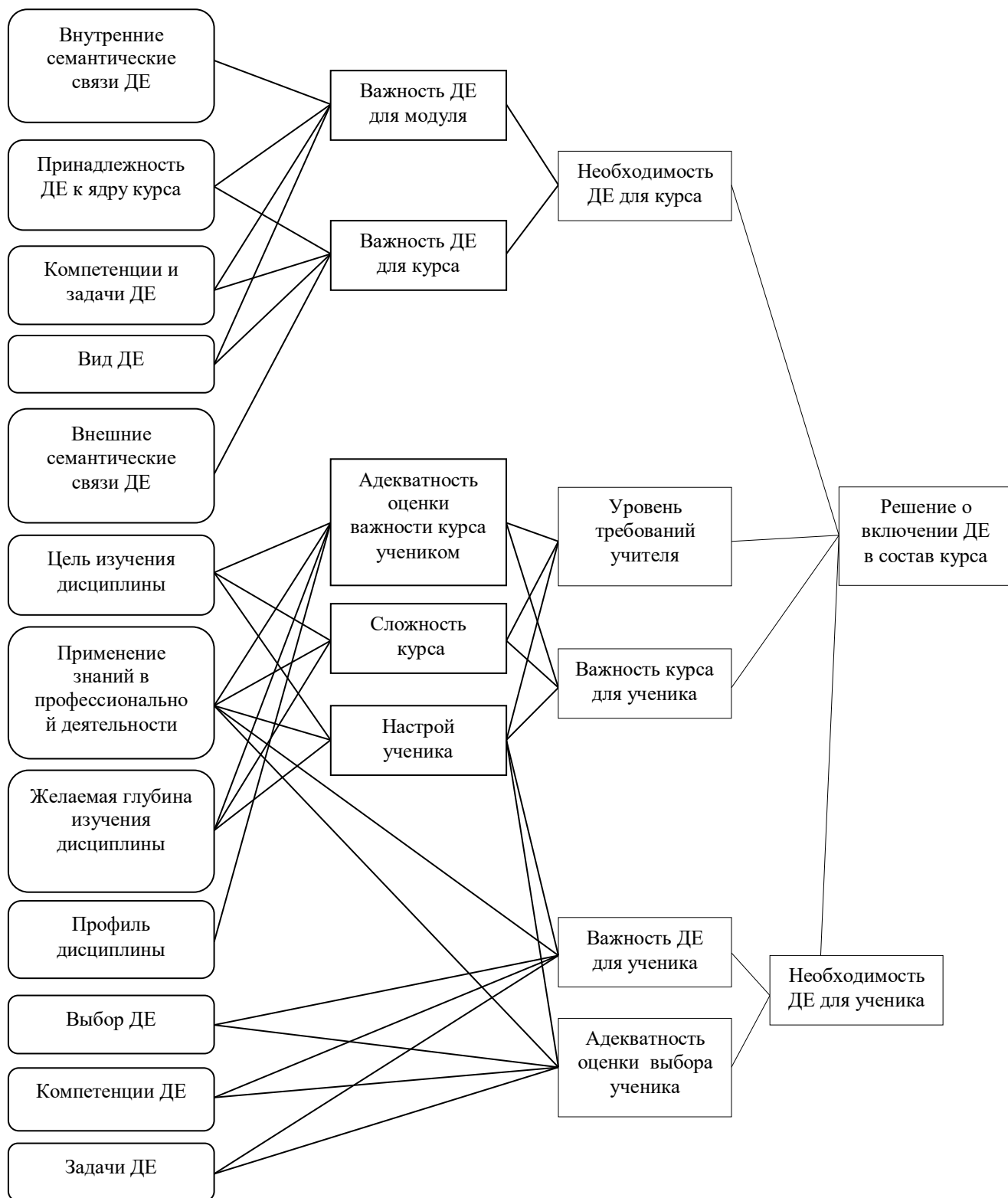


Рисунок 5 – Дерево принятия решений формирования индивидуального обучающего курса

Дерево принятия решений формирования индивидуального обучающего курса формируется в модели ЭУК. Целевой функцией дерева принятия решений является решение о включении или исключении дидактической единицы из состава курса. На последнем этапе дерева принятия решений участвуют все модели системы, но модель предметного тьютора является ключевым звеном в плане формирования компромиссного решения. Относительно каждой дидактической единицы, включенной в индивидуальный обучающий курс, принимается решение об уровне контроля («без контроля», «зачет», «экзамен») моделью учителя.

Структура дерева определяет последовательность обработки исходных данных для формирования индивидуального обучающего курса с помощью правила вывода продукционных экспертных систем. Продукционные правила охватывают полный спектр возможных вариантов исходных данных. В процессе построения ИОК на основе данного дерева участвуют модель ЭУК, модель методиста, модель учителя, модель ученика, модель предметного тьютора. Принятие решения происходит для каждой ДЕ поочередно.

#### Этап 2.1 Предобработка данных.

В модели ученика предобработке подлежат следующие данные:

- 1) цель изучения дисциплины (подлежит предобработке для подачи в экспертную продукционную систему);
- 2) предпочитаемая глубина изучения курса;
- 3) важность дисциплины в дальнейшей профессиональной деятельности.

Все три блока данных подлежат анализу на логическую взаимосвязь и формируют входные данные «Профиль дисциплины».

В параметрах структуры курса предобработке подлежат входные данные для пункта 2.2.1 и 2.2.3 («Компетенции ДЕ» и «Задачи ДЕ»).

Рассмотрим построения каждого состава обучающего курса по отдельности в пункте 2.2 «Обработка данных»:



Этап 2.2.1 Определение необходимости ДЕ для курса. Основанием для принятия решения служат параметры структуры курса.

Поддерево принятия решения о необходимости дидактической единицы для курса представлено на рисунке 6. В целях принятия решения о необходимости включения дидактической единицы в курс используются две гипотезы:

- 1) важность ДЕ для модуля;
- 2) важность ДЕ для курса.

Важной характеристикой принятия решения о ДЕ в составе курса является принадлежность ДЕ к «ядру курса». «Ядро курса» представляет собой набор дидактических единиц обязательных к освоению согласно стандартам образования. Состав такого курса представляет основу формирования ИОК для всех учеников.

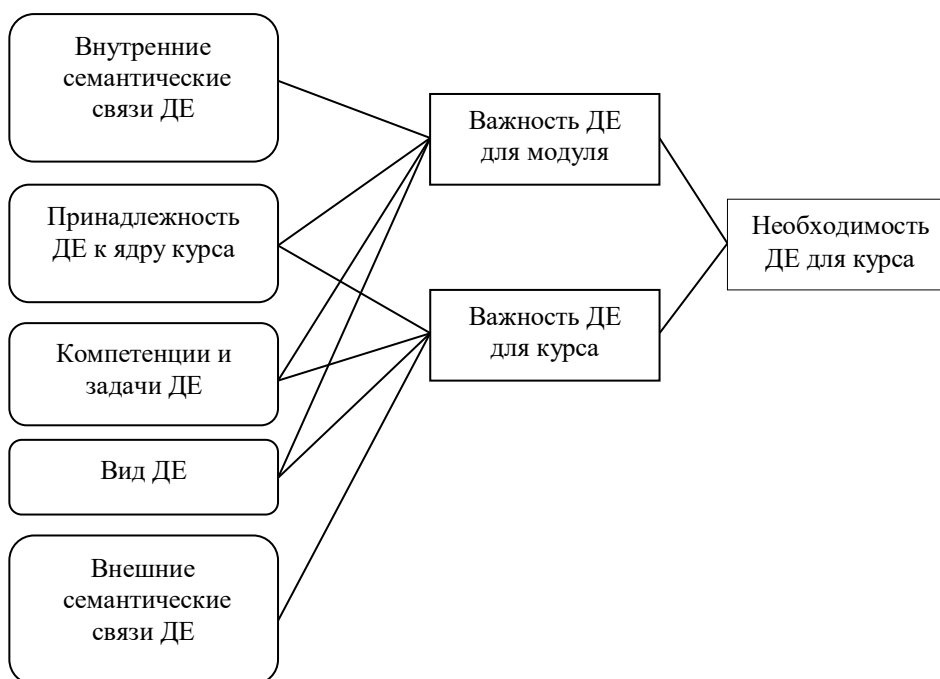


Рисунок 6 - Поддерево принятия решения о необходимости дидактической единицы в индивидуальном обучающем курсе

Учитывая, что принятие решения в фиксированный момент времени происходит для одной ДЕ, следует брать во внимание и модуль, в который входит данная ДЕ. Результат промежуточного решения определяется для каждой ДЕ, входящей в состав дисциплины. Входными данными для данного дерева являются следующие параметры:

1) *внутренние семантические связи ДЕ* – показатель силы семантической связности, текущей ДЕ с другими ДЕ внутри модуля.

Принимает значения:

- «Нет» - связи отсутствуют;
- «Мало» – существует одна связь с другой ДЕ внутри модуля;
- «Средне» – существует 2-3 связи с другими ДЕ внутри модуля;
- «Много» – существует 4 и более связей с другими ДЕ внутри модуля.

2) *принадлежность ДЕ к ядру курса* предполагает один из двух вариантов ответа:

- «Входит в «Ядро курса»» - наличие ДЕ в составе курса обязательно.

Характеристика ДЕ: «Глобальное ядро»;

– «Не входит в «Ядро курса»» - наличие ДЕ в составе курса не обязательно, по выбору. Характеристика ДЕ: «Локальное ядро» и «Не принадлежит ядру».

3) *компетенции и задачи ДЕ* – суммарный параметр модели ученика относительно текущей дисциплины. Может принимать значения:

- «Мало» - от 0 до 2 единиц компетенций и задач;
- «Средне» - 3-4 единицы компетенций и задач;
- «Много» - более 5 единиц компетенций и задач.

4) *вид ДЕ* – параметр ДЕ, для которого определяется решение. Может принимать значения:

- «Теория»;
- «Практика»;
- «Вводная часть»;
- «Справочная часть».

Для определения целевого решения данного поддерева проверяются две гипотезы:

- 1) *важность ДЕ для модуля* может принимать следующие значения:
  - «Исключительно важна»;
  - «Достаточно важна»;
  - «Не существенна».
- 2) *важность ДЕ для курса* может принимать следующие значения:
  - «Исключительно важна»;
  - «Достаточно важна»;
  - «Не существенна».

Целевым решением является решение о необходимости ДЕ в составе курса.

- 1) «*Необходимость ДЕ для курса*» может принимать следующие значения:
  - «Исключительно важна»;
  - «Достаточно важна»;
  - «Не существенна».

Для принятия решений используется коллекция логических правил. Представим часть из них (случайные десять) в таблицах 2 и 3. Подробнее правила представлены в приложении А. Таблица 4 представлена в полном объеме.

Коэффициент доверия отражает уверенность в принятии решения, где 0 – не уверен, 0,5 – есть сомнения, а 1 – уверен полностью.

Нумерация ответов совпадает с нумерацией в таблицах 2, 3 и 4.

Таблица 2 - Коллекция логических правил для определения важности дидактической единицы для модуля

№	Внутренние семантические связи ДЕ	Принадлежность ДЕ к ядру курса	Вид ДЕ	Компетенции ДЕ	Важность ДЕ для модуля	Коэффициент доверия
...	...	...	...	...	...	...

60	1	2	1	3	2	1
61	1	2	2	1	3	1
62	1	2	2	1	3	1
63	1	2	2	1	2	0,8
64	1	2	2	1	2	0,9
65	1	2	2	2	3	1

Продолжение таблицы 2

66	1	2	2	2	2	0,8
67	1	2	2	2	2	0,9
68	1	2	2	2	2	0,9
69	1	2	2	3	2	0,9
...	...	...	...	...	...	...

Таблица 3 - Коллекция логических правил для определения важности дидактической единицы для курса

№	Принадлежность ДЕ к ядру курса	Вид ДЕ	Компетенции ДЕ	Внешние семантические связи ДЕ	Важность ДЕ для курса	Коэффициент доверия
...	...	...	...	...	...	...
250	2	1	3	2	2	0,9
251	2	1	3	3	2	0,9
252	2	1	3	4	2	1
253	2	2	1	1	3	1
254	2	2	1	2	3	1
255	2	2	1	3	2	0,8
256	2	2	1	4	2	0,9
257	2	2	2	1	3	1
258	2	2	2	2	3	1
259	2	2	2	3	2	0,8
...	...	...	...	...	...	...

Таблица 4 - Коллекция логических правил для определения необходимости дидактической единицы для курса

№	Важность ДЕ для модуля	Важность ДЕ для курса	Необходимость ДЕ для курса	Коэффициент доверия
1	1	1	1	1
2	1	2	2	1
3	1	3	2	0,75
4	2	1	1	1
5	2	2	2	1
6	2	3	2	0,8
7	3	1	2	0,75
8	3	2	2	0,8
9	3	3	3	1

Этап 2.2.2 Определение важности курса для ученика и уровня требований учителя. Основанием для принятия решения служит модель ученика.

Поддерево принятия решения о важности курса для ученика и уровне требований учителя представлено на рисунке 7. В целях определения уровня требований учителя и важности курса для ученика, с точки зрения системы, используются три гипотезы:

- 1) адекватность оценки важности курса учеником;
- 2) сложность курса;
- 3) настрой ученика.

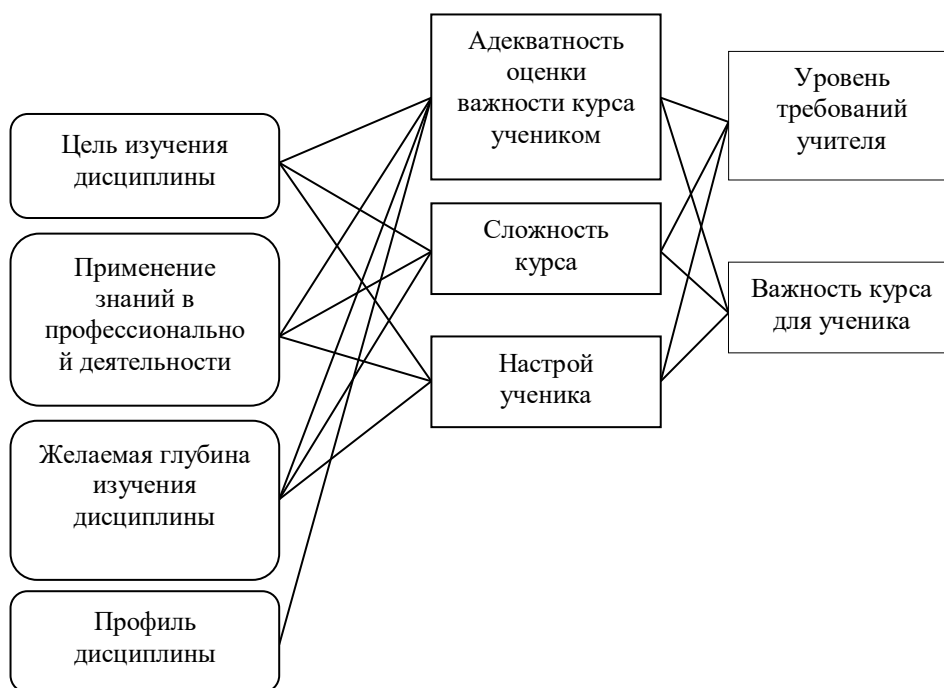


Рисунок 7 - Поддерево принятия решения о важности курса для ученика и уровне требований учителя

Входными данными для данного дерева являются следующие параметры:

1) *цель изучения дисциплины* – параметр модели ученика относительно текущей дисциплины. Предполагает один из трех вариантов ответов:

- «Желание ученика»;

- «Внешнее требование: работа»;
- «Внешнее требование: обучение».

Перечень ответов пункта «Цель изучения дисциплины» второго блока анкеты ученика подвергается упрощению: цели № 1, 2, 5 и 7 относятся к «Желанию ученика», цель № 3 – «Внешнее требование: работа», цели № 4 и 6 – «Внешнее требование: обучение».

2) *применение знаний в профессиональной деятельности* – параметр модели ученика относительно текущей дисциплины. Может принимать значение:

- «Обязательно»;
- «Возможно, да»;
- «Скорее всего, нет»

3) *желаемая глубина изучения дисциплины* может принимать следующие значения:

- «Ознакомительный (обзор)»;
- «Теоретический курс»;
- «Практический курс»;
- «Базовый курс (теория и практика)»;
- «Углубленное изучение (специализация или преподавание)».

4) *профиль дисциплины* может принимать следующие значения:

- «Совпадение»;
- «Несовпадение».

Формируется сравнением и анализом логики ответов в блоках: «Цель изучения дисциплины», «Применение знаний в профессиональной деятельности», «Желаемая глубина изучения дисциплины».

Для определения целевого решения данного поддерева проверяются три гипотезы:

1) *адекватность оценки важности курса учеником* может принимать следующие значения:

- «Высокая»;

- «Средняя»;
- «Низкая».

Формируется сравнением семантических связей между ответами во входных данных: «Применение в профессиональной деятельности», «Желаемая глубина изучения дисциплины», «Профиль дисциплины».

2) *сложность курса* может принимать следующие значения:

- «Сложность 1» – уровень сложности, соответствующий ознакомительному курсу;
- «Сложность 2» – уровень сложности, соответствующий базовому курсу;
- «Сложность 3» – уровень сложности, соответствующий углубленному курсу.

3) *настрой ученика* может принимать следующие значения:

- «Усиленная работа»;
- «Без особого энтузиазма»;
- «Исключительно формально»;
- «Затруднился ответить».

Целевыми решениями данного поддерева являются решения об уровне требований учителя и важности курса для ученика.

1) «*Уровень требований учителя* - характеристика, позволяющая определить уровень контроля для обучающего курса:

- «Понижен» - уровень содержит 2 экзаменационные ДЕ, 6 зачетных ДЕ и 19 дидактических единиц, не требующих контроля;
- «Стандартный» - уровень включает 7 экзаменационных дидактических единиц, 14 зачетных ДЕ и 6 ДЕ, которым не требуется контроль;
- «Повышен» - уровень содержит 11 экзаменационных дидактических единиц, 12 зачетных ДЕ и 4 ДЕ, не требующие контроля.

2) «*Важность курса для ученика*» может принимать следующие значения:

- «Исключительно важен»;
- «Достаточно важен»;

– «Не существен».

Результаты промежуточных решений рассчитываются однократно и используются в дальнейшей работе. Данные сохраняются в модели ученика и доступны для дальнейшего использования моделями системы.

Для принятия решений используются коллекции логических правил. Представим часть из них (случайные десять) в таблицах 5-9. Подробнее правила представлены в приложении А.

Коэффициент доверия отражает уверенность в принятии решения, где 0 – не уверен, 0,5 – есть сомнения, а 1 – уверен полностью.

Нумерация ответов совпадает с нумерацией в таблицах 5-9.

Таблица 5 - Коллекция логических правил для определения адекватности оценки важности курса учеником

№	Цель изучения дисциплины	Применение знаний в профессиональной деятельности	Желаемая глубина изучения дисциплины	Профиль дисциплины	Адекватность оценки важности курса учеником	Коэффициент доверия
1	1	1	1	1	1	0,8
2	1	1	1	2	2	1
3	1	1	2	1	1	0,9
4	1	1	2	2	1	0,9
5	1	1	3	1	1	1
6	1	1	3	2	1	0,9
7	1	1	4	1	1	1
8	1	1	4	2	1	0,9
9	1	1	5	1	1	1
10	1	1	5	2	1	0,9
...	...	...	...	...	...	...

Таблица 6 - Коллекция логических правил для определения сложности курса

№	Цель изучения дисциплины	Применение знаний в профессиональной деятельности	Желаемая глубина изучения дисциплины	Профиль дисциплины	Сложность курса	Коэффициент доверия
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	1	0,8
3	1	1	2	1	2	1
4	1	1	2	2	2	0,8



5	1	1	3	1	2	1
---	---	---	---	---	---	---

Продолжение таблицы 6

6	1	1	3	2	2	0,8
7	1	1	4	1	2	1
8	1	1	4	2	2	0,8
9	1	1	5	1	3	1
10	1	1	5	2	3	0,8
...	...	...	...	...	...	...

Таблица 7 - Коллекция логических правил для определения настроения ученика

№	Цель изучения дисциплины	Применение знаний в профессиональной деятельности	Желаемая глубина изучения дисциплины	Профиль дисциплины	Настрой ученика	Коэффициент доверия
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	1	0,8
3	1	1	2	1	1	1
4	1	1	2	2	1	0,8
5	1	1	3	1	1	1
6	1	1	3	2	1	0,8
7	1	1	4	1	1	1
8	1	1	4	2	1	0,8
9	1	1	5	1	1	1
10	1	1	5	2	1	0,8
...	...	...	...	...	...	...

Таблица 8 - Коллекция логических правил для определения уровня требований учителя

№	Настрой ученика	Сложность курса	Адекватность оценки важности курса учеником	Уровень требования учителя	Коэффициент доверия
1	1	1	1	3	1
2	1	1	2	2	1
3	1	1	3	1	1
4	1	2	1	3	1
5	1	2	2	2	1
6	1	2	3	1	1
7	1	3	1	3	1
8	1	3	2	3	0,8
9	1	3	3	2	1
10	2	1	1	2	1
...	...	...	...	...	...

Таблица 9 - Коллекция логических правил для определения важности курса для ученика

№	Настрой ученика	Сложность курса	Адекватность оценки важности курса учеником	Важность курса для ученика	Коэффициент доверия
1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	0,9
3	1	1	3	3	1
4	1	2	1	1	1
5	1	2	2	2	0,9
6	1	2	3	3	1
7	1	3	1	1	1
8	1	3	2	2	0,9
9	1	3	3	3	1
10	2	1	1	2	1
...	...	...	...	...	...

#### Этап 2.2.3 Определение необходимости ДЕ для ученика.

Основанием для данного графа служит модель ученика и параметры структуры курса. Процедура отбора ДЕ в состав ученического ИОК предназначена для определения приоритетных компонент курса, которые важны или необходимы ему для освоения дисциплины. Данную процедуру отбора проходят все ДЕ курса, по которым ученик должен принять решение об изучении (варианты отметок: «Желаю», «Не желаю». Поддереву принятия решения о включении ДЕ в ИОК представлено на рисунке 8.

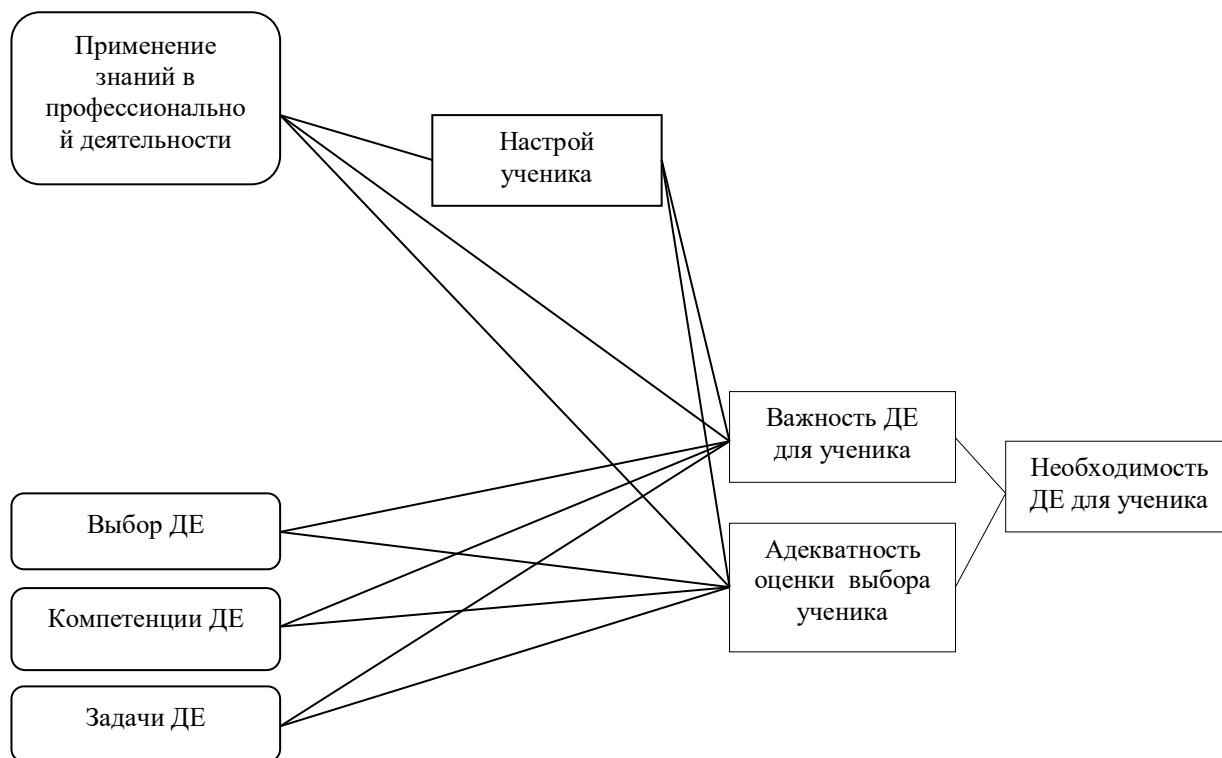


Рисунок 8 - Поддерево принятия решения о необходимости дидактической единицы для ученика

Поддерево принятия решения о необходимости ДЕ для ученика. Результат промежуточного решения определяется для каждой ДЕ, входящей в состав дисциплины. Входными данными для данного дерева являются следующие параметры:

1) *применение знаний в профессиональной деятельности* – параметр модели ученика относительно текущей дисциплины. Может принимать значение:

- «Обязательно»;
- «Возможно, да»;
- «Скорее всего, нет».

2) *выбор ДЕ* – параметр может принимать значение:

- «Желаю» - ученик изъявил желание изучать ДЕ;
- «Не желаю» - ученик изъявил нежелание изучать ДЕ.

Данный параметр применяется к каждой ДЕ в составе дисциплины.

- 3) *компетенции ДЕ* – параметр может принимать значение:
- «Высокий» (уровень с 4-5 компетенциями, развиваемыми при освоении этой ДЕ);
  - «Средний» (2-3 компетенции);
  - «Низкий» (1 компетенция);
  - «Нет».
- 4) *задачи ДЕ* - параметр может принимать значение:
- «Высокий» (уровень с 4-5 задачами, решаемыми при освоении этой ДЕ);
  - «Средний» (2-3 задачи);
  - «Низкий» (1 задача);
  - «Нет».
- 5) *настрой ученика* может принимать следующие значения:
- «Усиленная работа»;
  - «Без особого энтузиазма»;
  - «Исключительно формально»;
  - «Затруднился ответить».

Используется готовое значение, указанное в таблице 7.

Для определения целевого решения данного поддерева проверяются две гипотезы:

- 1) *важность ДЕ для ученика* может принимать следующие значения:
- «Высокая»;
  - «Средняя»;
  - «Низкая».
- 2) *адекватность оценки выбора ученика* может принимать следующие значения:
- «Подтверждается»;
  - «Частично подтверждается»;
  - «Не подтверждается».

Формируется сравнением семантических связей между ответами во входных данных: «Применение в профессиональной деятельности», «Желаемая глубина изучения дисциплины», «Профиль дисциплины».

Целевым решением данного поддерева является решение о необходимости ДЕ в составе курса для ученика.

1) «Необходимость ДЕ для ученика» может принимать следующие значения:

- «Исключительно важна»;
- «Достаточно важна»;
- «Не существенна».

Для принятия решений используются коллекции логических правил. Представим часть из них (случайные десять) в таблицах 10 и 11. Подробнее правила представлены в приложении А. Таблица 12 представлена в полном объеме.

*Коэффициент доверия* отражает уверенность в принятии решения, где 0 – не уверен, 0,5 – есть сомнения, а 1 – уверен полностью.

Нумерация ответов совпадает с нумерацией в таблицах.

Таблица 10- Коллекция логических правил для определения важности дидактической единицы для ученика

№	Применение курса	Выбор ДЕ	Выбор компетенций	Выбор задач	Настройка ученика	Важность ДЕ для ученика	Коэффициент доверия
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	1	0,8
3	1	1	1	1	3	1	0,7
4	1	1	1	1	4	2	1
5	1	1	1	2	1	1	1
6	1	1	1	2	2	1	0,8
7	1	1	1	2	3	1	0,7
8	1	1	1	2	4	2	1
9	1	1	1	3	1	1	0,9
10	1	1	1	3	2	1	0,7
...	...	...	...	...	...	...	...

Таблица 11 - Коллекция логических правил для определения адекватности оценки выбора ученика

№	Применение курса	Выбор ДЕ	Выбор компетенций	Выбор задач	Настрой ученика	Адекватность оценки выбора ученика	Коэффициент доверия
...	...	...	...	...	...	...	...
40	1	1	3	2	4	3	1
41	1	1	3	3	1	1	0,8
42	1	1	3	3	2	1	0,7
43	1	1	3	3	3	2	1
44	1	1	3	3	4	3	1
45	1	1	3	4	1	1	0,8
46	1	1	3	4	2	1	0,7
47	1	1	3	4	3	2	1
48	1	1	3	4	4	3	1
49	1	1	4	1	1	1	1
...	...	...	...	...	...	...	...

Таблица 12 - Коллекция логических правил для определения необходимости дидактической единицы для ученика

№	Важность ДЕ для ученика	Адекватность оценки выбора ученика	Необходимость ДЕ для ученика	Коэффициент доверия
1	1	1	1	1
2	1	2	2	1
3	1	3	2	0,75
4	2	1	2	1
5	2	2	2	0,8
6	2	3	2	0,7
7	3	1	3	1
8	3	2	3	0,8
9	3	3	3	0,7

Этап 2.3 Формирование состава курса моделью предметного тьютора.

На данном этапе происходит получение результатов расчетов модели ЭУК и синтезирование ИОК с точки зрения системы и ученика с целью формирования компромиссного варианта индивидуального обучающего курса. На принятие решения о включении или исключении ДЕ из состава будущего ИОК влияет «Важность курса для ученика». Данная характеристика рассчитывается однократно и сохраняется в модели ученика для дальнейшего

использования. «Уровень требований учителя» позволяет определить уровень контроля для каждой включенной ДЕ в состав курса. Поддерево формирования ИОК представлено на рисунке 9.

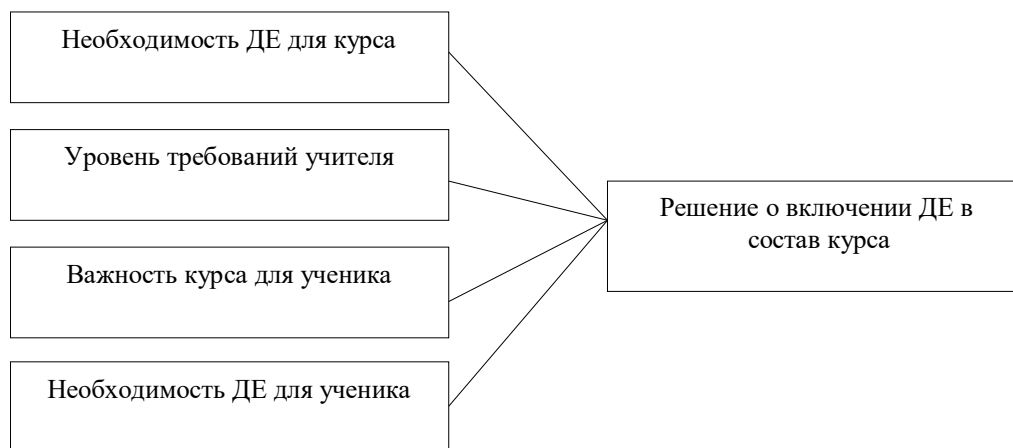


Рисунок 9 - Поддерево принятия решения о включении дидактической единицы в индивидуальный обучающий курс

Входными данными для этого решения являются следующие параметры:

1) «*Необходимость ДЕ для курса*» - может принимать значения «*Исключительно важна*», «*Достаточно важна*», «*Не существенна*».

Определяется для каждой ДЕ, процедура итерационна.

2) «*Важность курса для ученика*» - может принимать значения «*Исключительно важен*», «*Достаточно важен*», «*Не существенен*».

3) «*Уровень требований учителя*» - может принимать значения «*Понижен*», «*Стандартный*», «*Повышен*». Определяется для курса однократно.

4) «*Необходимость ДЕ для ученика*» - может принимать значения «*Исключительно важна*», «*Достаточно важна*», «*Не существенна*».

Определяется для каждой ДЕ, процедура итерационна.

Целевым решением является решение о включении ДЕ в состав будущего индивидуального обучающего курса. Совместная работа моделей системы над каждой из ДЕ позволяет модели предметного тьютора определить

компромиссный вариант и сформировать итоговый индивидуальный обучающий курс для ученика.

*Этап 3* Согласование состава индивидуального обучающего курса.

Ученику предъявляется состав индивидуального обучающего курса. По требованию ученика предоставляются пояснения по каждой дидактической единице о причинах включения её в состав индивидуального обучающего курса. При необходимости внесения изменений в состав курса ученику будет предложено обратиться к этапу 1 и сформировать ИОК повторно.

### **2.3 Методика принятия решений по рефлексивному управлению процессом формирования индивидуального обучающего курса**

В данной методике представлены правила для построения индивидуального обучающего курса в рамках электронного обучения. Одной из задач методики является индивидуализация процесса обучения с целью повышения эффективности освоения учебного материала за счет рефлексивного управления порядком значимости дидактического материала. Ниже приведены этапы методики:

*Этап 1. Анкетирование ученика.*

На первом этапе система предлагает ученику заполнить анкету (Приложение В) с целью выяснения параметров модели обучаемого и его цели работы с электронным обучающим курсом. Эти параметры вносятся в модель ученика и хранятся в ней в процессе обучения.

*Этап 2. Формирование индивидуального обучающего курса.*

На втором этапе происходит формирование индивидуального обучающего курса на основании принятия компромиссного решения по включению или исключению из курса каждой дидактической единицы в дисциплине. Для принятия решений используется дерево принятия решений (Рисунок 5).



Влияние на втором этапе оказывают модель учителя, модель методиста, модель ученика и модель предметного тьютора. Используется модель ЭУК.

#### *Этап 2.1 Предобработка данных.*

Данные первого поддерева принятия решений (рисунок 6) подвергаются предобработке для подачи в экспертную систему.

Относительного второго поддерева принятия решений (рисунок 7), данные частично проходят предобработку. Преобразованию подвергаются «Цель изучения курса» и «Профиль дисциплины». Данные «Применение знаний в профессиональной деятельности» и «Желаемая глубина изучения дисциплины» подаются в неизменном виде после анкетирования.

Третье поддерево принятия решений (рисунок 8) подает в экспертную систему исходные данные и использует предобработанные данные: «Компетенции ДЕ», «Задачи ДЕ», «Настрой ученика».

#### *Этап 2.2 Обработка данных.*

##### *Этап 2.2.1 Определение необходимости ДЕ для курса.*

Данные по каждой дидактической единице в составе дисциплины подаются в экспертную систему для их обработки и получения результата. Экспертная система использует поддерево принятия решений (рисунок 6), для определения необходимости включения в состав курса дидактической единицы. Ключевым фактором принятия решения о необходимости ДЕ является вхождение дидактической единицы в «ядро курса». Применяется экспертная система с коллекцией продукционных правил.

##### *Этап 2.2.2 Определение важности курса для ученика и уровня требований учителя.*

Данные для поддерева принятия решений (рисунок 7), обрабатываются однократно и предполагают их использование другими моделями системы. Модель учителя определяет уровень требований для дальнейшего определения контрольных единиц в курсе. На данном этапе методики применяется экспертная система с коллекцией правил.

##### *Этап 2.2.3 Определение необходимости ДЕ для ученика.*

Для определения необходимости ДЕ в составе курса с точки зрения ученика используется поддерево принятия решений (рисунок 8), и экспертная система с коллекцией продукционных правил.

### *Этап 2.3 Формирование состава курса моделью предметного тьютора.*

Задачей модели предметного тьютора на данном этапе является поиск компромиссного решения при формировании состава индивидуального обучающего курса на основании модели ЭУК и с учетом мнения модели методиста, модели ученика и модели учителя. Завершающий фрагмент дерева принятия решения изображен на рисунке 9.

### *Этап 3. Согласование индивидуального обучающего курса.*

Заключительным этапом является предъявление состава будущего ИОК ученику с целью согласования состава ДЕ курса. Каждая ДЕ в составе индивидуального обучающего курса отмечается вариантом контроля по окончании ее освоения. Данные формирует модель учителя исходя из результатов этапа 2.2.2. По требованию ученика предоставляются пояснения по каждой дидактической единице о причинах включения её в состав индивидуального обучающего курса. При необходимости внесения изменений в состав курса ученику будет предложено обратиться к этапу 1 и сформировать ИОК повторно.

## **2.4 Выводы по главе**

В процессе разработки методики синтеза индивидуального обучающего курса изучения дисциплины были получены следующие результаты:

1) сформулировано модельное обеспечение АОС, состоящее из модели ЭУК, модели методиста, модели учителя, модели ученика и модели предметного тьютора на основании рефлексивного управления и определены зоны ответственности для каждой модели системы;

2) определен порядок действий в процессе формирования индивидуального обучающего курса: сбор анкетных данных ученика,

предобработка данных анкеты и структуры учебного курса, обработка данных в экспертной системе на основании коллекций продукционных правил, обработка результатов на основе рефлексивного управления и формирование состава индивидуального обучающего курса, согласование состава курса с учеником;

3) сформирована методика принятия решений по рефлексивному управлению процессом формирования индивидуального обучающего курса, состоящая из 3 этапов: анкетирование ученика, формирование индивидуального обучающего курса, согласование состава ИОК с учеником.

Для подтверждения адекватности синтезированного курса изучения дисциплины, согласно разработанной методики, следует провести эксперимент с помощью программы, реализующей интеллектуальное принятие решения.

### **3 Экспериментальная отработка методики**

Для испытания разработанной методики и фиксации влияния индивидуальных обучающих курсов на студентов был разработан прототип обучающей системы, который проводил анкетирование и набор моделей экспертных систем в FLM\_Builder для формирования ИОК согласно предложенной методике.

В качестве экспериментального ЭУК выбран курс «Моделирование систем», который читается студентам первого курса магистратуры в Сибирском Федеральном Университете по программе 09.04.01.03 «Информационные системы космических аппаратов и центров управления полетами» межинститутской базовой кафедры «Прикладная физика и космические технологии». В эксперименте участвовала группа из 8 студентов.

#### **3.1 Описание условий эксперимента**

Учебный курс «Моделирование систем» состоит из 27 дидактических единиц, разделенных на 7 тем, сгруппированных в 3 учебных модуля. Число компетенций – 5 (таблица 14), число практических навыков – 5 (таблица 15). Полная структура курса представлена в Приложении Б.1.

Ядро учебного курса обозначает те дидактические единицы, в которых излагаются основы курса и без изучения которых курс теряет смысл. Дидактические единицы, относящиеся к глобальному ядру, включаются в состав любого учебного курса. Учебный материал, имеющий отметку локального ядра, включается в состав учебного курса в том случае, если соответствующий модуль/тема включается в учебный курс.

В модуль №1 «Общие сведения о моделировании» входят две темы.

Тема №1 «Моделирование и имитация» является вводной и содержит 4 дидактических единицы, две из которых входят в ядро курса. Дидактическая единица, включенная в глобальное ядро, будет входить в состав любого

индивидуального обучающего курса. Дидактическая единица, включенная в локальное ядро, будет входить в состав курса при других дополнительных параметрах.

Тема №2 «Аналитическое моделирование» содержит 5 дидактических единиц, 1 из которых входит в локальное ядро темы (будет входить в состав курса при других дополнительных параметрах). Тема №2 не содержит дидактических единиц, входящих в глобальное ядро курса.

В модуль №2 «Имитационное моделирование» входят 4 темы.

Тема №3 «Вероятностные модели» содержит 4 дидактические единицы, две из которых входят в глобальное ядро курса. Одна – в локальное ядро темы.

Тема №4 «Имитационное моделирование дискретных процессов» включает в себя 4 дидактические единицы. Три из них входят в глобальное ядро курса.

Тема №5 «Имитационное моделирование аналоговых процессов» содержит 5 дидактических единиц, одна из которых входит в глобальное ядро курса.

Тема №6 «Сетевые вероятностные модели» состоит из трёх дидактических единиц, одна из которых включена в локальное ядро.

Модуль №3 «Методические аспекты моделирования» содержит одну тему «Имитатор и обработка результатов моделирования» и 2 дидактических единицы, которые принадлежат глобальному ядру курса.

Таблица 13 – Параметры учебного курса «Моделирование систем»

Объём учебного курса	шт.	%
Дидактических единиц	27	100
Элементов глобального ядра курса	9	33,33
Элементов локального ядра курса	4	14,81
Практических работ	5	18,51
Прочие элементы	9	33,33

В модель ЭУК так же входят словари. В таблице 14 и таблице 15 приведены словари компетенций и задач соответственно.

Таблица 14 - Словарь компетенций

Идентификатор	Описание
1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий.
2	Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.
3	Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.
4	Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач.
5	Способен разрабатывать компоненты программно-аппаратных комплексов обработки информации и автоматизированного проектирования.

Таблица 15 – Словарь задач

Идентификатор	Описание
1	Исследование существующих систем
2	Оптимизация существующих систем
3	Предсказание поведения существующих систем
4	Обоснование параметров создаваемых систем
5	Формализация и оперирование неопределенностями

Для формирования индивидуального обучающего курса каждому студенту необходимо заполнить анкету. Полный перечень пунктов анкеты представлен в Приложении В. Анкета содержит 6 закрытых вопросов, к каждому из которых на выбор предлагается один или несколько вариантов ответа, и 1 открытый вопрос для указания своих персональных данных. Помимо принятия готовых ответов, анкета ставит своей целью проверить логичность сочетания ответов на вопросы № 2, 3 и 4. Некоторые ответы анкеты

предоставляются для расчетов экспертной системой в неизменном виде, некоторые подлежат дополнительной доработке.

### **3.2 Проведение эксперимента**

Рассмотрим апробацию методики формирования ИОК на базе учебного курса «Моделирование систем» в АОС с пользователем на примере группы, обучающейся по программе магистратуры 09.04.01.03 «Информационные системы космических аппаратов и центров управления полетами» в СФУ. Полная структура курса представлена в Приложении Б.1, основные параметры перечислены в таблице 13. На момент эксперимента в состав группы входило 8 человек. Студенты были проинструктированы касательно цели эксперимента и возможных действий. Время проведения эксперимента составило примерно 20 минут.

После вводной лекции каждому члену группы было предложено ответить на вопросы анкеты (Приложение В) в АОС. Анкета включает в себя 7 вопросов и направлена на выявление параметров для составления индивидуального учебного курса. Вопросы анкеты №2, №3 и №4 позволяют выяснить цели обучаемого и его настрой на обучение (по какой причине изучается данный учебный курс, глубина изучения курса, планирует ли обучаемый в дальнейшем использовать знания данной дисциплины в дальнейшей трудовой деятельности). Остальные вопросы направлены на определение предпочтений обучаемого (наиболее важные для обучаемого компетенции и задачи; наиболее интересные темы дисциплины).

Принимая во внимание пожелания испытуемых, которые были указаны в анкете, а также структуру учебного курса, автоматизированная обучающая система сформировала индивидуальный обучающий курс для каждого из них, после чего курс был предложен к согласованию.

Для примера рассмотрим апробацию методики формирования ИОК на трёх испытуемых.

Испытуемые при анкетировании указали следующую информацию, приведенную в таблице 16.

Таблица 16 – Анкетная информация об испытуемых №1, 2, 3

№	Вопрос	Испытуемый №1	Испытуемый №2	Испытуемый №3
1	Какова основная причина изучения Вами данной дисциплины?	Необходим, т.к. входит в цикл общеобразовательных дисциплин моей специальности	Интересно и входит в цикл специальных (профилирующих) дисциплин моей специальности	Необходим, т.к. входит в цикл общеобразовательных дисциплин моей специальности
2	Какую бы Вы предпочли глубину изучения дисциплины?	Базовый курс (теория и практика)	Базовый курс (теория и практика)	Практический курс
3	Планируете ли Вы использовать знания, полученные на этой дисциплине, в дальнейшей трудовой деятельности?	Скорее всего, нет	Возможно, да	Обязательно
4	Отметьте наиболее интересные или важные для Вас задачи, требующие знания подходов к моделированию систем.	Задача №1	Выбраны все элементы № 1-5	Задачи № 1-3
5	В процессе изучения дисциплины "Моделирование систем" какие из перечисленных компетенций для Вас более важны?	Компетенция №3	Компетенция №5	Компетенции № 1,2,3,5
6	Отметьте наиболее интересные или важные для Вас темы дисциплины "Моделирование систем".	Выбран элемент №3	Выбраны все элементы № 1-22	Выбраны элементы №: 1, 4, 5, 6, 7, 12, 13, 14, 19, 20.

На этапе обработки данных и подаче их в экспертную систему были получены следующие результаты.

1 Моделью методиста был определен состав исходного курса для дисциплины «Моделирование систем». Таблица о необходимости дидактической единицы в составе курса представлена в Приложении Г. В него



вошли 23 дидактические единицы с номерами: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 24, 25, 26, 27. В состав курса априорно включены 5 дидактических единиц вида «практика». Данный курс отвечает требованиям ФГОС. Курс является «Базовым курсом» и он будет взят за основу для построения любого индивидуального обучающего курса.

2 Моделью учителя были определен «Уровень требований учителя» для каждого испытуемого. У всех испытуемых «Уровень требований учителя» соответствует параметру «Стандартный». Полный перечень дидактических единиц с априорным уровнем контроля для каждого из трёх уровней сложности представлен в Приложении Б.2. «Важность курса для ученика» определена как «Достаточно важен» или «Исключительно важен» с разными коэффициентами уверенности. Параметр «Настрой ученика» так же был определен на данном этапе. Результаты отображены в таблице 17.

Таблица 17 – Уровень требований учителя к индивидуальному обучающему курсу

№	Список испытуемых	Уровень требований учителя	Важность курса для ученика	Настрой ученика
1	Испытуемый №1	Стандартный (0,8)	Достаточно важен (0,8)	Без энтузиазма (1)
2	Испытуемый №2	Стандартный (1)	Исключительно важен (1)	Усиленная работа (1)
3	Испытуемый №3	Стандартный (1)	Достаточно важен (0,9)	Усиленная работа (0,8)

3 Исходя из перечня ДЕ, отмеченных к изучению студентами, был сформирован список из 22 дидактических единиц (5 практических единиц не включены в состав анкеты и включены в состав индивидуального обучающего курса, согласно выбранной цели) без учета принадлежности к «ядру курса» для каждого испытуемого с уровнем важности ДЕ и коэффициентами уверенности решений.

Для испытуемого №1 желаемой является ДЕ №3, результат работы экспертной системы определил для неё решение «Достаточно важна» с коэффициентом вероятности «0,8». Дидактические единицы, не выбранные испытуемым к освоению, имеют решения «Достаточно важна» с

коэффициентом уверенности ниже «0,7» или «Не существенна» с коэффициентом вероятности «0,8».

Для испытуемого №2 желаемыми к освоению являются все ДЕ в составе дисциплины. Дидактические единицы имеют решения «Исключительно важна» и «Достаточно важна» с коэффициентом уверенности «0,75-1».

Испытуемый №3 отметил желаемые ДЕ № 1, 4, 5, 6, 7, 14, 15, 16, 23 и 24. Решение для них было определено как «Исключительно важна» или «Достаточно важна» с коэффициентами уверенности «0,8-1». Дидактические единицы, которые испытуемый не пожелал изучать, имеют решение «Достаточно важна» и «Не существенна» с коэффициентом уверенности ниже «0,75».

Результаты приведены в таблице 18.

Таблица 18 - Необходимость включения дидактических единиц в состав курса с точки зрения модели ученика

№ ДЕ	Испытуемый №1	Испытуемый №2	Испытуемый №3
1	Достаточно важна (0,75)	Достаточно важна (0,75)	Достаточно важна (0,8)
2	Не существенна (0,8)	Достаточно важна (0,75)	Не существенна (1)
3	Достаточно важна (0,8)	Достаточно важна (0,75)	Не существенна (1)
4	Достаточно важна (0,7)	Исключительно важна (1)	Исключительно важна (1)
5	Достаточно важна (0,56)	Исключительно важна (0,7)	Достаточно важна (0,8)
6	Достаточно важна (0,56)	Достаточно важна (0,75)	Достаточно важна (0,8)
7	Достаточно важна (0,7)	Исключительно важна (0,7)	Достаточно важна (0,8)
8	Достаточно важна (0,56)	Исключительно важна (0,7)	Достаточно важна (0,64)
10	Не существенна (0,8)	Достаточно важна (0,75)	Не существенна (1)
11	Не существенна (0,8)	Достаточно важна (0,75)	Не существенна (1)
12	Достаточно важна (0,7)	Исключительно важна (0,8)	Достаточно важна (0,7)
14	Достаточно важна (0,64)	Достаточно важна (0,75)	Достаточно важна (1)
15	Достаточно важна (0,7)	Исключительно важна (0,7)	Исключительно важна (0,8)
16	Достаточно важна (0,7)	Исключительно важна (1)	Исключительно важна (1)
18	Достаточно важна (0,7)	Исключительно важна (0,7)	Достаточно важна (0,7)
19	Достаточно важна (0,7)	Исключительно важна (0,7)	Достаточно важна (0,7)
20	Достаточно важна (0,7)	Исключительно важна (0,7)	Достаточно важна (0,7)
21	Достаточно важна (0,7)	Исключительно важна (0,7)	Достаточно важна (0,7)
23	Достаточно важна (0,56)	Исключительно важна (0,7)	Достаточно важна (0,8)
24	Достаточно важна (0,7)	Исключительно важна (1)	Исключительно важна (1)
26	Достаточно важна (0,7)	Исключительно важна (1)	Достаточно важна (0,6)
27	Достаточно важна (0,7)	Исключительно важна (0,8)	Достаточно важна (0,7)

4 Моделью предметного тьютора был сформирован итоговый индивидуальный обучающий курс для каждого из испытуемых с учетом мнений остальных моделей системы и параметров дисциплины. Результаты отображены в таблице 19.

Таблица 19 – Состав индивидуального обучающего курса с априорным уровнем контроля дидактических единиц

№ ДЕ	Курс Испытуемого №1	Курс Испытуемого №2	Курс Испытуемого №3	Априорный уровень контроля
1	+	+	+	Без контроля
2	+	+	+	Зачет
3	+	+	+	Экзамен
4		+	+	Без контроля
5	+	+	+	Зачет
6	+	+	+	Зачет
7	+	+	+	Без контроля
8		+		Без контроля
9	+	+	+	Зачет
10	+	+	+	Экзамен
11	+	+	+	Экзамен
12	+	+	+	Экзамен
13	+	+	+	Зачет
14	+	+	+	Зачет
15	+	+	+	Экзамен
16	+	+	+	Экзамен
17	+	+	+	Зачет
18	+	+	+	Зачет
19	+	+	+	Зачет
20		+		Зачет
21		+		Зачет
22	+	+	+	Зачет
23		+	+	Без контроля
24	+	+	+	Экзамен
25	+	+	+	Зачет
26	+	+	+	Зачет
27	+	+	+	Зачет
Итого:	22	27	24	

В результате проведения эксперимента испытуемые отметили, что ими был получен индивидуальный обучающий курс по дисциплине «Моделирование систем», представляющий для них больший интерес, нежели стандартный, поскольку учебный курс был сформирован с учетом их личных

предпочтений, из курса были исключены дидактические единицы, которые не представляли интереса для испытуемых. Аналогичным образом эксперимент был проведен для остальных испытуемых с использованием методики формирования ИОК из раздела 2.3.

Проведем анализ результатов эксперимента и подведем итоги.

### **3.3 Анализ результатов**

По завершению эксперимента были собраны модели студентов и их модели ЭУК. Исходя из данных моделей, всех учеников можно разделить на 3 класса:

– незаинтересованный в обучении ученик – ученик, который выражает низкий уровень настроения на обучение и не отмечает почти никакие компоненты курса.

– средне мотивированный ученик – ученик, который проявляет интерес к дисциплине. Отмечено до трети всех компонент курса и имеется достаточная степень важности в изучении дисциплины.

– мотивированный ученик – активный ученик, отмечает значительную часть компонент курса и выражает высокий уровень настроения на освоение дисциплины.

Для оценки динамики объема изучения состава ИОК, сформированного моделью методиста, был определен состав курса «Базовый курс» и оценен его объем изучения по уровню контроля ДЕ (Приложение Д). Компонентам контроля был присвоен вес: «Без контроля» - 0,25, «Зачет» - 0,5, «Экзамен» - 1. Вес измерялся в условных единицах (у.е.). Сравнение объема изучения ИОК испытуемых позволило сделать следующие выводы:

1 Объем изучения состава ИОК первого кластера испытуемых увеличилась, относительно объема изучения состава «Базового курса», определенного методистом. Участников кластера характеризует указание личного желания к изучению дисциплины, настрой «Усиленная работа» или

планы применения полученных знаний категории «Обязательно», выбор всех или до половины компонент курса к освоению. В данную группу попали 4 студента из восьми.

2 Объем изучения состава ИОК второго кластера не изменилась относительно «Базового курса». Их объединяет настрой «Усиленная работа», планы применять знания в дальнейшей трудовой деятельности категории «Возможно, да», выбор менее половины ДЕ для изучения. В составе кластера три из восьми студентов.

3 Объем изучения состава ИОК третьего кластера снизилась относительно объема изучения состава «Базового курса». На данное решение повлиял выбор наименьшего количества ДЕ, целью изучения выбрана необходимость изучения курса, а также сомнения в использовании полученных знаний в дальнейшей трудовой деятельности. В данной группе находится один студент.

В качестве иллюстрации, приведём пример изменения оценки объема изучения состава курса в дисциплине «Моделирование систем» по величине объема изучения (ось ординат, у.е.) для трёх студентов: студент с низкой мотивацией на рисунке 10, студент с высокой мотивацией на рисунке 11, студент со средней мотивацией на рисунке 12 и сравним параметр оценки объема изучения состава ИОК среди всех участников эксперимента на рисунке 13.

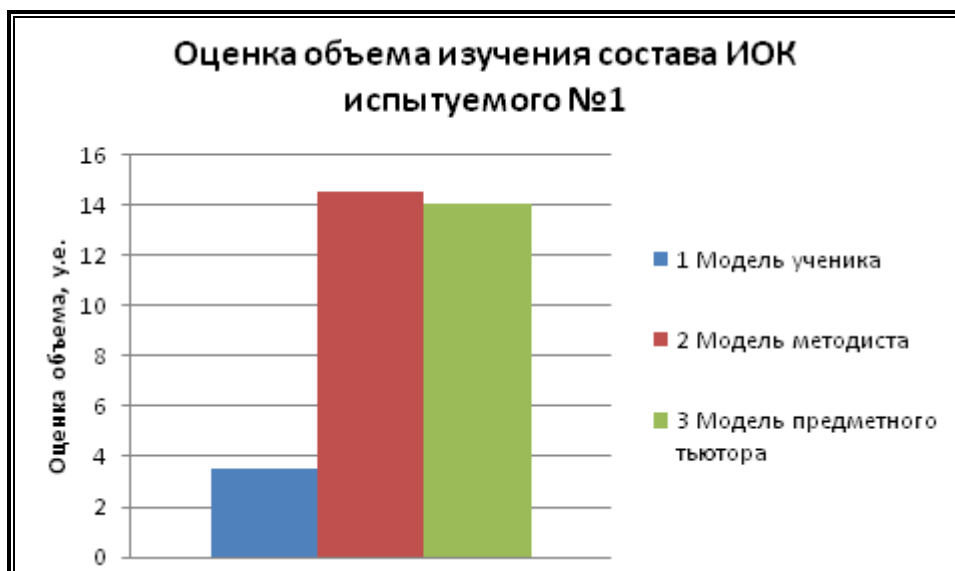


Рисунок 10 – Динамика оценки объема изучения состава индивидуального обучающего курса испытуемого №1

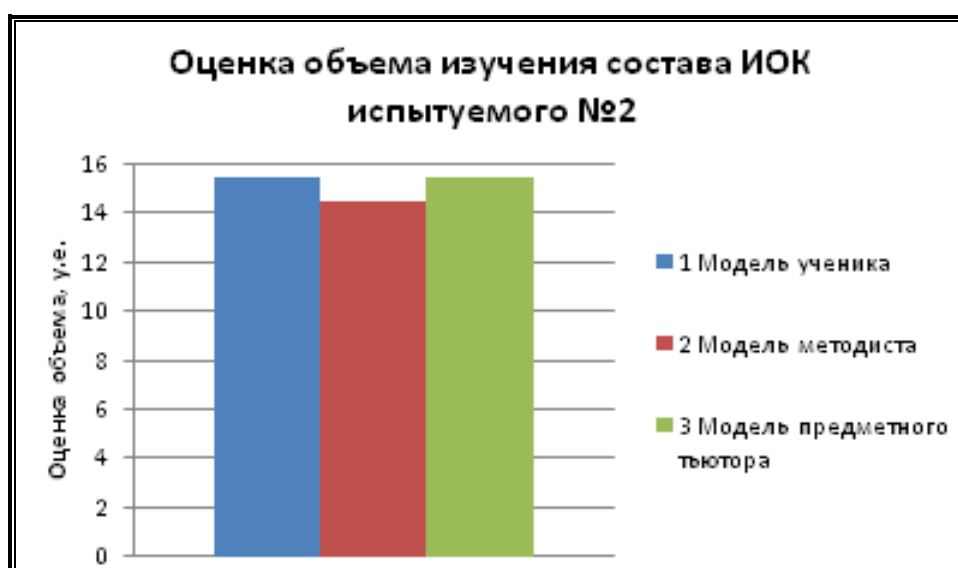


Рисунок 11 – Динамика оценки объема изучения состава индивидуального обучающего курса испытуемого №2

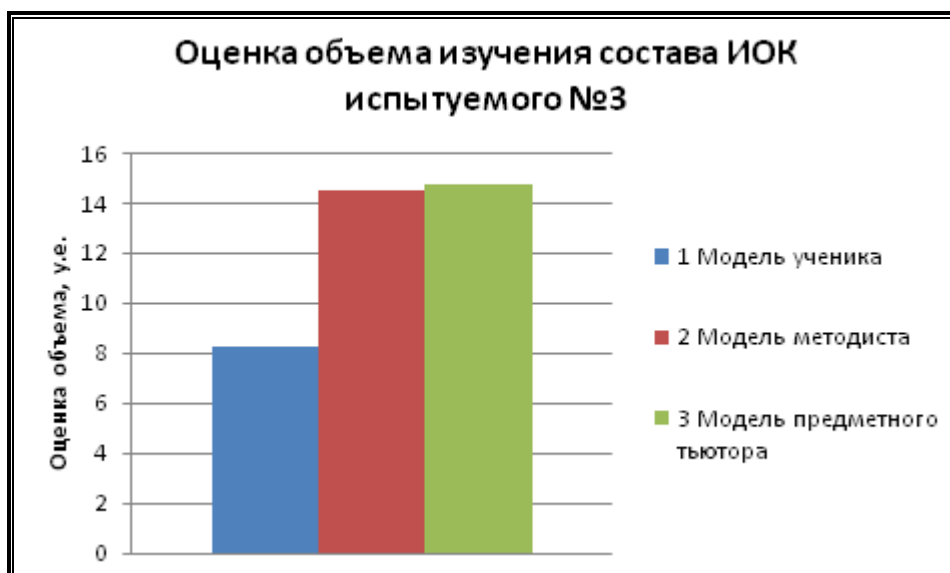


Рисунок 12 – Динамика оценки объема изучения состава индивидуального обучающего курса испытуемого №3

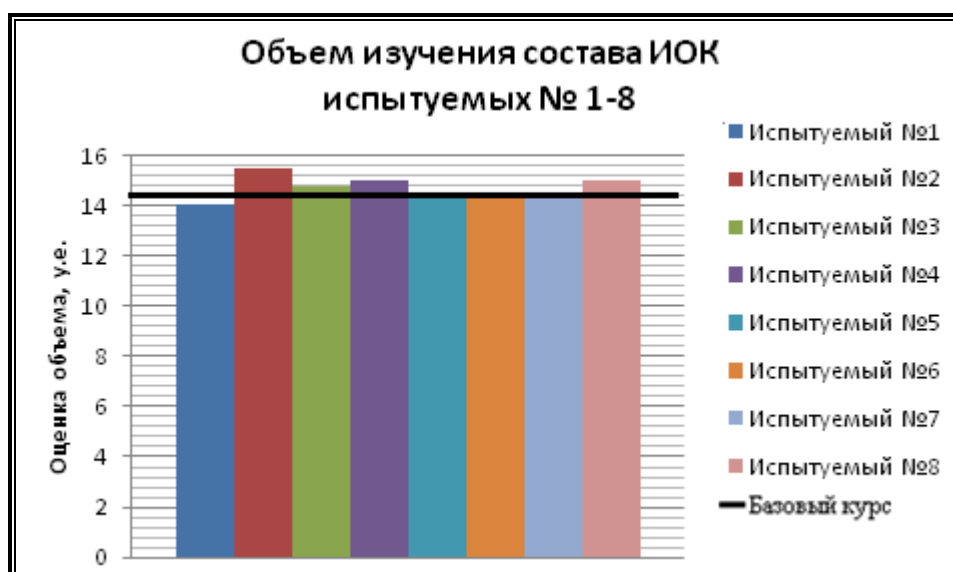


Рисунок 13 – Характеристика оценки объема изучения состава индивидуальных обучающих курсов испытуемых

Оценка объема изучения состава «Базового курса», формирующаяся из среднего показателя параметра «априорная сложность ДЕ», соответствует показателю 14,5 у.е. Анализ оценки объема изучения состава полученных ИОК

имеет следующую дифференциацию:

- 50% магистрантов получили повышение объема оценки на разное количество в диапазоне от 14,75 до 15,5 у.е.;

- у 37,5% участников эксперимента показатель оценки объема изучения не отличается от исходного показателя;

- оставшиеся 12,5 % испытуемых получили понижение оценки объема изучения состава ИОК на 0,5 у.е., в связи с указанием цели обучения с умеренным уровнем мотивации и наименьшим выбором желаемых к изучению ДЕ [30].

Согласно анализу данных с точки зрения оценки объема изучения состава ИОК, можно утверждать, что половине магистрантов предстоит освоить ЭУК, повышенной оценки объема изучения состава курса, с «Базовым курсом» модели методиста, в то же время, учитывающими личные пожелания в плане состава ИОК. Повышение оценки объема состава ИОК у первого кластера студентов (4 магистранта) вызвано их личными целями и интересом к освоению всех компонент дисциплины. Понижение оценки объема изучения состава ИОК студента третьего кластера целесообразно с точки зрения его целевых параметров, однако состав курса отвечает требованиям ФГОС. Несмотря на настрой данного магистранта - «Без энтузиазма», можно говорить о повышении уровня мотивированности освоения курса за счет уменьшения количества дидактических единиц курса и, как следствие, уменьшения количества ДЕ, подверженных контролю.

Представим визуальное изменение состава ИОК в дисциплине «Моделирование систем» по числу ДЕ (ось ординат, шт.) и среднему показателю априорной сложности курса (ось абсцисс, от 0 % сложности до 100 % сложности) для трёх испытуемых: студент с низкой мотивацией, рисунок 14, студент со средней мотивацией, рисунок 15, студент с высокой мотивацией, рисунок 16.



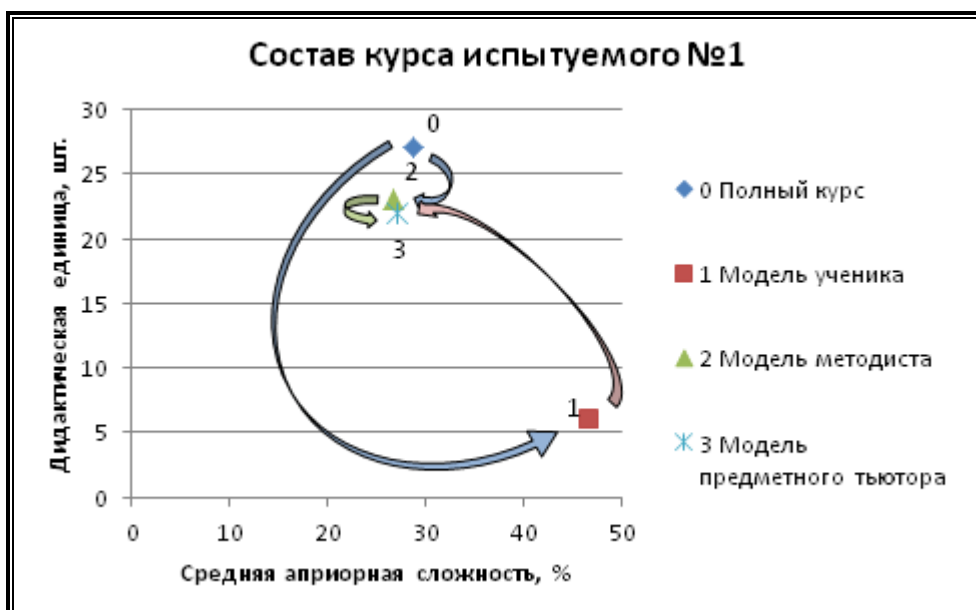


Рисунок 14 - Параметры индивидуального обучающего курса  
Испытуемого №1

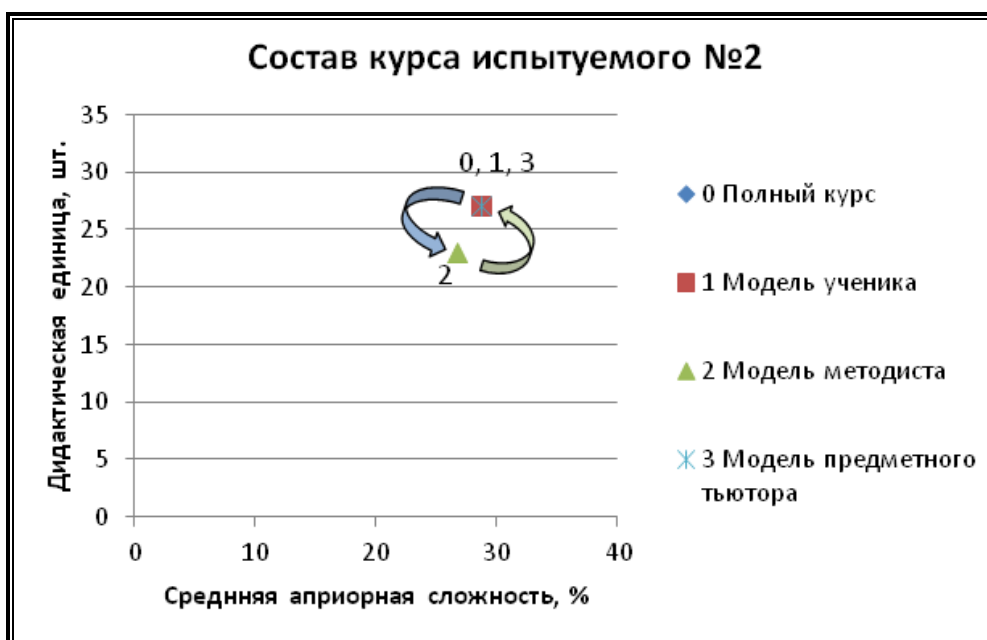


Рисунок 15 - Параметры индивидуального обучающего курса  
Испытуемого №2

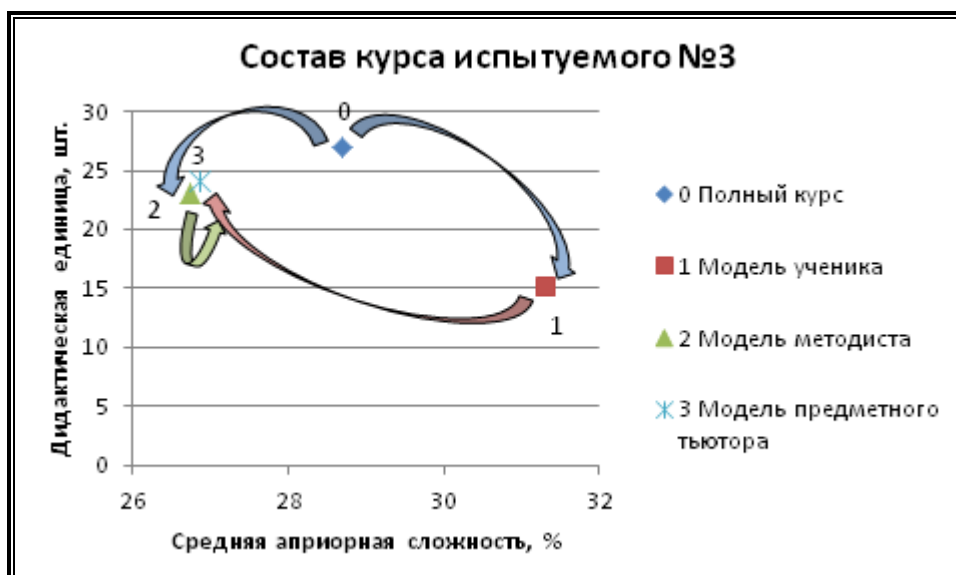


Рисунок 16 - Параметры индивидуального обучающего курса  
Испытуемого №3

Цифрами на рисунке обозначены: 0 – состояние учебной программы в начальной точке, 1 – программа с позиции модели ученика, 2 – программа с позиции модели методиста, 3 – компромиссный ИОК с позиции модели предметного тьютора. Из рисунков видно, что интеллектуальное ядро системы предлагает компромиссный вариант состава учебной программы, опираясь на индивидуальные цели ученика и на семантическую целостность курса. Особенно это ярко выражено в тех случаях, когда мотивация к обучению у студентов имеет низкий внутренний уровень.

«Базовый курс» включает в себя 23 ДЕ и обладает средним показателем 26,7 априорной сложности. Состав ИОК относительно «Базового курса» для 37,5% испытуемых не изменился и ещё у 25% испытуемых состав ИОК изменился незначительно в сторону увеличения состава ИОК, в то же время показатель средней априорной сложности курса отличается на показатель незначительно - от 0,2 до 0,5. Ещё 25% испытуемых получили ИОК сравнимый по составу дидактических единиц с углубленным курсом (испытуемые изъявили желание изучить все компоненты курса) и среднюю априорную

сложность равную 28,7-29. Оставшиеся 12,5% испытуемых получили состав ИОК несколько меньше состава «Базового курса» модели методиста с увеличением показателя трудоемкости до 27,04 за счет исключения незначительных, с точки зрения системы ДЕ, имеющих так же невысокий показатель сложности [30]. Прослеживается зависимость от количества выбранных к изучению ДЕ на этапе анкетирования: чем меньше выбрано желаемых ДЕ, тем более высокий показатель средней априорной сложности определяется в качестве оценки средней априорной сложности курса, сформированного моделью ученика.

100% опрошенных после эксперимента студентов положительно оценили участие в формировании собственных индивидуальных обучающих курсов. Демонстрация структуры предстоящего курса и индивидуальных особенностей в ИОК дисциплины, учитывающих выказанные желания студентов, повысили мотивацию и интерес учащихся. Преподаватель, составлявший данный ЭУК, в целом, согласен с итоговыми ИОК, так как в любой курс включены основные, семантически связанные, ДЕ курса, а полнота обучающего материала соответствует настрою и способностям учеников. При этом во всех ИОК выполнено требование минимального состава курса, и как следствие, можно говорить об успешно разработанной методике формирования ИОК, удовлетворяющей индивидуальным особенностям ученика и требованиям стандартов образования.

### **3.4 Выводы по главе**

Были сформированы условия проведения и проведен эксперимент с участием группы студентов магистратуры МБК «Прикладная физика и космические технологии» СФУ для апробации методики формирования ИОК. В качестве экспериментального ЭУК использовался курс «Моделирование систем», включающий 27 ДЕ. Был разработан прототип обучающей системы,

который проводил анкетирование и набор моделей экспертных систем в FLM\_Builder для формирования ИОК согласно предложенной методике.

Для каждого испытуемого был сформирован индивидуальный учебный курс, в котором учитывались пожелания самих испытуемых, при этом состав курса отвечал требованиям ФГОС. К тому же у испытуемых была возможность на этапе формирования индивидуального учебного курса получить пояснения относительно каждой дидактической единицы, входящей в учебный курс.

Анализ результатов эксперимента показал, что все студенты, принявшие участие в эксперименте, положительно оценили участие в формировании собственного индивидуального обучающего курса.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационное исследование было посвящено проблеме индивидуализации электронного обучающего курса в интеллектуальных автоматизированных обучающих системах. Цель диссертации была достигнута, а адекватность разработанной методики экспериментально подтверждена. В ходе работы были выполнены следующие задачи:

1) проведен анализ предметной области и выявлены недостатки в достижении индивидуализации среди существующих автоматизированных обучающих систем, выражающиеся в недостаточно полной реализации индивидуализации состава электронного обучающего курса относительно потребностей ученика, отсутствии механизма рефлексии в действиях АОС в процессе формирования индивидуального обучающего курса.

2) сформировано модельное обеспечение задачи индивидуализации обучающего курса в виде деревьев принятия решений, включающее модель ЭУК, модель учителя, модель методиста, модель ученика и модель предметного тьютора. Для каждой модели определены параметры и источники принятия решений.

3) разработана методика рефлексивного управления процессом формирования обучающего курса, использующая управление порядком значимости дидактического материала. Методика реализует поиск компромисса между моделями системы и опирается на базу знаний, содержащую 1860 продукционных правил.

4) проведен эксперимент с участием студентов первого курса магистратуры МБК «Прикладная физика и космические технологии» Сибирского федерального университета программы 09.04.01.03 «Информационные системы космических аппаратов и центров управления полетами» межинститутской базовой кафедры «Прикладная физика и космические технологии», который показал дифференциацию состава курса с учетом индивидуальных потребностей учащихся. Состав ИОК относительно

«Базового курса» для 37,5% испытуемых не изменился и ещё у 25% испытуемых состав ИОК изменился незначительно в сторону увеличения состава ИОК, в то же время показатель средней априорной сложности курса отличается на показатель незначительно - от 0,2 до 0,5. Ещё 25% испытуемых получили ИОК сравнимый по составу дидактических единиц с углубленным курсом (испытуемые изъявили желание изучить все компоненты курса) и среднюю априорную сложность равную 28,7-29. Оставшиеся 12,5% испытуемых получили состав ИОК несколько меньше состава «Базового курса» модели методиста с увеличением показателя трудоемкости до 27,04 за счет исключения незначительных, с точки зрения системы ДЕ, имеющих так же невысокий показатель сложности. Оценка объема изучения состава «Базового курса», формирующаяся из среднего показателя параметра «априорная сложность ДЕ», соответствует показателю 14,5 у.е. Анализ оценки объема изучения состава полученных ИОК имеет следующую дифференциацию: 50% магистрантов получили повышение объема оценки на разное количество в диапазоне от 14,75 до 15,5 у.е.; у 37,5% участников эксперимента показатель оценки объема изучения не отличается от исходного показателя, оставшиеся 12,5 % испытуемых получили понижение оценки объема изучения состава ИОК на 0,5 у.е., в связи с указанием цели обучения с умеренным уровнем мотивации и наименьшим выбором желаемых к изучению ДЕ [30].

Рефлексивное управление порядком значимости дидактического материала в автоматизированной обучающей системе должно повысить степень индивидуализации обучения, а также мотивированность обучения за счет того, что обучающая система апеллирует к целям ученика. В том числе, рефлексивное управление позволяет системе искать компромиссные решения между модельными составляющими системы.

Научная новизна: предложена новая методика на базе рефлексивного управления В.А. Лефевра для задач индивидуализации формирования индивидуального обучающего курса в АОС.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в

повышении индивидуализации электронного обучения студентов МБК «Прикладная физика и космические технологии» за счёт вовлечения их в процесс рефлексивного формирования состава индивидуальных обучающих курсов.

Дальнейшие исследования в направлении данной диссертационной работы могут быть направлены на:

- дополнение факторов, влияющих на индивидуализацию обучающего курса;
- использование входного тестирования для определения знаний ученика в области дисциплины и корректировке состава ИОК;
- совершенствование принципов формирования ИОК;
- проектирование эффективного программного модуля, позволяющего автоматизировать формирование ИОК по разработанной методике для применения в интеллектуальной АОС;

Применение методики в процессе обучения студентов СФУ позволит повысить качество образования выпускников и молодых специалистов АО «ИСС».

По результатам диссертационного исследования опубликованы две научные статьи [19, 29, 30].

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АОС – автоматизированная обучающая система;

АО – акционерное общество;

ДЕ – дидактическая единица;

ЗУН – знания, умения, навыки;

ИАОС – интеллектуальная автоматизированная обучающая система;

ИОК – индивидуальный обучающий курс;

МБК – Межинститутская базовая кафедра;

СФУ – Сибирский федеральный университет;

ФГОС – Федеральный государственный образовательный стандарт;

ЭУК – электронный учебный курс.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Голенков, В.В. Виртуальные кафедры и интеллектуальные обучающие системы / В.В. Голенков, В.В. Емельянов, В.Б. Тарасов // Новости искусственного интеллекта. – 2001. – № 4. – С. 3–13.

2 Углев, В.А. Устинов В.А. Добронев Б.С. Модель структурной адаптации электронных учебных курсов с помощью обучающего компьютерного тестирования / В.А. Углев, В.А. Устинов, Б.С. Добронев // Вестник НГУ. Серия Информационные технологии. - 2009. Т. 7. выпуск 2. - С. 74-87.

3 Гальперин, П.Я. Программированное обучение и задачи коренного усовершенствования методов обучения / П.Я. Гальперин // К теории программированного обучения. – Москва : Академия, 2003. – 312 с.

4 Талызина, Н.Ф. Теоретические проблемы программированного обучения / Н.Ф. Талызина. – Москва : Издательство Московского университета, 1969. – 132 с.

5 Беспалько, В. П. Программированное обучение. Дидактические основы. — Москва : Высшая школа, 1970. – 300 с.

6 Кривицкий, Б.Х. Обучающие компьютерные программы: психология разработки преподавателями обучающих курсов в АСО / Б.Х. Кривицкий // Educational Technology & Society. – №10 (3). – 2007. – С. 395-406

7 Лобанов, Ю.И. Брусиловский П.Л. Съедин В.В. Экспертно-обучающие системы / Ю.И. Лобанов, П.Л. Брусиловский, В.В. Съедин – Москва: НИИ ВШ, 1991. – 71 с.

8 Соловов, А.В. Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология / А.В. Соловов. – Самара : Новая техника, 2006. – 462 с.

9 Данилов, В. В. История создания автоматизированных обучающих систем / В.В. Данилов // В.В. Данилов. - Молодой ученый. — 2011. — №7. Т.2. — С. 94-98.

10 Углев, В.А. О специфике индивидуализации обучения в

автоматизированных обучающих системах / В.А. Углев // Философия образования. - Новосибирск : Издательство Сибирского отделения РАН. – 2010. – №2 (31). – С. 68-74.

11 Щедровицкий, П.Г. Очерки по философии образования (статьи и лекции) / П.Г. Щедровицкий . – Москва : Эксперимент, 1993. – 154 с.

12 Козырева, Т.В. Понятие рефлексии в истории философии /Т.В. Козырева // Вестник угроведения. – 2013. – №2 (12), – С. 75-85.

13 Бизяева, А.А. Психология думающего учителя: педагогическая рефлексия / А.А. Бизяева. - Псков : ПГПИ им.С.М.Кирова, 2004. – 216 с.

14 Лефевр, В.А. Лекции по теории рефлексивных игр /В.А. Лефевр. - Москва : Когито-Центр, 2009. – 218 с.

15 Артюшина, Л.А. Рефлексия как необходимый компонент автоматизированной обучающей системы: постановка проблемы / Л.А. Артюшина // Алгоритмы, методы и системы обработки данных: сборник научных статей. – Владимир : Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, 2009. - Вып. 14. - С. 12–19.

16 Углев, В.А. Базовая модель процессов рефлексии в интеллектуальных автоматизированных обучающих системах / В.А. Углев // Вестник ФГБОУВО «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского». - Омск : Омский государственный университет, 2018. - №1(45). – С. 111-121.

17 Лепский, В.Е. Рефлексивно-активные среды инновационного развития: учебник / В.Е. Лепский. – Москва : Когито-Центр, 2010. – 255 с.

18 Лепский, В.Е. Исходные посылки становления социогуманитарной эргономики саморазвивающихся рефлексивно-активных сред / В.Е. Лепский // Рефлексивные процессы и управление. Сборник материалов XII Международного научно-практического междисциплинарного симпозиума «Рефлексивные процессы и управление». – Москва : Когито-Центр, 2019. – С. 109-114.

19 Фоминых, Н.А. Имитация процесса рефлексии на различных этапах работы автоматизированной обучающей системы / Н.А. Фоминых //

Робототехника и искусственный интеллект: Материалы IX Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – Красноярск : Литера-принт, 2018. - С. 234-237.

20 Карпенко, А.П. Модельное обеспечение автоматизированных обучающих систем / А.П. Карпенко // Электронное научно-техническое издание «Наука и образование». - Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 07.07.2011. – 63 с.

21 Нехаев И.Н., Власов А.А. Интеллектуальная система адаптивного тестирования уровня усвоения знаний / И.Н. Нехаев, А.А. Власов // КИИ-2010. Двенадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием. Сборник трудов.- Москва : Физматлит, 2010. - Т.3. - С.257-263.

22 Воронов, Е.М. Методы оптимизации управления многообъектными многокритериальными системами на основе стабильно-эффективных игровых решений: Учебник для вузов.- Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 549 с.

23 Анохин, П.К. Узловые вопросы теории функциональных систем. – Москва : Наука, 1980. – 200 с.

24 Углев, В.А. Методика формирования индивидуальной учебной программы при программированном обучении / В.А. Углев // Электронное обучение в непрерывном образовании. - Ульяновск : Изд-во ФГБОУ ВПО Ульяновский государственный технический университет, 2016. - №1. - С. 414 - 421.

25 Сиговцев Г.С. Моделирование учебных ресурсов для e-learning / Г.С. Сиговцев, И.О. Семенов // Современные информационные технологии и ИТ-образование, - 2010. – С. 239-244.

26 Дудкина, М.В. Углев В.А. Методика синтеза структуры курса в интеллектуальных автоматизированных обучающих системах : дис. магистра / Дудкина Мария Владимировна. - Красноярск, 2018. – 80 с.

27 Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем: учеб. пособие / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.

28 Углев, В.А. Имитационное моделирование : учеб. пособие / В.А.Углев, В.А.Устинов ; Сиб. федер. ун-т, ХТИ –филиал СФУ. – Абакан : РИО ХТИ –филиала СФУ, 2011. –117 с.

29 Фоминых, Н.А. Реализация механизма рефлексивной индивидуализации состава электронного курса / Н.А.Фоминых // Сборник статей III Международной научно-практической конференции «Новые педагогические исследования». – Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение». – 2020. – С.38-44.

30 Фоминых, Н.А. Результаты эксперимента по индивидуализации состава электронного учебного курса «Моделирование систем» с использованием механизма рефлексии / Н.А. Фоминых // Робототехника и искусственный интеллект: Материалы XII Всероссийской научно-технической конференция с международным участием. – Красноярск : Литера-принт, 2020 (в печати).

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 Коллекция логических правил для определения важности дидактической единицы для модуля

№	Внутренние семантические связи ДЕ	Принадлежность ДЕ к ядру курса	Вид ДЕ	Компетенции ДЕ	Внешние семантические связи ДЕ	Важность ДЕ для модуля	Коэффициент доверия
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	1	1
3	1	1	1	1	3	1	1
4	1	1	1	1	4	1	1
5	1	1	1	2	1	1	1
6	1	1	1	2	2	1	1
7	1	1	1	2	3	1	1
8	1	1	1	2	4	1	1
9	1	1	1	3	1	1	1
10	1	1	1	3	2	1	1
11	1	1	1	3	3	1	1
12	1	1	1	3	4	1	1
13	1	1	2	1	1	1	1
14	1	1	2	1	2	1	1
15	1	1	2	1	3	1	1
16	1	1	2	1	4	1	1
17	1	1	2	2	1	1	1
18	1	1	2	2	2	1	1
19	1	1	2	2	3	1	1
20	1	1	2	2	4	1	1
21	1	1	2	3	1	1	1
22	1	1	2	3	2	1	1
23	1	1	2	3	3	1	1
24	1	1	2	3	4	1	1
25	1	1	3	1	1	1	1
26	1	1	3	1	2	1	1
27	1	1	3	1	3	1	1
28	1	1	3	1	4	1	1
29	1	1	3	2	1	1	1
30	1	1	3	2	2	1	1
31	1	1	3	2	3	1	1
32	1	1	3	2	4	1	1
33	1	1	3	3	1	1	1
34	1	1	3	3	2	1	1
...	...	...	...	...	...	...	...
384	4	2	4	3	4	2	1

Таблица А.2 Коллекция логических правил для определения важности дидактической единицы для курса

№	Внутренние семантические связи ДЕ	Принадлежность ДЕ к ядру курса	Вид ДЕ	Компетенции ДЕ	Внешние семантические связи ДЕ	Важность ДЕ для курса	Коэффициент доверия
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	1	1
3	1	1	1	1	3	1	1
4	1	1	1	1	4	1	1
5	1	1	1	2	1	1	1
6	1	1	1	2	2	1	1
7	1	1	1	2	3	1	1
8	1	1	1	2	4	1	1
9	1	1	1	3	1	1	1
10	1	1	1	3	2	1	1
11	1	1	1	3	3	1	1
12	1	1	1	3	4	1	1
13	1	1	2	1	1	1	1
14	1	1	2	1	2	1	1
15	1	1	2	1	3	1	1
16	1	1	2	1	4	1	1
17	1	1	2	2	1	1	1
18	1	1	2	2	2	1	1
19	1	1	2	2	3	1	1
20	1	1	2	2	4	1	1
21	1	1	2	3	1	1	1
22	1	1	2	3	2	1	1
23	1	1	2	3	3	1	1
24	1	1	2	3	4	1	1
25	1	1	3	1	1	1	1
26	1	1	3	1	2	1	1
27	1	1	3	1	3	1	1
28	1	1	3	1	4	1	1
29	1	1	3	2	1	1	1
30	1	1	3	2	2	1	1
31	1	1	3	2	3	1	1
32	1	1	3	2	4	1	1
33	1	1	3	3	1	1	1
34	1	1	3	3	2	1	1
...	...	...	...	...	...	...	...
384	4	2	4	3	4	2	0,9

Таблица А.3 Коллекция логических правил для определения сложности курса

№	Цель изучения дисциплины	Применение знаний в профессиональной деятельности	Желаемая глубина изучения дисциплины	Профиль дисциплины	Сложность курса	Коэффициент доверия
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	1	0,8
3	1	1	2	1	2	1
4	1	1	2	2	2	0,8
5	1	1	3	1	2	1
6	1	1	3	2	2	0,8
7	1	1	4	1	2	1
8	1	1	4	2	2	0,8
9	1	1	5	1	3	1
10	1	1	5	2	3	0,8
11	1	2	1	1	1	1
12	1	2	1	2	1	0,8
13	1	2	2	1	2	1
14	1	2	2	2	2	0,8
15	1	2	3	1	2	1
16	1	2	3	2	2	0,8
17	1	2	4	1	2	1
18	1	2	4	2	2	0,8
19	1	2	5	1	3	1
20	1	2	5	2	3	0,8
21	1	3	1	1	1	1
22	1	3	1	2	1	0,8
23	1	3	2	1	2	1
24	1	3	2	2	2	0,8
25	1	3	3	1	2	1
26	1	3	3	2	2	0,8
27	1	3	4	1	2	1
28	1	3	4	2	2	0,8
29	1	3	5	1	3	1
30	1	3	5	2	3	0,8
31	2	1	1	1	1	1
32	2	1	1	2	1	0,8
33	2	1	2	1	2	1
34	2	1	2	2	2	0,8
...	...	...	...	...	...	...
90	3	3	5	2	3	0,8

Таблица А.4 Коллекция логических правил для определения уровня требований учителя

№	Настрой ученика	Сложность курса	Адекватность оценки важности курса учеником	Уровень требования учителя	Коэффициент доверия
1	1	1	1	3	1
2	1	1	2	2	1
3	1	1	3	1	1
4	1	2	1	3	1
5	1	2	2	2	1
6	1	2	3	1	1
7	1	3	1	3	1
8	1	3	2	3	0,8
9	1	3	3	2	1
10	2	1	1	2	1
11	2	1	2	2	0,8
12	2	1	3	1	1
13	2	2	1	2	1
14	2	2	2	2	0,8
15	2	2	3	1	1
16	2	3	1	3	0,8
17	2	3	2	2	1
18	2	3	3	1	1
19	3	1	1	2	1
20	3	1	2	2	0,9
21	3	1	3	1	1
22	3	2	1	2	1
23	3	2	2	2	0,9
24	3	2	3	1	1
25	3	3	1	2	1
26	3	3	2	2	0,9
27	3	3	3	1	1
28	4	1	1	2	1
29	4	1	2	2	0,9
30	4	1	3	2	0,8
31	4	2	1	2	1
32	4	2	2	2	0,9
33	4	2	3	2	0,8
34	4	3	1	3	1
35	4	3	2	2	1
36	4	3	3	1	1



Таблица А.5 Коллекция логических правил для определения настроения ученика

№	Цель изучения дисциплины	Применение знаний в профессиональной деятельности	Желаемая глубина изучения дисциплины	Профиль дисциплины	Настрой ученика	Коэффициент доверия
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	1	0,8
3	1	1	2	1	1	1
4	1	1	2	2	1	0,8
5	1	1	3	1	1	1
6	1	1	3	2	1	0,8
7	1	1	4	1	1	1
8	1	1	4	2	1	0,8
9	1	1	5	1	1	1
10	1	1	5	2	1	0,8
11	1	2	1	1	1	1
12	1	2	1	2	1	0,8
13	1	2	2	1	1	1
14	1	2	2	2	1	0,8
15	1	2	3	1	1	1
16	1	2	3	2	1	0,8
17	1	2	4	1	1	1
18	1	2	4	2	1	0,8
19	1	2	5	1	1	1
20	1	2	5	2	1	0,8
21	1	3	1	1	2	1
22	1	3	1	2	2	0,8
23	1	3	2	1	2	1
24	1	3	2	2	2	0,8
25	1	3	3	1	2	1
26	1	3	3	2	2	0,8
27	1	3	4	1	2	1
28	1	3	4	2	2	0,8
29	1	3	5	1	2	1
30	1	3	5	2	2	0,8
31	2	1	1	1	3	1
32	2	1	1	2	3	0,8
33	2	1	2	1	2	1
34	2	1	2	2	2	0,8
...	...	...	...	...	...	...
90	3	3	5	2	2	0,8

Таблица А.6 Коллекция логических правил для определения важности курса для ученика

№	Настрой ученика	Сложность курса	Адекватность оценки важности курса учеником	Важность курса для ученика	Коэффициент доверия
1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	0,9
3	1	1	3	3	1
4	1	2	1	1	1
5	1	2	2	2	0,9
6	1	2	3	3	1
7	1	3	1	1	1
8	1	3	2	2	0,9
9	1	3	3	3	1
10	2	1	1	2	1
11	2	1	2	2	0,8
12	2	1	3	3	1
13	2	2	1	2	1
14	2	2	2	2	0,8
15	2	2	3	3	1
16	2	3	1	2	1
17	2	3	2	2	0,8
18	2	3	3	3	1
19	3	1	1	2	1
20	3	1	2	2	0,8
21	3	1	3	3	1
22	3	2	1	2	1
23	3	2	2	2	0,8
24	3	2	3	3	1
25	3	3	1	2	1
26	3	3	2	2	0,8
27	3	3	3	3	1
28	4	1	1	2	1
29	4	1	2	2	0,7
30	4	1	3	3	1
31	4	2	1	2	1
32	4	2	2	2	0,7
33	4	2	3	3	1
34	4	3	1	2	1
35	4	3	2	2	0,7
36	4	3	3	3	1

Таблица А.7 Коллекция логических правил для определения важности дидактической единицы для ученика

№	Применение курса	Выбор ДЕ	Выбор компетенций	Выбор задач	Настрой ученика	Важность ДЕ для ученика	Коэффициент доверия
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	1	0,8
3	1	1	1	1	3	1	0,7
4	1	1	1	1	4	2	1
5	1	1	1	2	1	1	1
6	1	1	1	2	2	1	0,8
7	1	1	1	2	3	1	0,7
8	1	1	1	2	4	2	1
9	1	1	1	3	1	1	0,9
10	1	1	1	3	2	1	0,7
11	1	1	1	3	3	2	1
12	1	1	1	3	4	2	0,7
13	1	1	1	4	1	1	0,8
14	1	1	1	4	2	1	0,7
15	1	1	1	4	3	2	1
16	1	1	1	4	4	2	0,7
17	1	1	2	1	1	1	1
18	1	1	2	1	2	1	0,8
19	1	1	2	1	3	2	1
20	1	1	2	1	4	2	0,8
21	1	1	2	2	1	1	1
22	1	1	2	2	2	2	0,8
23	1	1	2	2	3	1	0,7
24	1	1	2	2	4	2	1
25	1	1	2	3	1	1	0,8
26	1	1	2	3	2	1	0,7
27	1	1	2	3	3	2	1
28	1	1	2	3	4	2	0,7
29	1	1	2	4	1	1	0,7
30	1	1	2	4	2	2	1
31	1	1	2	4	3	2	0,8
32	1	1	2	4	4	2	0,7
33	1	1	3	1	1	1	0,8
34	1	1	3	1	2	1	0,7
...	...	...	...	...	...	...	...
384	3	2	4	4	4	3	1

Таблица А.8 Коллекция логических правил для определения адекватности оценки важности курса учеником

№	Цель изучения дисциплины	Применение знаний в профессиональной деятельности	Желаемая глубина изучения дисциплины	Профиль дисциплины	Адекватность оценки важности курса учеником	Коэффициент доверия
1	1	1	1	1	1	0,8
2	1	1	1	2	2	1
3	1	1	2	1	1	0,9
4	1	1	2	2	1	0,9
5	1	1	3	1	1	1
6	1	1	3	2	1	0,9
7	1	1	4	1	1	1
8	1	1	4	2	1	0,9
9	1	1	5	1	1	1
10	1	1	5	2	1	0,9
11	1	2	1	1	1	1
12	1	2	1	2	1	0,9
13	1	2	2	1	1	1
14	1	2	2	2	1	0,9
15	1	2	3	1	2	1
16	1	2	3	2	2	0,9
17	1	2	4	1	2	1
18	1	2	4	2	2	0,9
19	1	2	5	1	2	1
20	1	2	5	2	2	0,8
21	1	3	1	1	1	1
22	1	3	1	2	1	0,9
23	1	3	2	1	1	1
24	1	3	2	2	1	0,9
25	1	3	3	1	2	1
26	1	3	3	2	2	0,8
27	1	3	4	1	2	1
28	1	3	4	2	2	0,8
29	1	3	5	1	3	1
30	1	3	5	2	3	0,7
31	2	1	1	1	3	1
32	2	1	1	2	3	0,8
33	2	1	2	1	3	1
34	2	1	2	2	3	0,8
...	...	...	...	...	...	...
90	3	3	5	2	3	0,9

Таблица А.9 Коллекция логических правил для определения адекватности оценки выбора ученика

№	Применение курса	Выбор ДЕ	Выбор компетенций	Выбор задач	Настройка ученика	Адекватность оценки выбора ученика	Коэффициент доверия
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	1	0,8
3	1	1	1	1	3	2	1
4	1	1	1	1	4	3	1
5	1	1	1	2	1	1	1
6	1	1	1	2	2	1	0,8
7	1	1	1	2	3	2	1
8	1	1	1	2	4	3	1
9	1	1	1	3	1	1	1
10	1	1	1	3	2	1	0,8
11	1	1	1	3	3	2	1
12	1	1	1	3	4	3	1
13	1	1	1	4	1	1	1
14	1	1	1	4	2	1	0,8
15	1	1	1	4	3	2	1
16	1	1	1	4	4	3	1
17	1	1	2	1	1	1	1
18	1	1	2	1	2	1	0,8
19	1	1	2	1	3	2	1
20	1	1	2	1	4	3	1
21	1	1	2	2	1	1	1
22	1	1	2	2	2	1	0,8
23	1	1	2	2	3	2	1
24	1	1	2	2	4	3	1
25	1	1	2	3	1	1	1
26	1	1	2	3	2	1	0,8
27	1	1	2	3	3	2	1
28	1	1	2	3	4	3	1
29	1	1	2	4	1	1	1
30	1	1	2	4	2	1	0,8
31	1	1	2	4	3	2	1
32	1	1	2	4	4	3	1
33	1	1	3	1	1	1	1
34	1	1	3	1	2	1	0,8
...	...	...	...	...	...	...	...
384	3	2	4	4	4	3	1

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Структура учебного курса «Моделирование систем»

<b>Модуль 1. Общие сведения о моделировании</b>									
<b>Тема 1. Моделирование и имитация</b>									
ДЕ	№ ДЕ	Вид	Ядро	Объём	Априорная сложность (%)	Важность (%)	Компетенции	Задачи	Семантические связи ДЕ
Модель и моделирование. Классификация моделей.	1	вв	н	кратко	5	10	3		
Жизненный цикл модели.	2	т	л	кратко	5	20			1
Базовые понятия.	3	т	г	стандартно	20	60			1
Табличные модели.	4	т	н	стандартно	20	20	1, 3	1, 5	1, 3
<b>Тема 2. Аналитическое моделирование</b>									
Аналитические модели и их жизненный цикл	5	т	л	кратко	10	40	3	5	1
Модели слабосвязных процессов	6	т	н	стандартно	10	20	3		5
Модели связанных процессов	7	т	н	кратко	30	30	3	1, 3, 5	5, 6
Системные эффекты	8	т	н	кратко	10	10	3	3	5
Программирование дифференциальной модели	9	п	н	стандартно	70	40	1, 4, 5	3, 5	5, 7
<b>Модуль 2. Имитационное моделирование</b>									
<b>Тема 3. Вероятностные модели</b>									
Случайная величина и её характеристики	10	с	г	кратко	20	70			
Функция плотности и функция распределения	11	с	г	кратко	20	70			10
Построение дискретного закона	12	т	л	стандартно	25	85	1, 3, 4, 5	5	10, 11
Программирование обработки статистического ряда	13	п	н	кратко	40	60	1, 3, 4, 5	5	10, 11, 12
<b>Тема 4. Имитационное моделирование дискретных процессов</b>									
Имитация. Имитационные модели. Жизненный цикл.	14	т	г	кратко	5	20		1, 5	1
Метод Монте-Карло.	15	т	г	стандартно	15	90	2	3, 5	10
Генерация псевдослучайных дискретных величин	16	т	г	стандартно	20	100	1, 2, 3, 4, 5	3, 4, 5	10, 11, 15

Программирование имитации дискретной величины	17	п	н	стандартно	25	70	1, 2, 3, 4, 5	4, 5	10, 11, 15, 16
---	----	---	---	------------	----	----	---------------	------	----------------

Продолжение таблицы Б.1

ДЕ	№ Д Е	Вид	Ядро	Объём	Априорная сложность (%)	Важность (%)	Компетенции	Задачи	Семантические связи ДЕ
<b>Тема 5. Имитационное моделирование аналоговых процессов</b>									
Имитация аналоговых процессов методом Монте-Карло	18	т	г	кратко	15	50	3	4, 5	10, 11, 15
Типовые аналоговые законы и их имитация	19	т	н	кратко	30	50	3	1, 5	10, 11, 18
Приведение дискретного закона к аналоговому	20	т	н	кратко	60	25	3	4, 5	3, 11, 12
Критерий Колмогорова-Смирнова. Проверка на нормальность	21	т	н	кратко	60	25	3	4, 5	3, 11, 12
Программирование имитации аналогового закона	22	п	н	кратко	40	65	1, 2, 3, 4, 5	4, 5	15, 18, 19
<b>Тема 6. Сетевые вероятностные модели</b>									
Сетевые вероятностные модели	23	т	н	кратко	30	10	3	1	1, 10, 11
Системы массового обслуживания и их оптимизация	24	т	л	стандартно	65	75	1, 3	1, 2, 4, 5	1, 10, 11
Разработка системы массового обслуживания в GPSS World	25	п	н	стандартно	85	65	1, 3, 4, 5	5	15, 24
<b>Модуль 3. Методические аспекты моделирования</b>									
<b>Тема 7. Имитатор и обработка результатов моделирования</b>									
Планирование вычислительного эксперимента	26	т	г	стандартно	30	40	1, 3	3, 5	2, 10
Имитатор и его компоненты	27	т	г	стандартно	10	40	3, 4, 5	5	2, 3, 26



Таблица Б.2 – Априорный уровень контроля дидактических единиц

Содержание	№ Д Е	Вид ДЕ	Априорная сложность (%)	Важность (%)	Уровень требований учителя		
					Понижен	Стандартный	Повышен
Модель и моделирование. Классификация моделей	1	вв	5	10	Без контроля	Без контроля	Без контроля
Жизненный цикл модели	2	т	5	20	Без контроля	Зачет	Зачет
Базовые понятия	3	т	20	60	Зачет	Экзамен	Экзамен
Табличные модели	4	т	20	20	Без контроля	Зачет	Зачет
Аналитические модели и их жизненный цикл	5	т	10	40	Без контроля	Зачет	Экзамен
Модели слабосвязных процессов	6	т	10	20	Без контроля	Зачет	Зачет
Модели связанных процессов	7	т	30	30	Без контроля	Без контроля	Без контроля
Системные эффекты	8	т	10	10	Без контроля	Без контроля	Без контроля
Программирование дифференциальной модели	9	п	70	40	Без контроля	Зачет	Зачет
Случайная величина и её характеристики	10	с	20	70	Зачет	Экзамен	Экзамен
Функция плотности и функция распределения	11	с	20	70	Зачет	Экзамен	Экзамен
Построение дискретного закона	12	т	25	85	Зачет	Экзамен	Экзамен
Программирование обработки статистического ряда	13	п	40	60	Без контроля	Зачет	Зачет
Имитация. Имитационные модели (ИМ). Жизненный цикл ИМ	14	т	5	20	Без контроля	Зачет	Зачет
Метод Монте-Карло	15	т	15	90	Экзамен	Экзамен	Экзамен
Генерация псевдослучайных дискретных величин	16	т	20	100	Экзамен	Экзамен	Экзамен

Программирование имитации дискретной величины	17	п	25	70	Без контроля	Зачет	Зачет
---	----	---	----	----	--------------	-------	-------

Продолжение таблицы Б.2

Содержание	№ Д Е	Вид ДЕ	Априорная сложность (%)	Важность (%)	Уровень требований учителя		
					Понижен	Стандартный	Повышен
Имитация аналоговых процессов методом Монте-Карло	18	т	15	50	Без контроля	Зачет	Экзамен
Типовые аналоговые законы и их имитация	19	т	30	50	Зачет	Зачет	Экзамен
Приведение дискретного закона к аналоговому	20	т	60	25	Без контроля	Без контроля	Зачет
Критерий Колмогорова-Смирнова. Проверка на нормальность	21	т	60	25	Без контроля	Без контроля	Зачет
Программирование имитации аналогового закона	22	п	40	65	Без контроля	Зачет	Зачет
Сетевые вероятностные модели	23	т	30	10	Без контроля	Без контроля	Без контроля
Системы массового обслуживания и их оптимизация	24	т	65	75	Зачет	Экзамен	Экзамен
Разработка СМО в GPSS World	25	п	85	65	Без контроля	Зачет	Зачет
Планирование вычислительного эксперимента	26	т	30	40	Без контроля	Зачет	Зачет
Имитатор и его компоненты	27	т	10	40	Без контроля	Зачет	Экзамен
Всего «Без контроля»:					19	6	4
Всего «Зачет»:					6	14	12
Всего «Экзамен»:					2	7	11

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Анкета для формирования индивидуального обучающего курса.

Дисциплина «Моделирование систем»

№	Вопрос	Ответ
1	Фамилия И.О.	
2	Какова основная причина изучения Вами данной дисциплины?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Просто так (интересно);</li> <li>2. Хочу работать в этом направлении (профилирование или переквалификация);</li> <li>3. Требование работодателя для работы в соответствующем направлении;</li> <li>4. Необходим, т.к. входит в цикл общеобразовательных дисциплин моей специальности;</li> <li>5. Интересно и входит в цикл общеобразовательных дисциплин моей специальности;</li> <li>6. Необходим, т.к. входит в цикл специальных (профилирующих) дисциплин моей специальности;</li> <li>7. Интересно и входит в цикл специальных (профилирующих) дисциплин моей специальности.</li> </ol>
3	Какую бы Вы предпочли глубину изучения дисциплины?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ознакомительный курс (обзор);</li> <li>2. Теоретический курс;</li> <li>3. Практический курс;</li> <li>4. Базовый курс (теория и практика);</li> <li>5. Углубленное изучение (специализация или преподавание).</li> </ol>
4	Планируете ли Вы использовать знания, полученные на этой дисциплине, в дальнейшей трудовой деятельности?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обязательно;</li> <li>2. Возможно, да;</li> <li>3. Скорее всего, нет.</li> </ol>
5	Отметьте наиболее интересные или важные для Вас задачи, требующие знания подходов к моделированию систем.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Исследование существующих систем;</li> <li>2. Оптимизация существующих систем;</li> <li>3. Предсказание поведения существующих систем;</li> <li>4. Обоснование параметров создаваемых систем;</li> <li>5. Формализация и оперирование неопределенностями.</li> </ol>

Продолжение таблицы В.1

№	Вопрос	Ответ
6	В процессе изучения дисциплины "Моделирование систем" какие из перечисленных компетенций для Вас более важны	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;</li> <li>2. Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе, в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте;</li> <li>3. Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями;</li> <li>4. Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач;</li> <li>5. Способен разрабатывать компоненты программно-аппаратных комплексов обработки информации и автоматизированного проектирования.</li> </ol>
7.	Отметьте наиболее интересные или важные для Вас темы дисциплины "Моделирование систем".	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Модель и моделирование. Классификация моделей;</li> <li>2. Жизненный цикл модели;</li> <li>3. Базовые понятия;</li> <li>4. Табличные модели;</li> <li>5. Аналитические модели и их жизненный цикл;</li> <li>6. Модели слабосвязных процессов;</li> <li>7. Модели связных процессов;</li> <li>8. Системные эффекты;</li> <li>9. Случайная величина и её характеристики;</li> <li>10. Функция плотности и функция распределения;</li> <li>11. Построение дискретного закона;</li> <li>12. Имитация. Имитационные модели (ИМ). Жизненный цикл ИМ;</li> <li>13. Метод Монте-Карло;</li> <li>14. Генерация псевдослучайных дискретных величин;</li> <li>15. Имитация аналоговых процессов методом Монте-Карло;</li> <li>16. Типовые аналоговые законы и их имитация;</li> <li>17. Приведение дискретного закона к аналоговому;</li> <li>18. Критерий Колмогорова-Смирнова. Проверка на нормальность;</li> <li>19. Сетевые вероятностные модели;</li> <li>20. Системы массового обслуживания;</li> <li>21. Вычислительный эксперимент;</li> <li>22. Имитатор и специфика его разработки.</li> </ol>

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1- Состав исходного курса для дисциплины «Моделирование систем»

№ ДЕ	Содержание	Вид ДЕ	Исходный курс
1	Модель и моделирование. Классификация моделей	ВВ	Исключительно важна (0,8)
2	Жизненный цикл модели	Т	Достаточно важна (0,8)
3	Базовые понятия	Т	Исключительно важна (1)
4	Табличные модели	Т	Достаточно важна (0,72)
5	Аналитические модели и их жизненный цикл	Т	Достаточно важна (0,72)
6	Модели слабосвязных процессов	Т	Достаточно важна (0,64)
7	Модели связных процессов	Т	Достаточно важна (0,72)
9	Программирование дифференциальной модели	П	Достаточно важна (0,9)
10	Случайная величина и её характеристики	С	Исключительно важна (1)
11	Функция плотности и функция распределения	С	Исключительно важна (1)
12	Построение дискретного закона	Т	Достаточно важна (0,9)
13	Программирование обработки статистического ряда	П	Достаточно важна (0,9)
14	Имитация. Имитационные модели (ИМ). Жизненный цикл ИМ	Т	Исключительно важна (1)
15	Метод Монте-Карло	Т	Исключительно важна (1)
16	Генерация псевдослучайных дискретных величин	Т	Исключительно важна (1)
17	Программирование имитации дискретной величины	П	Достаточно важна (0,9)
18	Имитация аналоговых процессов методом Монте-Карло	Т	Исключительно важна (1)
19	Типовые аналоговые законы и их имитация	Т	Достаточно важна (0,72)
22	Программирование имитации аналогового закона	П	Достаточно важна (0,9)
24	Системы массового обслуживания и их оптимизация	Т	Достаточно важна (0,9)
25	Разработка СМО в GPSS World	П	Достаточно важна (0,9)
26	Планирование вычислительного эксперимента	Т	Исключительно важна (1)
27	Имитатор и его компоненты	Т	Исключительно важна (1)
Всего дидактических единиц: 23			

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица Д.1 – «Базовый курс» методиста с уровнем требований контроля  
«Стандартный»

Содержание «Базовый курс»	№ ДЕ	Вид ДЕ	Ядро курса	Вес
Модель и моделирование. Классификация моделей	1	вв	н	0,25
Жизненный цикл модели	2	т	л	0,5
Базовые понятия	3	т	г	1
Табличные модели	4	т	н	0,5
Аналитические модели и их жизненный цикл	5	т	л	0,5
Модели слабосвязных процессов	6	т	н	0,5
Модели связанных процессов	7	т	н	0,25
Программирование дифференциальной модели	9	п	н	0,5
Случайная величина и её характеристики	10	с	г	1
Функция плотности и функция распределения	11	с	г	1
Построение дискретного закона	12	т	л	1
Программирование обработки статистического ряда	13	п	н	0,5
Имитация. Имитационные модели (ИМ). Жизненный цикл ИМ	14	т	г	0,5
Метод Монте-Карло	15	т	г	1
Генерация псевдослучайных дискретных величин	16	т	г	1
Программирование имитации дискретной величины	17	п	н	0,5
Имитация аналоговых процессов методом Монте-Карло	18	т	г	0,5
Типовые аналоговые законы и их имитация	19	т	н	0,5
Программирование имитации аналогового закона	22	п	н	0,5
Системы массового обслуживания и их оптимизация	24	т	л	1
Разработка СМО в GPSS World	25	п	н	0,5
Планирование вычислительного эксперимента	26	т	г	0,5
Имитатор и его компоненты	27	т	г	0,5
Трудоемкость:				14,5


Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий

Межинститутская базовая кафедра  
«Прикладная физика и космические технологии»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 В.Е. Косенко

подпись

инициалы, фамилия

« 03 »

12

2020 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

«Разработка методики рефлексивного управления порядком значимости дидактического материала в автоматизированных обучающих системах»

09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

09.04.01.03 «Информационные системы космических аппаратов и центров управления полетами»

Научный руководитель	 подпись, дата	доцент кафедры МБК, канд.техн.наук должность, ученая степень	В.А. Углев инициалы, фамилия
Выпускник	 подпись, дата		Н.А. Фоминых инициалы, фамилия
Рецензент	 подпись, дата	нач. сектора АО «ИСС», канд.техн.наук должность, ученая степень	Ю.В. Кочев инициалы, фамилия
Нормоконтролер	 подпись, дата		Е.С. Сидорова инициалы, фамилия

Красноярск 2020