

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Л.С. Лисицына

ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН ЭЛЕКТРОННЫХ КУРСОВ

РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УНИВЕРСИТЕТЕ ИТМО
по направлению подготовки 09.04.04 – «Программная инженерия» в качестве учебно-методического пособия для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования магистратуры

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Санкт-Петербург

2018

Лисицына Л.С. Педагогический дизайн электронных курсов. – СПб: Университет ИТМО, 2018. – 67 с.

Рецензент: Лямин А.В., к.т.н., директор департамента открытого образования Университета ИТМО

Пособие содержит теоретический материал по разработке педагогического дизайна электронных курсов на этапах анализа и проектирования. Приведены методики по разработке компетентностных моделей выпускников электронного курса и оценочных средств для контроля ожидаемых результатов обучения, по моделированию образовательного процесса и подготовке проекта модульного электронного курса для его реализации. Рассматриваются вопросы экспертизы оценочных средств с использованием нечетких критериев. Применение методик проиллюстрировано многочисленными примерами разработки педагогического дизайна онлайн-курса «Методы и алгоритмы теории графов», созданного на национальной платформе открытого образования РФ и доступного по ссылке <https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/AGRAPH/>. В приложении приведены дополнительные материалы к организации учебного процесса с использованием данного пособия.

Пособие может заинтересовать также разработчиков онлайн-курсов и преподавателей, ведущих аналогичные дисциплины.



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2018

©Лисицына Л.С., 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. КОМПЕТЕНТНОСТНЫЕ МОДЕЛИ ВЫПУСКНИКОВ ЭЛЕКТРОННЫХ КУРСОВ	6
1.1. Основы разработки КМВ образовательной программы	6
1.2. Методика разработки составных компетенций	8
1.3. Методика для установления ожидаемых уровней формирования компетенций	11
1.4. Методика разработки составляющих компетенций	13
1.5. Методика планирования знаний, умений и навыков	16
1.6. Методика разработки КМВ электронного курса	18
2. РАЗРАБОТКА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ КУРСОВ	25
2.1. Методика планирования оценочных средств в электронном курсе	26
2.2. Методические основы разработки компьютерных тестов в электронном курсе	32
2.3. Методические основы разработки симуляторов для электронных курсов	37
2.4. Методика проведения экспертизы оценочных средств и обработки их результатов	38
3. МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРОННЫХ КУРСАХ	40
3.1. Модель образовательного пространства электронного курса	40
3.2. Модель иерархии результатов обучения электронного курса	41
3.3. Методика построения модели иерархии результатов обучения электронного курса	43
3.4. План-граф электронного курса	44
3.5. Методика разработки план-графа электронного курса	47
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БАЗОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ В ЭЛЕКТРОННЫХ КУРСАХ	50
4.1. Принципы разработки структуры содержания БОМ	50
4.2. Методика разработки этапов и целей обучения БОМ	51
4.3. Методика разработки дидактики БОМ	52
4.4. Методика разработки опросов для текущего контроля в БОМ	52
ЛИТЕРАТУРА	55
ПРИЛОЖЕНИЕ.	
1. Тарификатор результатов обучения (компетенций)	56
2. Методические указания к лабораторной работе № 1	58
3. Методические указания к лабораторной работе № 2	60
4. Методические указания к лабораторной работе № 3	62
5. Методические указания к лабораторной работе № 4	64
6. Методические указания к лабораторной работе № 5	66

ВВЕДЕНИЕ

Электронный курс – это учебно-методический комплекс (УМК), подготовленный в электронных форматах и загруженный в систему управления электронным обучением для его использования. Элементами УМК являются учебная программа электронного курса и набор электронных ресурсов для ее реализации (электронные конспекты лекций, интерактивные презентации, компьютерные тесты, виртуальные лаборатории и тренажеры, справочные материалы и т.п.).

В зависимости от технологий обучения электронные курсы делятся на дистанционные (предполагающие непосредственное участие преподавателя в учебном процессе, который проводит вебинары, получает, проверяет и оценивает отчеты слушателей, консультирует слушателей курса по заранее спланированному в системе расписанию занятий средствами форумов, чатов и т.п.) и онлайн-курсы (без участия преподавателя). Роль преподавателя в онлайн-курсах выполняет, как правило, сама система управления электронным обучением.

Проектирование электронного курса проводится на основе принципов и моделей **педагогического дизайна** (Instructional design, ID) курса. Принципы педагогического дизайна [1] сформулировал американский психолог Роберт Ганье (Robert Mills Gagne). Суть их сводится к следующему.

1. Мотивация, пробуждение интереса к изучению курса.
2. Информирование обучаемых о целях и задачах курса.
3. Напоминание о предыдущих уроках (восстановление), формирование цепочек ассоциаций.
4. Стимулирование внимания на наиболее важные аспекты курса с использованием различных стилей обучения.
5. Семантическое кодирование курса, позволяющая сформировать установку на удержание знаний в долгосрочной памяти.
6. Быстрая связь теории и практики (новые знания должны быть опробованы тут же на решении типовых задач из реальной жизни).
7. Быстрая обратная связь с обучаемыми, позволяющая систематически оценивать их рефлекссию в процессе обучения.
8. Систематическое оценивание успеваемости (получил новое знание → опробовал на практике → получил оценку за умение использовать знание на практике).
9. Мотивация к переносу полученных практических навыков в новую ситуацию.

Для реализации этих принципов используются различные модели педагогического дизайна [2]. В настоящее время наиболее часто используется **модель ADDIE** (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation), хотя

известны и другие подходы к моделированию процессов педагогического дизайна, например, SAM, ALD, Dick & Carey Systems Approach Model, Jerrold Kemp Instructional Design Model и др.

Применение модели ADDIE на стадиях анализа и проектирования электронного курса на основе компетентностно-ориентированного подхода к образованию включает в себя следующие этапы.

1. Анализ предметной области обучения и планирование ожидаемых результатов обучения (РО), разработка компетентностной модели выпускника (КМВ) курса.
2. Разработка оценочных средств для контроля (измерения и оценивания) ожидаемых РО в электронном курсе.
3. Моделирование образовательного процесса в электронном курсе, разработка модульной структуры и сценария обучения.
4. Проектирование содержания базовых образовательных модулей (БОМ), разработка оценочных средств для текущего контроля в электронном курсе.
5. Разработка проекта для реализации электронного курса.

1. КОМПЕТЕНТНОСТНЫЕ МОДЕЛИ ВЫПУСКНИКОВ ЭЛЕКТРОННЫХ КУРСОВ

Компетентностная модель выпускника (КМВ) – совокупность учебно-методической документации, регламентирующей *цели и задачи, а также ожидаемые результаты обучения* курса, т.е. формулировки того, что обучаемый будет знать, будет уметь делать и какие навыки он приобретет и продемонстрирует на практике после завершения курса. КМВ служит для управления отбором содержания (контента) курса из избыточного содержания предметной области обучения (отбирается только то содержание, которое обеспечит формирование ожидаемых результатов обучения) [3]. Характерной особенностью КМВ является ее систематическая (как правило, ежегодная) актуализация и переработка в соответствии с изменениями содержания предметной области обучения и потребностей рынка труда выпускников курса.

Как правило, электронный курс является частью в составе некоторой образовательной программы (ОП). Поэтому разработку КМВ курса необходимо проводить в контексте КМВ той ОП, для реализации которой этот курс предназначен. Рассмотрим далее наиболее существенные моменты и методики разработки КМВ ОП.

1.1. Основы разработки КМВ образовательной программы

На рисунке 1.1 приведена **модель жизненного цикла ОП** [4], в которой КМВ представлена блоками 1-3. Цели ОП определяются компетенциями, которые задаются в нормативном документе на разработку ОП и формулируются ее разработчиком на основе анализа актуальных потребностей рынка труда. Примером таких компетенций для разработки различных ОП по подготовке бакалавров направления «Информационные системы и технологии» является действующий федеральный государственный стандарт высшего образования (далее - стандарт), перечень компетенций которого приведен <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/090302.pdf>. Компетенции стандарта являются основными идентификаторами ожидаемых результатов обучения (отсюда и название современного подхода к образованию – компетентностный подход). Другими важными идентификаторами ожидаемых результатов обучения являются уровни формирования компетенций и их трудоемкость (измеряется в часах и (или) зачетных единицах). При разработке КМВ ОП ожидаемый уровень формирования компетенций задается рамочно в соответствии с тарификатором результатов обучения (компетенций). Пример такого тарификатора приведен в Приложении 1.

Реализация ОП (рис. 1.1, блоки 4-8) позволяет оценить достигнутые за год результаты обучения и скорректировать описание КМВ для последующего процесса подготовки выпускников ОП. При этом новые потребности могут установить новые цели и результаты обучения в курсе. Основой разработки КМВ ОП являются формулировки компетенций из стандарта.

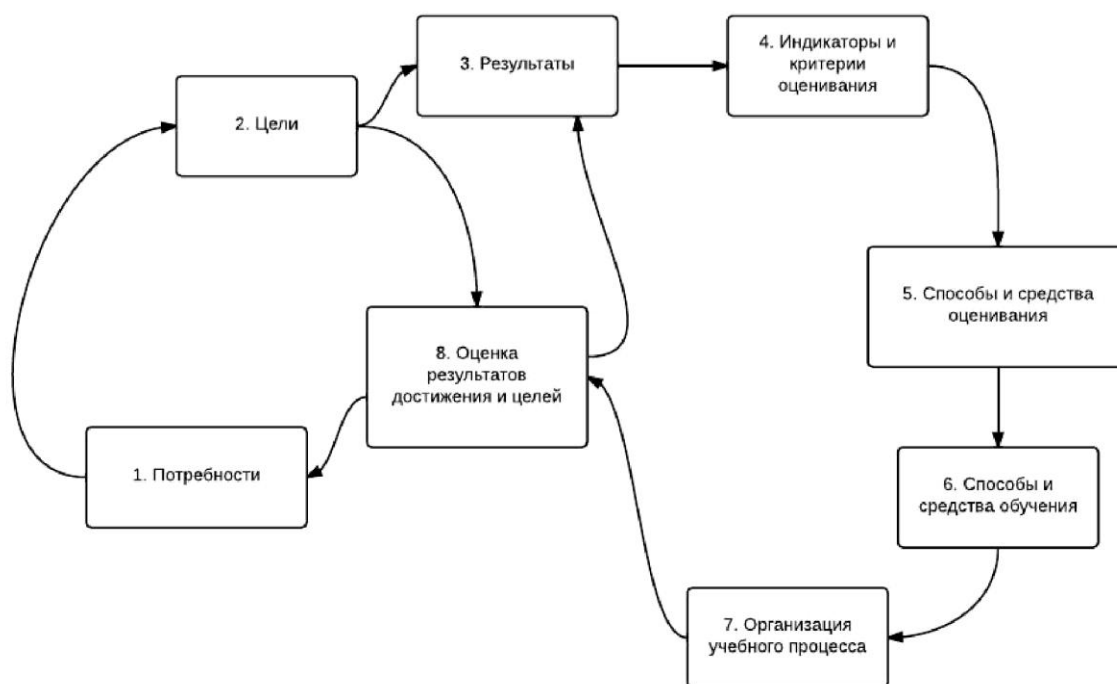


Рисунок 1.1 – Модель жизненного цикла ОП

Структура записи компетенции. Под компетенцией выпускника понимается способность применять знания, умения и личностные качества для его успешной деятельности (выполнения определенного класса социальных и профессиональных задач). Формулировки многих компетенций в стандартах содержат, как правило, не одну, а несколько взаимосвязанных между собой компетенций, характеризующих некоторый совокупный результат. Вообще структура записи любой компетенции имеет следующий вид.

КОМПЕТЕНЦИЯ: = [<деятельность> <объект деятельности>], (1)

где конструкция [*] может повторяться многократно. Понятие <деятельность> в ней задается глагольной группой (проводить сбор и анализ, использовать для решения поставленной задачи и т.п.), а <объект деятельности> – именной (научно-техническая информация, современные компьютерные технологии поиска информации и т.п.).

Уровни представления КМВ. КМВ ОП в процессе ее разработки и модернизации описывается на следующих уровнях представления.

1. Составные компетенции с минимальными (ожидаемыми) уровнями формирования их компонентов (знаниевого, функционального и социально-личностного).
2. Составляющие компетенции.

3. Ожидаемые результаты освоения компетенций (конкретные и диагностируемые знания, умения, навыки и личностные качества выпускников).

Компоненты для формирования компетенций. Формирование компетенций осуществляется через освоение знаний, приобретение умений, навыков и развитие личностных качеств (ответственности, дисциплинированности, организованности и т.п.) в ходе учебного процесса. Поэтому любая компетенция курса является результатом синтеза (соединения на практике) в процессе обучения следующих трех взаимосвязанных компонентов.

1. **Знаниевый компонент (З)**, характеризующий знания обучающегося как основу для осуществляемой деятельности.
2. **Функциональный компонент (У)**, характеризующий умения обучающегося выполнять определенные действия и навыки владения определенными инструментами, технологиями, оборудованием и т.п. в осуществляемой деятельности.
3. **Социально-личностный компонент (СЛ)**, опирающийся на личностные качества обучающегося и характеризующий его отношение к осуществляемой деятельности (обучению).

1.2. Методика разработки составных компетенций

В случае, когда исходная компетенция (1) содержит многократно повторяющуюся конструкцию [*], разработчик КМВ должен вначале разбить эту формулировку на части (отдельные компетенции со структурой (1)), а также провести после этого уточнение или детализацию их объектов и (или) деятельности [3]. При этом для систематизации и накопления компетенций в КМВ ОП следует чередовать уточнение видов и объектов деятельности компетенции. Детализацию следует проводить до тех пор, пока не будет наблюдаться переход с того, *какой* результат будет достигнут в процессе подготовки на то, *каким образом* его можно достичь (за счет применения конкретной технологии, языка программирования, оборудования и т.п.). В общем случае структура записи каждой *i*-й компетенции после ее однократной детализации выглядит следующим образом.

$$\text{КОМПЕТЕНЦИЯ } (i): = \left\{ \begin{array}{l} \langle \text{деятельность } (i) \rangle (\langle \text{объект} \\ \text{деятельности } (i, 1) \rangle + \langle \text{объект} \\ \text{деятельности } (i, 2) \rangle + \dots) \\ \text{или} \\ (\langle \text{деятельность } (i, 1) \rangle + \\ \langle \text{деятельность } (i, 2) \rangle + \dots) \langle \text{объект} \\ \text{деятельности } (i) \rangle. \end{array} \right. \quad (2)$$

Каждая из полученных таким образом формулировок является составной по отношению к компетенциям стандарта. Далее рассмотрим на трех примерах применение данной методики для разработки составных компетенций.

Пример 1.1. Простое деление компетенции на составные. Возможными составными компетенциями для ОК-1 – «владение культурой мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения, умение логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь», приведенной в стандарте <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/090302.pdf>, будут следующие формулировки компетенций.

Таблица 1.1 – Составные компетенции для ОК-1

Индекс составной компетенции	Формулировка составной компетенции
ОК-1.1	владение культурой мышления
ОК-1.2	способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения
ОК-1.3	умение логически верно, аргументировано и ясно строить устную речь
ОК-1.4	умение логически верно, аргументировано и ясно строить письменную речь

Пример 1.2. Разработка составных компетенций с уточнением объектов деятельности.

Рассмотрим из <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/090302.pdf> компетенцию стандарта ОПК-1 «владение широкой общей подготовкой (базовыми знаниями) для решения практических задач в области информационных систем и технологий». Здесь объектом деятельности «владения для решения практических задач в области информационных систем и технологий» выступает «широкая общая подготовка (базовые знания)». Проведем уточнение объекта деятельности (выделено курсивом) и получим следующие формулировки ее составных компетенций.

Таблица 1.2 – Фрагмент с составными компетенциями для ОПК-1

Индекс составной компетенции	Формулировка составной компетенции
ОПК-1.1	владение широкой общей подготовкой (базовыми знаниями) <i>по теории алгоритмов</i> для решения

	практических задач в области информационных систем и технологий
ОПК-1.2	владение широкой общей подготовкой (базовыми знаниями) <i>по теории множеств</i> для решения практических задач в области информационных систем и технологий
ОПК-1.3	владение широкой общей подготовкой (базовыми знаниями) <i>по теории графов</i> для решения практических задач в области информационных систем и технологий
...

Пример 1.3. Разработка составных компетенций на основе детализации видов и объектов деятельности.

Рассмотрим из <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/090302.pdf> компетенцию стандарта ПК-12 «способность разрабатывать средства реализации информационных технологий». Детализируем объект деятельности этой компетенции «средства реализации информационных технологий» (выделено курсивом) и получим следующие формулировки компетенций.

Таблица 1.3 – Составные компетенции для ПК-12

Индекс составной компетенции	Формулировка составной компетенции
ПК-12.1	способность разрабатывать <i>методические</i> средства реализации информационных технологий
ПК-12.2	способность разрабатывать <i>информационные</i> средства реализации информационных технологий
ПК-12.3	способность разрабатывать <i>математические</i> средства реализации информационных технологий
ПК-12.4	способность разрабатывать <i>алгоритмические</i> средства реализации информационных технологий
ПК-12.5	способность разрабатывать <i>технические</i> средства реализации информационных технологий
ПК-12.6	способность разрабатывать <i>программные</i> средства реализации информационных технологий

1.3. Методика для установления ожидаемых уровней формирования компетенций

На рисунке 1.2 приведена модель, устанавливающая соответствие между компетенциями стандарта, их составными и составляющими компетенциями и ожидаемыми уровнями их формирования. Ожидаемые уровни являются дескрипторами, описывающими требования к знаниям (З), умениям (У) и личностным качествам (СЛ) выпускника ОП. Данная модель используется в дальнейшем для планирования конкретных и диагностируемых результатов освоения компетенций стандарта в различных дисциплинах ОП.

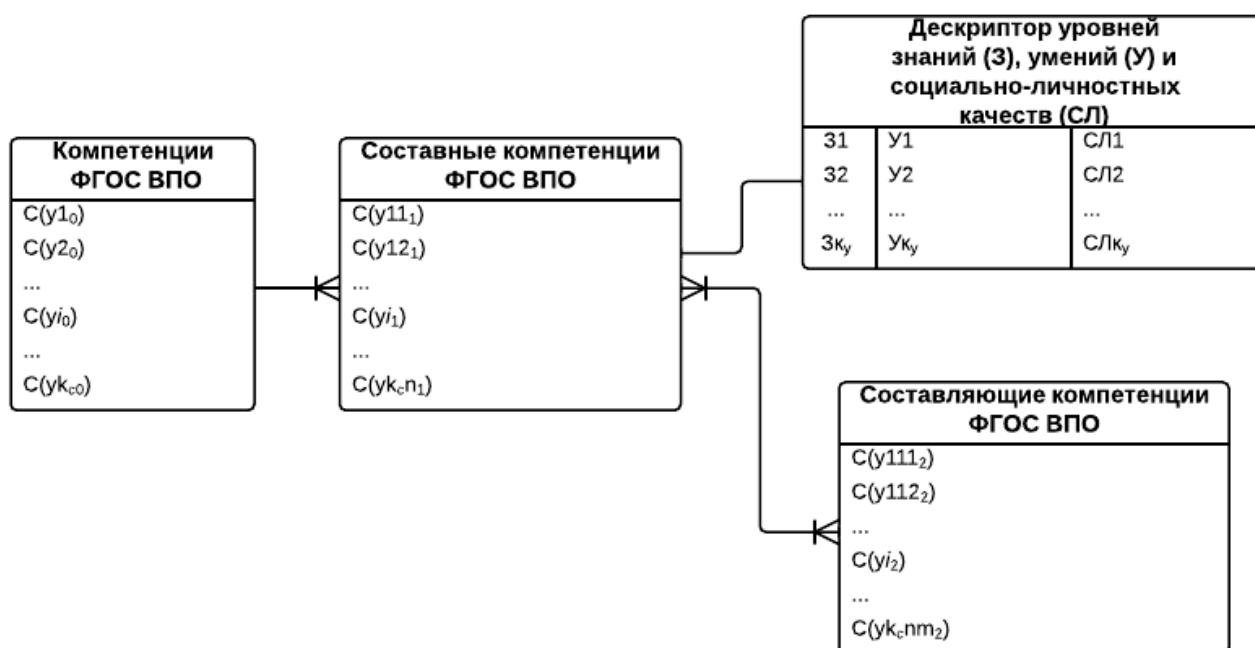


Рисунок 1.2 – Модель для планирования ожидаемых уровней формирования компетенций стандарта в ОП

Методика установления ожидаемых уровней компетенций стандарта в ОП состоит в следующем.

1. Разработать тарификатор, описывающий требования к уровням формирования результатов обучения (компетенций). Пример такого тарификатора приведен в Приложении 1.
2. Выбрать очередную составную компетенцию стандарта и определить по тарификатору минимальный уровень функционального компонента (У), ожидаемый после завершения ОП. При выборе этого уровня учитывается профиль ОП.
3. Определить уровень знаниевого компонента (З) для данной составной компетенции стандарта *не ниже* уровня ее функционального компонента.

4. Определить уровень социально-личностного компонента, ожидаемый при завершении ОП. При выборе этого уровня учитываются технологии обучения, планируемые в ОП.

Пример 1.4. Установление уровней по тарификатору из Приложения 1. Для ОП направления подготовки «Информационные системы и технологии» на уровне бакалавра с профилем программиста были выбраны следующие уровни составных компетенций стандарта (см. примеры 1.2 и 1.3). Здесь в соответствии с профилем ОП основной упор запланирован на подготовку разработчика новых алгоритмических, информационных и программных средств для реализации информационных технологий.

Таблица 1.4 – Пример установления уровней компетенций в ОП

Индекс компетенции стандарте	Индекс составной компетенции в ОП	Формулировка составной компетенции	Ожидаемый уровень
...
ОПК-1	ОПК-1.1	владение широкой общей подготовкой (базовыми знаниями) <i>в области информатики</i> для решения практических задач в области информационных систем и технологий	32-У2-СЛ1
	ОПК-1.2	владение широкой общей подготовкой (базовыми знаниями) <i>в области математики</i> для решения практических задач в области информационных систем и технологий	32-У2-СЛ1
	ОПК-1.3	владение широкой общей подготовкой (базовыми знаниями) <i>в области программирования</i> для решения практических задач в области информационных систем и технологий	32-У2-СЛ1

...
ПК12	ПК-12.1	способность разрабатывать <i>методические средства реализации информационных технологий</i>	32-У2-СЛ1
	ПК-12.2	способность разрабатывать	33-У3-СЛ1

		<i>информационные средства реализации информационных технологий</i>	
	ПК-12.3	способность разрабатывать <i>математические средства реализации информационных технологий</i>	32-У2-СЛ1
	ПК-12.4	способность разрабатывать <i>алгоритмические средства реализации информационных технологий</i>	33-У3-СЛ1
	ПК-12.5	способность разрабатывать <i>технические средства реализации информационных технологий</i>	32-У2-СЛ1
	ПК-12.6	способность разрабатывать <i>программные средства реализации информационных технологий</i>	33-У3-СЛ1
...

1.4. Методика разработки составляющих компетенций

Составляющие компетенции (рис. 1.2) являются результатом дальнейшей детализации составных компетенций стандарта в соответствии с установленными для них уровнями. Составляющие компетенции определяют структуру дисциплины (разделы). Для их разработки необходимо иметь структуру ОП (учебный план), в которой для каждой дисциплины поставлено соответствие компетенций стандарта вместе с их составляющими компетенциями и их уровнями.

Среди компетенций стандарта в дисциплине вначале следует выделить основные, дополнительные и сопутствующие компетенции. Основные компетенции непосредственно связаны с содержанием предметной области изучения дисциплины, а дополнительные компетенции, как правило, являются компетенциями из других предметных областей обучения. Сопутствующие компетенции, как правило, связаны с формированием личностных качеств, проявленных у обучаемых при изучении дисциплины за счет применяемых технологий обучения и преподавания. В общем случае формулировка составляющей компетенции стандарта в дисциплине имеет вид:

$$\text{КОМПЕТЕНЦИЯ}(i, j) = \text{КОМПЕТЕНЦИЯ}(i) \text{ ДЛ} \mathbf{Я} \text{ КОМПЕТЕНЦИЯ}(j), \quad (3)$$

где КОМПЕТЕНЦИЯ(i) является основной, КОМПЕТЕНЦИЯ(j) – дополнительной компетенцией стандарта в данной дисциплине.

Методика разработки составляющих компетенций стандарта в дисциплинах ОП схожа с методикой разработки составных компетенций стандарта, она связана с поочередным уточнением объектов и видов деятельности выпускника. Методика состоит из следующих шагов.

1. Выбрать из учебного плана компетенции стандарта для данной дисциплины.
2. Установить причинно-следственные связи между результатами освоения составных компетенций стандарта в данной дисциплине.
3. Провести детализацию составных компетенций стандарта.
4. Сформулировать составляющие компетенции дисциплины из полученных на шаге 3 формулировок с учетом их связей в соответствии с формулой (3).

Пример 1.5. Разработка составляющих компетенций стандарта в дисциплине «Информатика». Учебный план ОП определил следующие компетенции стандарта <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/090302.pdf> для данной дисциплины: ОК-1, ОПК-1, ПК-12. Установим вначале причинно-следственные связи между результатами освоения составных компетенций стандарта в этой дисциплине (рис. 1.3).

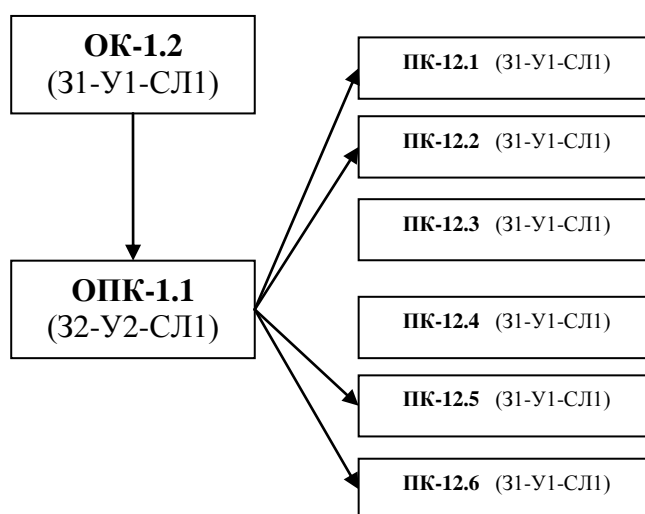


Рисунок 1.3 – Причинно-следственные связи между результатами освоения составных компетенций стандарта в дисциплине «Информатика»

Детализация составной компетенции стандарта ОПК-1.1 привела к уточнению перечня практических задач (выделено курсивом в табл. 1.5), которые должен уметь решать разработчик средств реализации информационных технологий на основе базовых знаний по информатике.

Таблица 1.5 – Фрагмент КМВ на уровне составляющих компетенций в дисциплине «Информатика»

Индекс составной компетенции	Индекс составляющей компетенции	Формулировка составляющей компетенции	Ожидаемый уровень
...
ОПК-1.1	ОПК-1.1.1	способность <i>интерпретировать и визуализировать результаты исследований</i> для разработки методических средств информационных технологий	32-У2-СЛ1
	ОПК-1.1.2	способность <i>представлять и кодировать информацию</i> для разработки информационных средств информационных технологий	32-У2-СЛ1
	ОПК-1.1.3	способность <i>проектировать цифровые схемы хранения и обработки информации</i> для разработки информационных средств информационных технологий	32-У2-СЛ1
	ОПК-1.1.4	способность <i>решать задачи по сортировке и поиску информации</i> для разработки информационных и программных средств информационных технологий	32-У2-СЛ1
	ОПК-1.1.5	способность <i>строить вычислительные системы и информационные сети</i> для разработки технических средств информационных технологий	32-У2-СЛ1
	ОПК-1.1.6	способность <i>проектировать и создавать мультимедиа приложения</i> для разработки информационных и программных средств информационных технологий	32-У2-СЛ1
	ОПК-1.1.7	способность <i>управлять проектами</i> для разработки программных средств информационных технологий	32-У2-СЛ1
...

1.5. Методика планирования знаний, умений и навыков

Результаты освоения компетенций стандарта в дисциплине ОП представляют набор знаний, умений и владений (навыков) (далее – ЗУН), которые должны быть сформированы у *каждого обучаемого*. ЗУН формулируются в соответствии с ожидаемыми уровнями по тарификатору результатов обучения (компетенций), они содержат только те знания, умения и навыки, которые преподаватель данной дисциплины планирует (заявляет) и должен в процессе обучения *зафиксировать, измерить и оценить*. Для этого должны быть соответствующие оценочные средства, обеспечивающие контроль всех заявленных результатов освоения компетенций стандарта в этой дисциплине. При этом характеристики учебной нагрузки (количество часов, отведенных на лекционные, лабораторные и (или) практические занятия, а также на самостоятельную работу) определяют ограничения на объем ожидаемых результатов освоения компетенций стандарта в данной дисциплине.

Рассмотрим далее методику планирования компонентов компетенций стандарта в дисциплине ОП по тарификатору (Приложение 1).

Знаниевый компонент для составляющей компетенции стандарта планируется на следующих 4-х уровнях: уровень знакомства (31), уровень воспроизведения и применения (32), уровень понимания и продуктивного применения (33), уровень трансформации (извлечения) новых знаний (34). Для формулировок ожидаемых знаний в зависимости от уровня рекомендуется использовать следующие формулировки:

- **Знакомства (31)** – «подходы к решению...», «типовые решения...», «структура...», «область применения...», «принципы построения...», «назначение...» и т.п.;
- **воспроизведений и применения (32)** – «правило...», «метод...», «модель...», «форматы и спецификации...» и т.п.;
- **пониманий и продуктивного применения (33)** – «взаимосвязь между...», «критерии выбора...», «методы анализа ...» и т.п.;
- **трансформация (извлечение) новых знаний (34)** – «анализ проблемы...», «постановка и решение новой задачи для...» и т.п.

Функциональный компонент включает в себя умения и навыки составляющей компетенции стандарта, которые планируются *на основе полученных знаний* в дисциплине ОП на следующих 4-ех уровнях: выполнять предписанные инструкцией, алгоритмом и т.п. действия (У1), решать типовые задачи с выбором известного метода, способа и т.п. (У2), решать нестандартные задачи путем комбинации известных методов, способов и т.п. (У3), исследовать проблемы и находить новые методы, способы их решения (У4). **Умения** характеризуют способность выбирать, оптимизировать, интерпретировать и т.д., а **навыки** – способность применять, создавать, моделировать и т.п. на основе полученных знаний при условии многократного закрепления таких способностей *с использованием конкретных инструментальных средств, технологий, методов, оборудования* и т.п. Следует особо подчеркнуть, что без

знаний нет и умений (навыков)! Т.е. если, например, в дисциплине планируется сформировать навык решения какой-то задачи, то в знаниевом компоненте обязательно должен присутствовать способ ее решения (метод, алгоритм, методика и т.п.).

Социально-личностный компонент для составляющей компетенции стандарта включает в себя проявления отношения к учебной деятельности у обучаемого, например, таких как ответственность, нестандартность мышления, лидерские качества и т.п. В этом случае оценочные средства дисциплины должны фиксировать, измерять и оценивать (поощрять) такие проявления, например, для ответственности – сдача в установленный срок компьютерных тестов, отчетов по лабораторным работам, домашних заданий, этапов разработки курсовой работы и т.п., а для нестандартности мышления – оригинальность подхода к доказательству, к решению поставленной задачи и т.п.

Пример 1.6. Планирование ЗУН в дисциплине «Информатика».

В таблице 1.6 приведены результаты планирования результатов освоения компетенций стандарта в разделе дисциплины для ОПК-1.1.2 (табл. 1.5) [5]. Они конкретны, диагностируемы (могут быть измерены и оценены в дальнейшем) и соответствуют ожидаемому уровню в этой дисциплине.

Таблица 1.6 – Пример планирования результатов освоения компетенций стандарта в разделе дисциплины «Информатика»

№ раздела	Составляющая компетенция	Результаты освоения компетенций	
		ОПК-1 (32-У2-СЛ1)	ПК-12 (31-У1-СЛ1)
...
3	Способность представлять и кодировать информацию для разработки информационных средств информационных технологий	знания: <ul style="list-style-type: none"> • правила перевода чисел из одной системы счисления в другую, • метод кодирования длины серии, • метод относительного кодирования, • метод частотно-зависимого кодирования, • метод кодирования на основе адаптивного словаря, 	знания: <ul style="list-style-type: none"> • актуальные проблемы теории информации, • формы представления информации в информационных системах, умения: <ul style="list-style-type: none"> • определять формы представления и кодирования информации в информационных системах.

		<ul style="list-style-type: none"> • метод кодирования Хемминга, <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> • уменьшать избыточность кодов с целью сжатия информации, • строить коды с обнаружением и исправлением ошибок, <ol style="list-style-type: none"> 1. переводить числовые данные из одной системы счисления в другую, 2. кодировать числа, символьные данные и изображения. 	
...

Следует заметить, что не все запланированные результаты освоения компетенций в данной дисциплине войдут в КМВ. Там будут присутствовать результаты освоения компетенции ОПК-1, которые соответствуют ожидаемому уровню этой компетенции стандарта в КМВ (табл. 1.4). А вот результаты освоения компетенции ПК-12 в этой дисциплине не соответствуют ожидаемому уровню 33-УЗ-СЛ1, но послужат основой для дальнейшего формирования ее результатов в других дисциплинах ОП.

1.6. Методика разработки КМВ электронного курса

Электронный курс может служить для освоения компетенций стандарта в дисциплине ОП или в отдельных ее разделах. В последнем случае при разработке КМВ электронного курса могут служить не все компетенции стандарта, а только их часть. Разработка КМВ такого курса принципиально не отличается от ранее изложенного.

Рассмотрим далее методику разработки КМВ электронного курса, в котором исходные компетенции формулируются самостоятельно. Методика разработки КМВ такого курса включает в себя следующие шаги.

1. Сформулировать идею и название электронного курса.
2. Сформулировать цель электронного курса (исходные компетенции).
3. Провести детализацию исходных компетенций (выделить составные и составляющие компетенции).
4. Выбрать тарификатор результатов обучения и установить ожидаемые уровни формирования компетенций в курсе.

5. Запланировать ожидаемые результаты освоения компетенций (знания, умения, навыки) в электронном курсе в соответствии с установленными уровнями.

Рассмотрим применение этой методики на примере онлайн-курса «Методы и алгоритмы теории графов», который опубликован на Национальной платформе открытого образования РФ по ссылке <https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/AGRAPH/>.

Пример 1.7. Разработка КМВ онлайн-курса «Методы и алгоритмы теории графов».

Основная идея данного курса – с помощью известных и эффективных алгоритмов научить решать задачи на графах, которые наиболее часто встречаются на практике. Отсюда и было выбрано такое название курса – «Методы и алгоритмы теории графов».

Целью этого курса является формирование следующих исходных компетенций.

1. Владеть базовыми знаниями в области теории графов (РО-1).
2. Применять алгоритмы теории графов для решения практических задач (РО-2).

Очевидно, что для достижения поставленной цели необходимо, прежде всего, провести анализ предметной области обучения (теории графов) и отобрать те задачи на графах, которые наиболее часто встречаются на практике, а затем отобрать из избыточного содержания конкретный набор алгоритмов, который и определит основное ядро содержания этого курса. В таблице 1.7 приведен перечень таких задач на графах и отобранных для курса алгоритмов, установлена их связь с разделами теории графов (базовыми знаниями).

Таблица 1.7 – Практические задачи теории графов, алгоритмы и базовые знания для их решения

№	Задача на графах	Алгоритмы решения	Базовые знания
1.	Поиск минимального маршрута в связном графе	Волновой алгоритм Алгоритм Форда-Беллмана	Связность графов
2.	Поиск циклов в связном графе	Алгоритм Робертса-Флореса	Циклы в графах
3.	Построение минимального остовного дерева в графе	Алгоритм Прима Алгоритм Краскала	Деревья
4.	Поиск наибольших пустых (полных) подграфов в графе	Алгоритм Магу-Вейсмана	Оптимизация на графах
5.	Минимальная раскраска вершин	Алгоритм раскраски графа на основе метода	Оптимизация на графах

	графа	Магу Жадный алгоритм для раскраски графа	
6.	Задача линейного назначения (поиск совершенного паросочетания в двудольном графе)	Венгерский алгоритм	Двудольные графы
7.	Установление изоморфизма двух графов	Алгоритм на основе метода ISD	Изоморфизм и гомеоморфизм графов
8.	Плоская укладка планарного графа	Гамма-алгоритм	Плоские и планарные графы

Проведем детализацию исходных компетенций в соответствии с проведенным анализом предметной области обучения (табл. 1.7). Детализация компетенции РО-1 (табл. 1.8) проведена по разделам теории графов из таблицы 1.7, при этом дополнительно включен раздел «Основы теории графов», который формирует начальные знания в данном курсе. Детализация компетенции РО-2 (табл. 1.9) проведена в соответствии с отобранными практическими задачами на графах (табл. 1.7).

Таблица 1.8 – Результаты детализации компетенции РО-1

№	Индекс	Составляющая компетенция
1	РО-1.1	Владеть базовыми знаниями в области основ теории графов
2	РО-1.2	Владеть базовыми знаниями для исследования связности графов
3	РО-1.3	Владеть базовыми знаниями для исследования циклов в графе
4	РО-1.4	Владеть базовыми знаниями для исследования деревьев
5	РО-1.5	Владеть базовыми знаниями для оптимизации на графах
6	РО-1.6	Владеть базовыми знаниями для исследования двудольных графов
7	РО-1.7	Владеть базовыми знаниями для исследования изоморфизма и гомеоморфизма графов
8	РО-1.8	Владеть базовыми знаниями для исследования планарности графов

Таблица 1.9 – Результаты детализации компетенции РО-2

№	Индекс	Составляющая компетенция
1	РО-2.1	Применять алгоритмы поиска минимальных маршрутов в связном графе
2	РО-2.2	Применять алгоритмы поиска циклов Гамильтона в связном графе
3	РО-2.3	Применять алгоритмы построения минимального остовного

		деревя в связном графе
4	РО-2.4	Применять алгоритмы поиска наибольших пустых (полных) подграфов в графе
5	РО-2.5	Применять алгоритмы минимальной раскраски вершин графа
6	РО-2.6	Применять алгоритмы поиска совершенного паросочетания в двудольном графе
7	РО-2.7	Применять алгоритмы установления изоморфизма двух графов
8	РО-2.8	Применять алгоритмы плоской укладки планарного графа

Характерной особенностью этого курса является то, что обе исходные компетенции РО-1 и РО-2 формируются на содержании общей предметной области. Поэтому для формулировки составляющих компетенций в курсе установим причинно-следственные связи, которые определяют порядок формирования результатов освоения составляющих компетенций РО-1 и РО-2 (рис. 1.4). Здесь ожидаемые уровни формирования компетенций установлены в соответствии с тарификатором из Приложения 1: 32-У2-СЛ1.

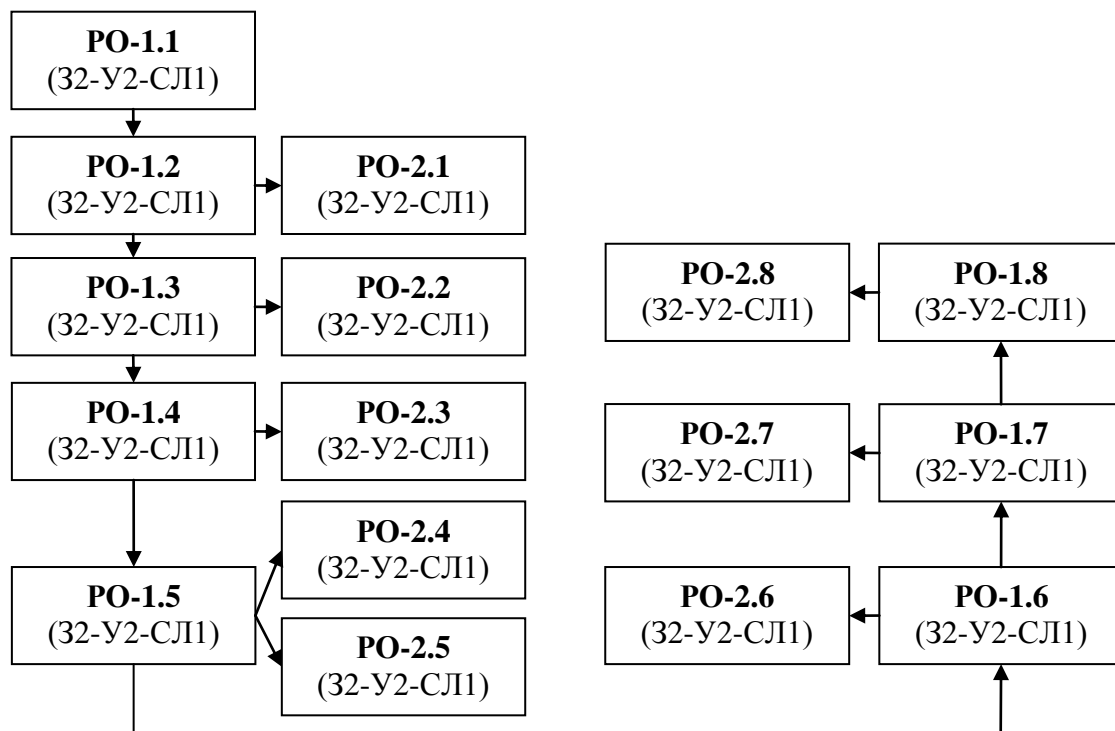


Рисунок 1.4 – Причинно-следственные связи между результатами освоения компетенций в курсе «Методы и алгоритмы теории графов»

КМВ данного курса (табл. 1.10) содержит только те знания, умения и навыки, которые ожидаются после завершения этого курса, будут измерены и оценены в ходе аттестации при проведении интернет-экзамена.

Таблица 1.10 – КМВ электронного курса «Методы и алгоритмы теории графов»

№ раздела	Составляющая компетенция	Планируемые результаты освоения в курсе	
		РО-1 (32-У2-СЛ1)	РО-2 (32-У2-СЛ1)
1.	Владеть базовыми знаниями в области основ теории графов	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> • терминологический базис теории графов, • правила выполнения операций над графами (объединение, пересечение, вычитание, дополнение и прямое произведение), <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> • для заданного графа определять подходящие для него термины, • находить граф, являющийся результатом выполнения математического выражения на основе операций над графами. 	
2.	Владеть базовыми знаниями для исследования связности графов, применять алгоритмы поиска минимальных маршрутов в связном графе	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> • правила определения метрических характеристик связного графа (диаметра, радиуса, центра и периферии), <p>умения:</p> <p>3. определять диаметр, радиус, центр и периферию графа заданного графа.</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> • волновой алгоритм, • алгоритм Форда-Беллмана, <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> • решать задачу поиска минимального маршрута в связном графе волновым алгоритмом, • решать задачу минимального

			маршрута во взвешенном графе с помощью алгоритма Форда-Беллмана.
3.	Владеть базовыми знаниями для исследования циклов в графе, применять алгоритмы поиска циклов Гамильтона в связном графе		<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> • алгоритм Робертса и Флореса, <p>навыки:</p> <p>4. решать задачу поиска циклов Гамильтона с помощью алгоритма Робертса и Флореса.</p>
4.	Владеть базовыми знаниями для исследования деревьев, применять алгоритмы построения минимального остовного дерева в связном графе		<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> • алгоритм Прима, • алгоритм Краскала, <p>навыки:</p> <p>5. решать задачу поиска минимального остовного дерева связного графа с помощью алгоритмов Прима и Краскала.</p>
5.	Владеть базовыми знаниями для оптимизации на графах, применять алгоритмы поиска наибольших пустых (полных) подграфов в графе и алгоритмы минимальной раскраски вершин графа	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные оптимизационные задачи на графах и их оценки (экстремальные числа графа), <p>умения:</p> <p>6. определять цикломатическое число графа,</p> <p>7. определять хроматическое число графа,</p> <p>8. определять</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> • алгоритм Магу-Вейсмана, • алгоритм раскраски графа на основе метода Магу, • жадный алгоритм для раскраски графа, <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> • решать задачу поиска наибольших полных (пустых)

		<p>число внутренней устойчивости графа,</p> <p>9. определять число внешней устойчивости графа,</p> <p>10. определять кликовое число графа,</p> <p>11. определять число паросочетаний графа,</p> <p>12. определять число реберного покрытия графа.</p>	<p>подграфов в графе с помощью алгоритма Магу-Вейсмана,</p> <ul style="list-style-type: none"> решать задачу минимальной раскраски графа алгоритмом на основе метода Магу и жадным алгоритмом.
6.	<p>Владеть базовыми знаниями для исследования двудольных графов, применять алгоритмы поиска совершенного паросочетания в двудольном графе</p>		<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> венгерский алгоритм, <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> решать задачу поиска совершенного паросочетания в двудольном графе венгерским алгоритмом.
7.	<p>Владеть базовыми знаниями для исследования изоморфизма и гомеоморфизма графов, применять алгоритмы установления изоморфизма двух графов</p>		<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> алгоритм на основе метода ISD, <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> решать задачу установления изоморфизма двух графов алгоритмом на основе метода ISD.
8.	<p>Владеть базовыми знаниями для исследования планарности графов, применять алгоритмы плоской укладки планарного графа</p>		<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> гамма-алгоритм, <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> решать задачу плоской укладки планарного графа с помощью гамма-алгоритма.

2. РАЗРАБОТКА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ КУРСОВ

Оценочные средства (ОС) – набор контрольно-измерительных материалов, необходимый для контроля (фиксации, измерения и оценивания) у каждого слушателя результатов освоения компетенций электронного курса [6]. Виды ОС определяются, прежде всего, возможностями тех программных платформ, которые используются для создания электронных курсов. Сегодня наиболее распространенными видами ОС электронных курсов являются компьютерные тесты и симуляторы. На рисунке 2.1 установлено соответствие между результатами освоения компетенций (их отдельными компонентами) и видами ОС, которые могут быть использованы для их измерения и оценивания.

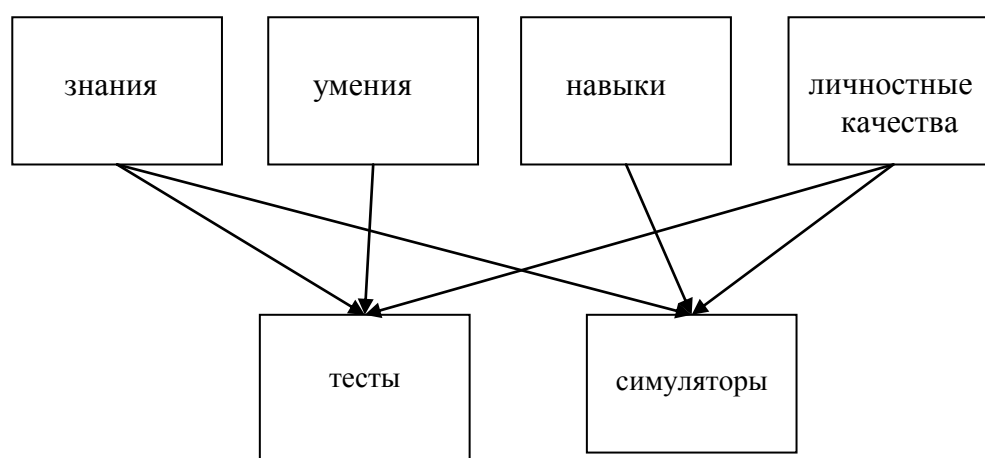


Рисунок 2.1 – Связь между результатами освоения компетенций и видами ОС в электронном курсе

Тест представляет собой набор тестовых заданий для измерения усвоенных знаний и умения применять их на практике при решении ситуационных задач, не требующих большого времени на поиск ответа (как правило, не более одной минуты на одно задание). С этим связано и ограничение на применение тестов: с их помощью невозможно измерить и оценить продуктивные знания, которые формируют запланированные в курсе навыки.

Симуляторы (имитаторы) представляют собой программные и программно-аппаратные комплексы, которые моделируют реальные процессы и события в виртуальной среде и позволяют в интерактивном режиме с пользователем измерить и оценить продуктивные знания и навыки работы. В зависимости от видов работ различают следующие виды симуляторов: виртуальные лаборатории и виртуальные тренажеры. Виртуальные лаборатории используются для проведения опытов с использованием оборудования и приборов, для решения задач по заданному алгоритму, для отработки навыков программирования на заданном языке и т.п. Виртуальные

тренажеры используются для отработки навыков работы специалистов (летчиков, водителей, операторов и т.д.) с оборудованием в различных обстоятельствах (ситуациях).

Использование ОС в электронном курсе может оценивать и личностные качества обучаемых (рис. 2.1), например, их ответственность (сдача теста или задания практического упражнения в установленный срок), их стремление к достижению лучших результатов (пересдача тестов, выполнение заданий после того, как уже были получены положительные оценки) и т.п.

В зависимости от видов контроля в электронном курсе различают ОС для текущего и итогового контроля. Формой итогового контроля в электронном курсе является, как правило, интернет-экзамен.

2.1. Методика планирования оценочных средств в электронном курсе

Методика включает в себя следующие этапы.

1. Выбор шкалы для измерения и оценки результатов освоения компетенций в курсе, разработка критериев оценивания успеваемости за весь курс.
2. Распределение максимальных баллов между формами контроля (текущий и итоговый контроль).
3. Планирование ОС для текущего контроля.
4. Планирование ОС для итогового контроля.

На этапе выбора шкалы измерений стоит обратиться к практике оценивания результатов обучения в балльно-рейтинговых системах [7], в которых принята 100-балльная шкала. Баллы, накопленные каждым обучаемым при прохождении курса, являются критерием для оценивания его успеваемости как в российской системе оценок, так и в европейской системе оценок ECTS (табл. 2.1). Нижней границей для оценивания является 60 баллов, т.е. нет положительной оценки, если обучаемый набрал менее 60 баллов.

Таблица 2.1 – Критерии оценивания успеваемости обучаемых в электронном курсе по 100-балльной шкале

Критерий оценивания успеваемости	Оценка (русская)	Оценка по ECTS
более 90 баллов до 100 баллов включительно	отлично	A
более 83 баллов до 90 баллов включительно	хорошо	B
более 74 баллов до 83 баллов включительно	хорошо	C
более 67 баллов до 74 баллов включительно	удовлетворительно	D
более 60 баллов до 67 баллов включительно	удовлетворительно	E

включительно		
--------------	--	--

Распределение максимальных баллов между текущим и итоговым контролем выбирается исходя из значимости результатов освоения компетенций, например, 60 баллов для текущего контроля и 40 баллов для итогового контроля.

Основой планирования ОС для текущего и итогового контроля является КМВ электронного курса, т.е. ОС должны измерять и оценивать не все, а только ожидаемые результаты освоения компетенций электронного курса. Следует заметить, что компетентностный подход к образованию предполагает оценивание функционального компонента компетенций, т.е. умений и навыков, сформированных на основе усвоенных знаний.

Для *текущего контроля* следует планировать ОС в виде симуляторов для практических упражнений электронного курса (рис. 2.1), при выполнении которых оцениваются также и личностные качества обучаемых (например, сдача в установленный срок). С этой целью в электронных курсах устанавливаются жесткие и мягкие сроки (дедлайны) для выполнения практических упражнений. Распределение максимальных баллов за сдачу практических упражнений можно сделать равномерным (если трудоемкость выполнения упражнений сопоставима) или пропорциональным их трудоемкости.

При разработке критериев оценивания могут быть использованы два подхода. Первый подход основан на том, что оценивается правильность выполнения практического упражнения в целом (да или нет). Второй подход предусматривает оценивание доли правильного решения. В этом случае выполнение практического упражнения должно быть разбито на этапы, при завершении которых проверяется и оцениваются промежуточное решение. При этом это потребует от разработчика ОС установить распределение максимального балла между этапами выполнения каждого практического упражнения.

Пример 2.1. Планирование ОС для текущего контроля в электронном курсе «Методы и алгоритмы теории графов»

В основе планирования ОС возьмем КМВ этого курса, которая представлена в примере 1.7. Здесь запланированы навыки решения 11 задач на графах с помощью изученных алгоритмов, для их контроля и оценивания в этом курсе используются ОС в виде виртуальных лабораторий (в табл. 2.1 ОС представлены алгоритмами, реализованными в виртуальных лабораториях).

Здесь трудоемкость выполнения практических упражнений различна, в соответствии с ней установлены максимальные баллы, в сумме за текущий контроль обучаемый сможет набрать максимум 60 баллов. Критерии оценивания практического упражнения представлены в таблице 2.2 (здесь использован второй подход).

Таблица 2.1 – ОС для текущего контроля в электронном курсе «Методы и алгоритмы теории графов»

№	навык	ОС (электронный стенд)	трудоемкость (час)	максимальный балл
1.	решать задачу поиска минимального маршрута в связном графе	волновой алгоритм	5	5
2.	решать задачу минимального маршрута во взвешенном графе	алгоритм Форда-Беллмана	5	5
3.	решать задачу поиска циклов Гамильтона в связном графе	алгоритм Робертса-Флореса	5	5
4.	решать задачу поиска минимального остовного дерева связного графа	алгоритм Прима	5	5
5.	решать задачу поиска минимального остовного дерева связного графа	алгоритм Краскала	5	5
6.	решать задачу поиска наибольших полных (пустых) подграфов в графе	алгоритм Магу-Вейсмана	6	6
7.	решать задачу минимальной раскраски графа	алгоритм на основе метода Магу	6	6
8.	решать задачу минимальной раскраски графа	жадный алгоритм	6	6
9.	решать задачу поиска совершенного паросочетания в двудольном графе	венгерский алгоритм	5	5
10.	решать задачу установления изоморфизма двух графов	алгоритм на основе метода ISD	6	6

11.	решать задачу плоской укладки планарного графа	гамма-алгоритм	6	6
			ИТОГО:	60

Таблица 2.2 – Критерии оценивания решений практических упражнений в электронном курсе «Методы и алгоритмы теории графов»

Критерий	Доля от максимального балла
Решение правильное, выполнено в установленный мягкий срок	1
Решение частично правильное, выполнено в установленный мягкий срок	В
Решение правильное, но выполнено в установленный жесткий срок	0,6
Упражнение не выполнено	0

Здесь расчет доли производится по формуле $V = \sum_{j=1}^{t-1} b_j$, где b_j – доля j-го этапа, t – номер этапа, на котором было получено неверное промежуточное решение, при условии, что $\sum_{j=1}^n b_j = 1$ (n – количество этапов) и $t \leq n$.

Для *итогового контроля* в виде интернет-экзамена следует планировать ОС, которые измеряют и оценивают запланированные в КМВ электронного курса знания и умения применять их на практике, а также навыки, сформированные при изучении курса. С этой целью необходимо разработать план для проведения интернет-экзамена, включающий в себя общую характеристику, содержание заданий и критерии для их оценивания.

Общая характеристика определяет структуру интернет-экзамена (его части), распределение максимального балла за экзамен между его частями, устанавливает связь с проверяемыми элементами содержания электронного курса, определяет характеристики заданий (их количество, максимальное время, отводимое на выполнение, максимальный балл за одно задание). Как правило, интернет-экзамен содержит две части: тестовую часть и практическую часть с использованием симуляторов. При планировании необходимо руководствоваться принципом полного покрытия ожидаемых результатов освоения компетенций из КМВ электронного курса.

Содержание заданий и критерии их оценивания планируется по частям интернет-экзамена. Тестовая часть содержит общее описание заданий, каждое из которых контролирует соответствующее запланированное в КМВ умения применять знания на практике. Практическая часть содержит описание заданий для контроля навыков применять знания на практике.

Пример 2.2. Планирование ОС для итогового контроля в электронном курсе «Методы и алгоритмы теории графов»

В основе планирования ОС возьмем КМВ этого курса, которая представлена в примере 1.7. В тестовой части А будут тестовые задания для проверки умений применять на практике знания в разделах 1,2,5 (табл. 1.10). Для полного покрытия в практическую часть В включим симуляторы из оставшихся разделов курса для проверки навыков применять знания на практике (разделы 3,4,6,7,8 в табл. 1.10). В таблице 2.3 приведена общая характеристика экзаменационной работы, где максимальный балл за всю работу 40 распределен по частям А и В как 30 и 10.

Таблица 2.3 – Общая характеристика экзаменационной работы в электронном курсе «Методы и алгоритмы теории графов»

№	Характеристика части экзаменационной работы	Проверяемые элементы содержания курса (разделы)	Характеристики заданий			Суммарный макс. балл
			кол-во	время (мин)	макс. балл за одно задание	
А	Проверка умения применять знания на практике	1,2,5	12	30	2,5	30
В	Проверка навыков решения типовых графовых задач с применением изученных алгоритмов	3,4,6,7,8	1	30	10	10
ИТОГО:			13	60		40

В таблице 2.4 представлено содержание 12 тестовых заданий части А и критерии для их оценивания. В таблице 2.5 – содержание 5 практических заданий части В и критерии для их оценивания. Конкретное задание для части В выбирается случайным образом.

Таблица 2.4 – Содержание и критерии оценивания в части А

№	Содержание задания	Критерии для оценивания
1	Для заданного на рисунке графа выбрать из списка соответствующие ему термины.	Все соответствующие графу термины выбраны правильно – 2,5 баллов. Соответствующие графу термины выбраны правильно, но не полностью – количество

		<p>баллов рассчитывается по формуле $2,5 * d$, где d – доля правильных ответов.</p> <p>Выбран хотя бы один несоответствующий графу термин – 0 баллов.</p>
2	Выбрать результат выполнения заданной операции над графами, представленных графически.	<p>Выбран правильный результат – 2,5 баллов.</p> <p>Выбран неправильный результат -0 баллов.</p>
3	Для заданного на рисунке графа определить его радиус.	Правильно подсчитана характеристика и верно выбрано соответствующее решение – 2,5 балла.
4	Для заданного на рисунке графа определить его диаметр.	Правильно подсчитана характеристика, но неверно выбрано соответствующее решение, правильно выбрано определение характеристики – 1,5 балла.
5	Для заданного на рисунке графа определить его центр.	
6	Для заданного на рисунке графа определить его цикломатическое число.	Неправильно подсчитана характеристика, но правильно выбрано определение характеристики – 0,5 балла.
7	Для заданного на рисунке графа определить его число внутренней устойчивости.	Неправильно подсчитана характеристика и неправильно выбрано определение характеристики – 0 баллов.
8	Для заданного на рисунке графа определить его хроматическое число.	
9	Для заданного на рисунке графа определить его кликовое число.	
10	Для заданного на рисунке графа определить его число внешней устойчивости.	
11	Для заданного на рисунке графа определить его число паросочетаний.	
12	Для заданного на рисунке графа определить его число реберного покрытия.	

Таблица 2.5 – Содержание и критерии оценивания в части В

№	Содержание задания	Критерии для оценивания
1	Поиск цикла Гамильтона в связном графе с помощью алгоритма Робертса-Флореса	Задание выполнено правильно – 10 баллов
2	Поиск минимального остовного дерева в связном взвешенном графе с помощью алгоритма Прима	Задание выполнено частично правильно – количество баллов рассчитывается по формуле $10 \cdot \sum_{j=1}^{t-1} b_j$, где b_j – доля j-го этапа, t – номер этапа, на котором было получено неверное промежуточное решение, при условии, что $\sum_{j=1}^n b_j = 1$ (n – количество этапов) и $t \leq n$.
3	Поиск совершенного паросочетания во взвешенном полном двудольном графе с помощью венгерского алгоритма	Задание выполнено неправильно – 0 баллов
4	Установление изоморфизма двух графов с помощью алгоритма на основе метода ISD	
5	Плоская укладка планарного графа с помощью гамма-алгоритма	

2.2. Методические основы разработки компьютерных тестов в электронном курсе

Тест – это совокупность тестовых заданий, предъявляемых обучаемому в последовательности, определяемой сценарием теста.

Тестовые задания могут быть простыми (содержать единственный тест-кадр) или сцепленными (содержать несколько тест-кадров, объединенных в цепочку).

Форма тест-кадра может быть:

- **закрытой**, предусматривающей выбор обучаемым одного или нескольких правильных ответов из предложенного набора;
- **открытой**, предусматривающей самостоятельную формулировку и ввод ответа обучаемым в виде целого числа, вещественного числа, текстового выражения;
- **на соответствие**, предусматривающей установление обучаемым правильного соответствия между элементами двух множеств;

- **на установление правильной последовательности,** предусматривающей указание обучаемым правильного порядка в перечисленном наборе элементов.

На рисунке 2.2 приведен пример тест-кадра закрытой формы, который используется в электронном курсе «Методы и алгоритмы теории графов» в качестве тестового задания №1 (табл. 2.4).

Цепочку тест-кадров следует строить тогда, когда соответствующие запланированные результаты освоения компетенций невозможно проверить в рамках одного вопроса. Построение цепочек тест-кадров имеет преимущество перед простыми тест-кадрами, т.к. позволяет проверить не только умение применять знание на практике, но и содержание, которое является основой для их формирования.

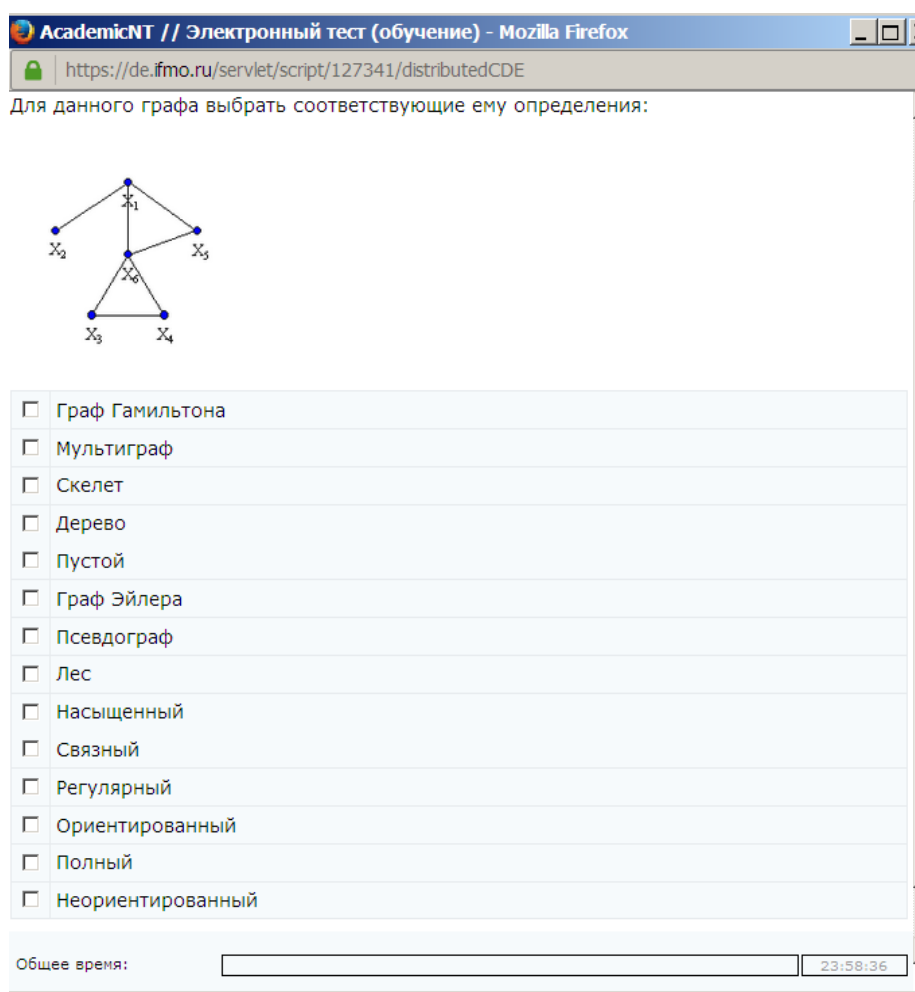


Рисунок 2.2 – Пример тест-кадра закрытой формы

Например, тестовые задания 3-12 из таблицы 2.4 проверяют умение определять определенную числовую характеристику (знание) для заданного графа. Для этих заданий в электронном курсе «Методы и алгоритмы теории графов» построена цепочки, включающие следующие тест-кадры:

- тест-кадр открытой формы, в котором вводится числовое значение характеристики;
- тест-кадр закрытой формы, в котором выбирается правильное решение для данной характеристики;
- тест-кадр закрытой формы, в котором выбирается правильное определение для данной характеристики.

На рисунке 2.3 схематично представлена цепочка для задания № 6 (табл. 2.4), которая иллюстрирует правила, определяющие порядок предъявления обучаемому очередного тест-кадра из цепочки.

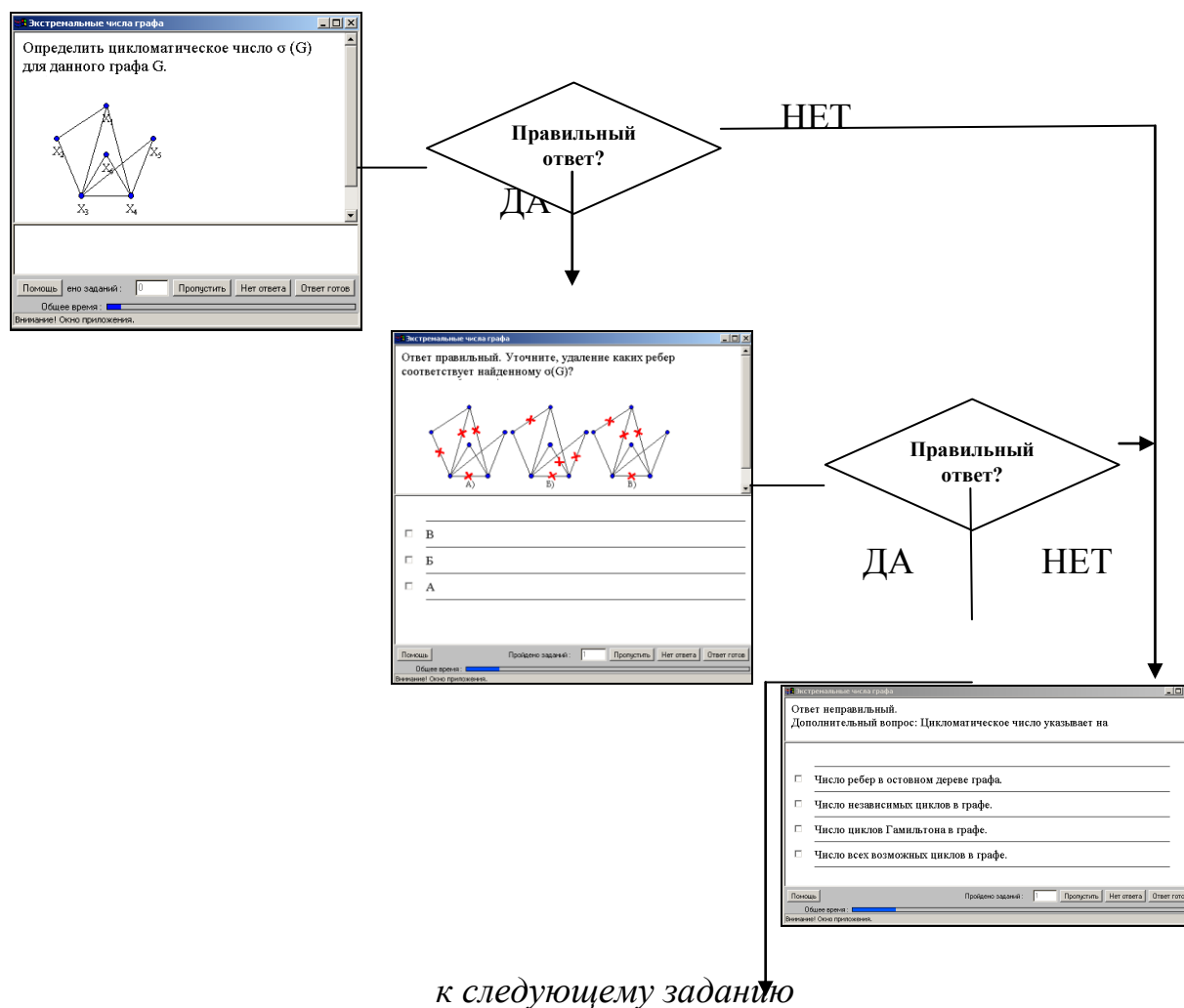


Рисунок 2.3 – Пример цепочки тест-кадров

Различают следующие типы сценариев: «вариант», «группа», «уровень».

Сценарий типа «вариант» – это выбор одного из вариантов теста, при котором каждый вариант теста содержит одинаковое количество тестовых заданий с равными уровнями сложности. Выбор варианта, как правило, осуществляется случайным образом. На рисунке 2.4 пример, в котором для тестирования обучаемого выбран вариант теста №2.



Рисунок 2.4 – Сценарий типа «вариант»

Сценарий типа «группа» – это последовательность, определяемая упорядоченным набором групп тестовых заданий. Каждая группа содержит тестовые задания для контроля определенного результата освоения компетенций и имеют одинаковый уровень сложности. В этом сценарии выбор в тест одного или нескольких заданий из групп осуществляется случайным образом. Чем больше тестовых заданий в группе, тем большее количество различных тестов может быть создано на их основе. На рисунке 2.5 приведен пример, в котором в тест для тестирования обучаемого случайно выбрано по одному тестовому заданию из всех N групп.

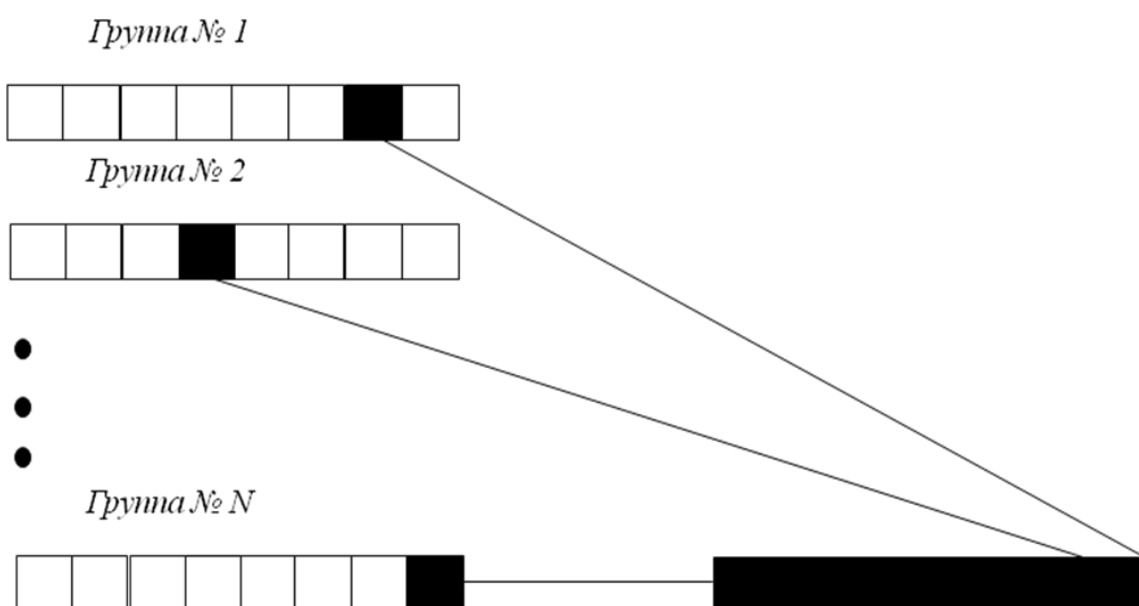


Рисунок 2.5 – Сценарий типа «группа»

Сценарий типа «уровень» – это последовательность, определяемая уровнем сложности заданий. В этом случае обучаемый может сам выбрать уровень сложности теста или проходить тестирование по восходящей или нисходящей последовательности разносложных тестов. Тестовые задания выбираются в тест для тестирования обучаемого случайным образом из набора соответствующего уровня сложности, при этом набор содержит тестовые задания по всем результатам освоения компетенций с одинаковой сложностью. На рисунке 2.6 приведен пример такого сценария.

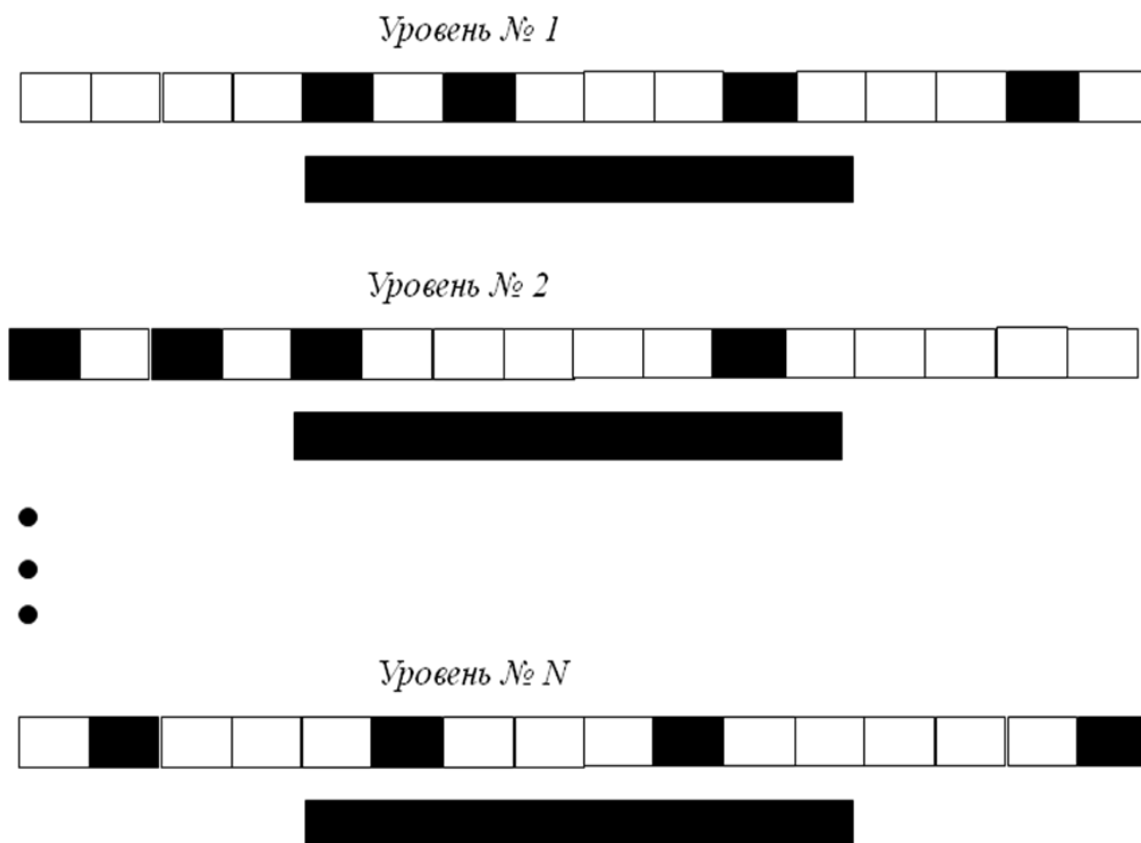


Рисунок 2.6 – Сценарий типа «уровень»

Рекомендации для разработки тестовой части А интернет-экзамена электронного курса:

1. Целесообразно использовать сценарий типа «группа», который позволит создавать наборы равносложных тестовых заданий для проверки определенного результата освоения компетенции из КМВ электронного курса. Рекомендуется создавать набор из 10-20 тестовых заданий, т.к. количество попыток при сдаче интернет-экзамена, как правило, не менее 3.
2. Тестовые задания рекомендуется создавать на основе цепочек тест-кадров, т.к. проверка результата освоения компетенции требует, как правило, не укладывается в один вопрос. При построении цепочки следует проверить умение применять знание в определенной ситуации, затем подтвердить это знание, а в случае неправильных ответов проверить владение содержанием.

3. Если группы тестовых заданий отличаются между собой по сложности (их отличие может быть вызвано значимостью тех результатов, которые в них проверяются), то следует устанавливать различные первичные баллы групп.

2.3. Методические основы разработки симуляторов для электронных курсов

Разработка симулятора является сложной инженерной задачей, требующей, прежде всего, профессиональных компетенций в области программирования. Наиболее подходящей формой симулятора для электронного курса является виртуальная лаборатория.

Виртуальная лаборатория (ВЛ) – электронная среда, позволяющая создавать и исследовать в интерактивном режиме модели объектов и систем. Для их разработки могут быть использованы различные протоколы, например, RLCP (Remote Laboratory Control Protocol), который очень хорошо подходит для алгоритмически определенных задач (когда обучаемый должен воспроизвести действия изученного алгоритма для заданного варианта задания).

Технология для разработки RLCP-совместимых виртуальных лабораторий [8] схематично представлена на рисунке 2.7. Каждая ВЛ состоит из двух независимых модулей – виртуального стенда и RLCP-сервера. Виртуальный стенд отвечает за визуальное отображение данных варианта задания и за предоставление обучаемому инструментов для формирования и редактирования промежуточных решений и ответа. RLCP-сервер представляет собой TCP-сервер.

Он обеспечивает взаимодействие по протоколу RLCP и защиту от несанкционированного доступа. RLCP-сервер отвечает за выполнение по запросу нескольких типов операций: формирование варианта задания, вычисление промежуточных результатов, оценивание полученного решения. Эти два модуля не осведомлены друг о друге и взаимодействуют посредством специальной среды управления RLCP-совместимыми виртуальными лабораториями (далее – среды), которая автоматически управляет процессом выполнения задания обучаемым. При запросе среда запрашивает вариант задания у RLCP-сервера, подготавливает и отправляет слушателю виртуальный стенд с кадром задания. Среда управляет ходом решения и позволяет переходить к оформлению промежуточных решений и ответа, позволяя при этом возвращаться к предыдущим шагам и редактировать полученные решения. После завершения работы обучаемый инициирует процедуру проверки своего решения на RLCP-сервере. После проверки RLCP-сервер возвращает обучаемому оценку и все необходимые комментарии к ней.

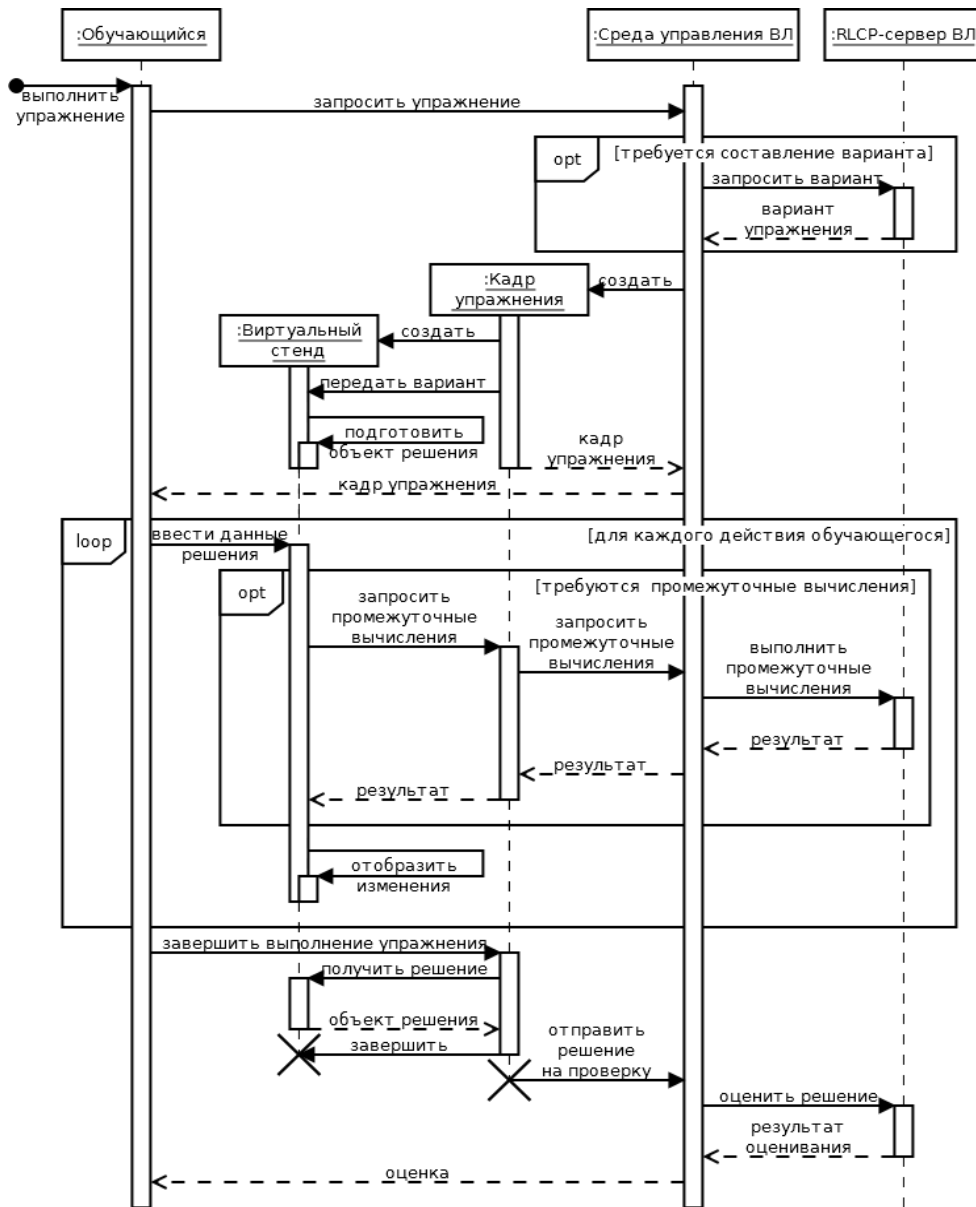


Рисунок 2.7 – Технология RLCP-совместимых виртуальных лабораторий

2.4. Методика проведения экспертизы оценочных средств и обработки их результатов

Набор ОС оценивается в соответствии со следующими критериями (табл. 2.11). Экспертами являются преподаватель и сами студенты (свои ОС студент не оценивает).

Таблица 2.11 – Критерии оценивания ОС

№	Критерий	Мнения эксперта по критерию (значение критерия)			
1	Соответствие типового задания запланированному результату обучения (РО)	полностью соответствует (1)	соответствует, но не полностью (0,9-0,6)	сомневаюсь оценить (0,5)	скорее не соответствует (0,4-0)
2	Полнота плана контроля РО	покрывает полностью все возможные ошибки (1)	покрывает, но не полностью (0,9-0,6)	сомневаюсь оценить (0,5)	скорее не покрывает (0,4-0)
3	Полнота диагностики РО набором ОС	полностью диагностирует (1)	диагностирует, но не полностью (0,9-0,6)	сомневаюсь оценить (0,5)	скорее не диагностирует (0,4-0)
4	Методическая ценность ОС	все задания являются оригинальными (1)	не все задания являются оригинальными (0,9-0,6)	сомневаюсь оценить (0,5)	задания скорее не являются оригинальными (0,4-0)

Критерий К1 оценивает соответствие предложенного типового задания запланированному результату обучения. Поэтому в презентации необходимо представить описание результата обучения. Как видно из таблицы 2.11, все критерии являются нечеткими, их значения выбираются из интервала [0, 1] и выражают мнение эксперта. При обработке экспертных данных необходимо определить меру нечеткости мнения экспертов.

Линейное расстояние (расстояние Хемминга) между оценками множества критериев двух экспертов $A = \sum_{i=1}^n \mu_A(u_i)/u_i$ и

$B = \sum_{i=1}^n \mu_B(u_i)/u_i$ определяется как:

$$d(A, B)^L = \sum_{i=1}^n |\mu_A(u_i) - \mu_B(u_i)|$$

Здесь n – количество критериев (равно 4).

Мера нечеткости мнения эксперта $A - D(A)$ определяется расстоянием этого множества до ближайшего к нему четкого множества A_0 , т.е.

$$D^L(A) = \sum_{i=1}^n |\mu_A(u_i) - \mu_{A_0}(u_i)|.$$

Здесь степени принадлежности множеству A_0 определяются по следующему правилу:

$$\forall u \in U : \mu_{A_0}(u) = \begin{cases} 1, & \text{если } \mu_A(u) \geq 0,5 \\ 0, & \text{если } \mu_A(u) < 0,5 \end{cases}$$

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ЭЛЕКТРОННЫХ КУРСАХ

Моделирование образовательного процесса в электронном курсе связано с построением двух моделей: модели иерархии РО и модели сценария обучения (план-графа) [5]. Модель иерархии РО – это графовая модель, устанавливающая взаимосвязи между формируемыми компетенциями в курсе. План-граф – это гиперграфовая модель, устанавливающая причинно-следственные связи между базовыми образовательными модулями (БОМ) курса. В основе их построения лежит представление об образовательном пространстве курса, в которое отобрано и структурировано такое содержание, которое необходимо и достаточно для достижения ожидаемых в КМВ результатов обучения.

3.1. Модель образовательного пространства электронного курса

Модель образовательного пространства курса представляет собой дискретное пространство Q (рис. 3.1), в котором каждое состояние $X = \{x_0, x_1, \dots, x_n\}$ моделирует элементарный (неделимый) РО, неразрывно связанный с определенным БОМ для формирования этого РО в курсе. Таким образом, наблюдается двойственность состояний в пространстве Q : с одной стороны, они моделируют элементарные РО, а, с другой стороны, – отдельные элементы содержания курса в виде БОМ.

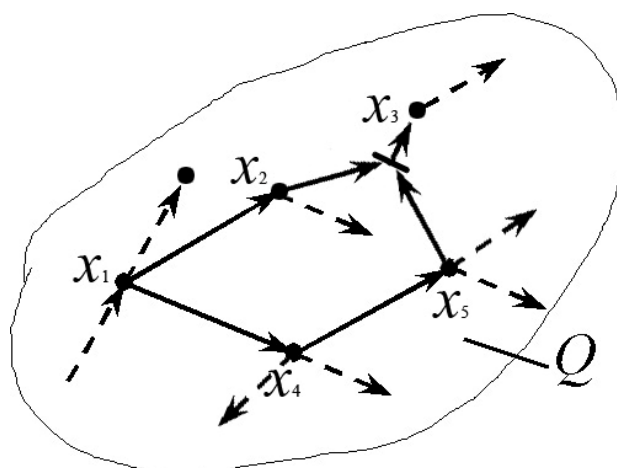


Рисунок 3.1 – Фрагмент модели образовательного пространства

Элементарный РО – это совокупность знаний, умений и навыков, неразрывность которой определена единством содержания БОМ для формирования вполне определенной способности что-то делать. Идентификатором элементарного РО является компетенция, дальнейшая детализация которой невозможна (ведет к формулировкам отдельных умений и навыков). В дальнейшем такую компетенцию будем также называть элементарной.

Отбором содержания БОМ управляют элементарные РО. Элементарные РО, которые должны быть сформированы до начала изучения БОМ, определяют его пререквизиты (требования к тому, что уже должен знать, уметь делать и какие навыки должны быть перед началом его изучения). Элементарный РО, который должен быть сформирован после изучения данного БОМ, определяет реквизиты (цель изучения) данного модуля. Проектирование содержания БОМ – это процесс отбора из избыточного содержания предметной области такого *минимального содержания* предметной области, которое позволит сформировать, измерить и оценить соответствующую элементарную компетенцию курса. Поэтому на этапе проектирования курса необходимо определить пререквизиты и реквизиты БОМ курса и по ним установить причинно-следственные связи между элементарными РО в пространстве Q . Такие связи могут быть прямыми и (или) опосредованными (через другие состояния в пространстве Q).

3.2. Модель иерархии результатов обучения электронного курса

Модель иерархии РО для формирования некоторой исходной компетенции (рис. 3.2) представляет собой корневое дерево, в котором вершины моделируют различные компетенции, полученные путем детализации исходной компетенции (корень дерева y_0), а дуги – отношение вложенности этих компетенций. Листья в этом дереве соответствуют элементарной компетенции, а каждый путь $\mu_i = (y_0, \dots, y_i)$, идущий из корня y_0 дерева к его листу y_i , моделирует связь исходной компетенции с одной из элементарных компетенций через другие компетенции, полученные в процессе детализации

исходной компетенции. Количество листьев в дереве определяет модульную структуру предметной области обучения для формирования данной исходной компетенции (состав БОМ).

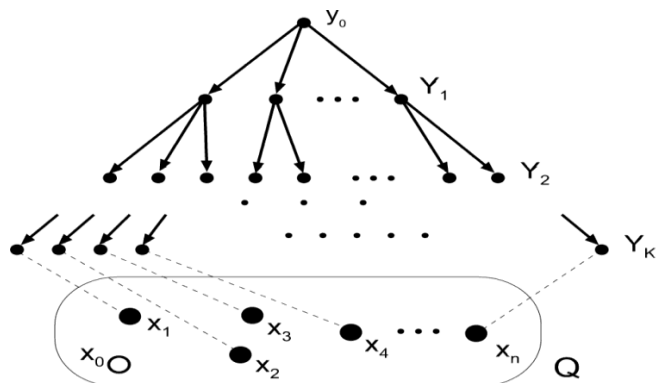


Рисунок 3.2 – Модель иерархии РО курса с одной исходной компетенцией

Если для проектирования электронного курса используются несколько исходных компетенций, то модель иерархии РО (рис. 3.3) представляет собой композицию корневых деревьев. Здесь $KB_1, \dots, KB_i, \dots, KB_N$ – корни деревьев, моделирующих соответствующие исходные компетенции курса. На первом уровне находятся вершины, моделирующие составные компетенции, полученные при детализации соответствующих исходных компетенций, на третьем уровне – вершины, моделирующие составляющие компетенции (компетенции, определяющие разделы курса), а на четвертом уровне – элементарные компетенции (компетенции, определяющие БОМ курса). Характерной особенностью этой модели являются вершины третьего уровня, которые относятся к различным корневым деревьям в этой модели.

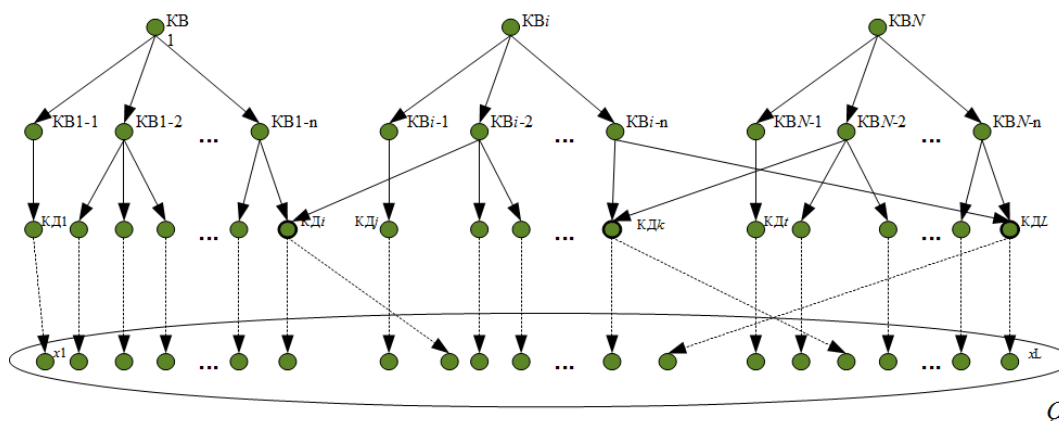


Рисунок 3.3 – Модель иерархии РО курса с несколькими исходными компетенциями

3.3. Методика построения модели иерархии результатов обучения электронного курса

Для построения модели иерархии РО в качестве основы используется КМВ курса, которая определяет вершины первых трех уровней. Требуется определить элементарные компетенции, которые получаются путем детализации составляющих компетенций (компетенции раздела курса). Следует заметить, что элементарные компетенции соответствуют не только тем РО, которые ожидаются в КМВ после изучения этого раздела (измеряются и оцениваются после завершения всего курса в интернет-экзамене), но тем РО, которые способствуют их формированию, в том числе на более низком уровне.

Методика разработки элементарных компетенций состоит из следующих шагов.

1. Провести анализ ожидаемых РО (знаний, умений и навыков из КМВ раздела), определить целевые элементарные компетенции (способность что-то делать) на их основе.
2. Определить вспомогательные элементарные компетенции, которые необходимы и достаточны для подготовки к формированию целевых элементарных компетенций.

Пример 3.1. Используем данную методику для разработки элементарных компетенций в разделе №2, ожидаемые РО которого приведены в КМВ курса «Методы и алгоритмы теории графов» (табл. 1.10). Из анализа ожидаемых РО вытекает формулировка трех целевых элементарных компетенций этого раздела: находить минимальные по длине маршруты в связном графе, находить минимальные по весу маршруты в связном графе, определять метрические характеристики связного графа. Для подготовки к формированию целевых элементарных компетенций требуется предварительно освоить следующие вспомогательные элементарные компетенции: исследовать связность неографа, исследовать связность орграфа. В таблице 3.1. приведены результаты планирования всех элементарных компетенций раздела. Они определяют 5 вершин (листа) в модели иерархии РО (рис. 3.3) и состав БОМ в разделе №2 этого курса.

Таблица 3.1 – Элементарные компетенции для раздела №2 курса

№ раздела	Составляющая компетенция	Элементарная компетенция	
		№	Формулировка
2.	Владеть базовыми знаниями для исследования связности графов, применять алгоритмы поиска минимальных	2.1	Исследовать связность неографа
		2.2	Исследовать связность орграфа
		2.3	Находить минимальные по длине маршруты в связном графе
		2.4	Находить минимальные по весу маршруты в связном графе

маршрутов в связном графе	2.5	Определять метрические характеристики связного графа
---------------------------	-----	--

3.4. План-граф электронного курса

План-граф представляет собой гиперграф $H(X, P)$, состоящий из множества вершин X и множества ориентированных гиперребер P , причем, $P \neq \emptyset$. Вершины X моделируют элементарные РО в пространстве Q , а ориентированные гиперребра P – причинно-следственные связи между ними.

План-граф является моделью, связывающей элементарные РО и БОМ курса. При построении план-графа необходимо учитывать требование компетентностного подхода: перечень элементарных РО является уникальным, для формирования каждого элементарного РО подобрано необходимое и достаточное содержание соответствующего БОМ. Следствием этого обстоятельства является основное свойство план-графа – *единственность стока для каждого гиперребра* (рис. 3.4). Ориентированное гиперребро $p_r = (I_r; x_r) \in P$ имеет:

- единственную вершину стока – x_r ;
- подмножество вершин истока – $I_r \neq \emptyset, I_r \subset X \setminus \{x_r\}$.

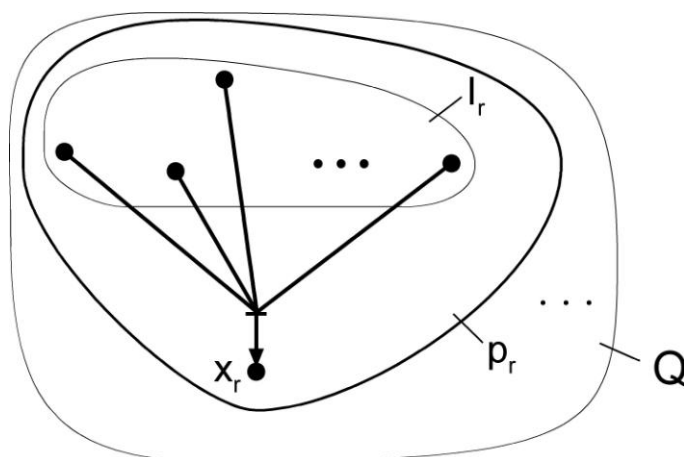


Рисунок 3.4 - Сток и истоки гиперребра p_r

Вариативность элементарных РО, непосредственно предшествующих формированию РО, моделируемого вершиной стока гиперребра – x_r , устанавливается отношением на множестве вершин его истока I_r . Для этого на множестве вершин истока I_r строится предикат, описывающий то, какие элементарные РО обязательно должны быть сформированы (И) перед началом формирования РО, соответствующего вершине стока x_r , а какие РО могут быть альтернативными (ИЛИ).

Множество вершин $X_{баз} = X_1 \cup \dots \cup X_i \cup \dots \cup X_m$ состоит из упорядоченных подмножеств вершин $X_i \neq \emptyset$, моделирующих сопоставимые элементарные РО, полученные с использованием различные уровней, например, 31-У1-СЛ1, 32-У2-СЛ1 и т.д.; m – количество таких уровней (рис. 3.5).

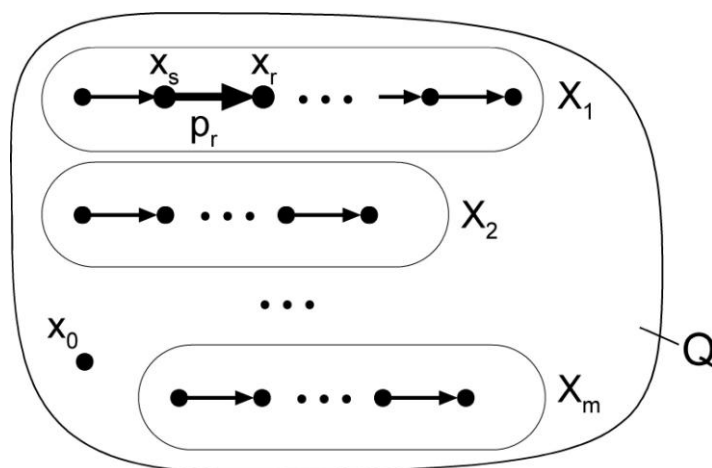


Рисунок 3.5 - Упорядоченность вершин $X_{баз}$

Последнее обстоятельство приводит к построению отношения порядка в $H(X,P)$, которое определяет наличие в множестве гиперребер P :

- дуг (рис. 3.5), у которых исток $I_r = \{x_s\}$ и сток x_r принадлежат одному и тому же упорядоченному подмножеству вершин $X_i = \{\dots, x_s, x_r, \dots\}$, (бинарное отношение линейного порядка);
- мультидуг (рис. 3.6), у которых исток $I_r = \{x_s\}$, $x_s \in X_i$ и сток $x_r \in X_j$ лежат в разных подмножествах вершин $X_i, X_j \subset X_{баз}$, причем исток x_s указывает на состояние, моделирующее минимальный уровень формирования РО, в X_i («не ниже, чем...») и распространяет это отношение на вершины x_{s+1}, x_{s+2}, \dots данного подмножества X_i (бинарное отношение нелинейного порядка);
- ориентированных мультигиперребер (рис. 3.7), у которых исток $I_r = \{x_s, x_v, \dots\}$ имеет две и более вершин, причем каждая вершина истока указывает на состояние, моделирующее минимальный уровень формирования РО, («не ниже, чем...») соответствующего упорядоченного подмножества и распространяет это отношение на вершины x_{s+1}, x_{s+2}, \dots (от вершины x_s), x_{v+1}, x_{v+2}, \dots (от вершины x_v), ... (n -арное отношение нелинейного порядка).

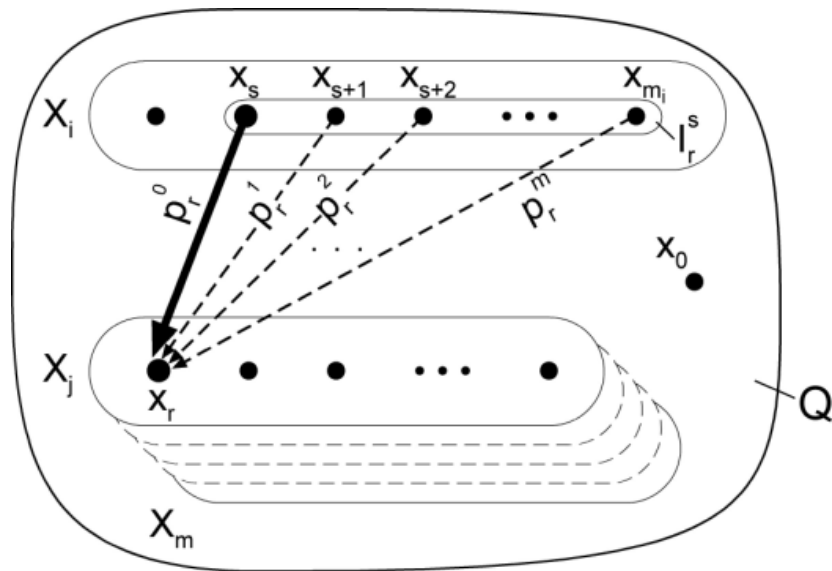


Рисунок 3.6 - Пример мультидуги

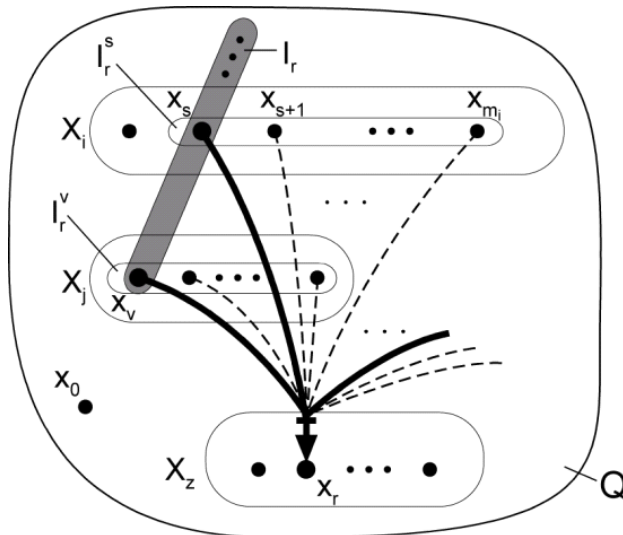


Рисунок 3.7 - Пример мультигиперребра

Отношение порядка план-графа определяет следующие особенности множества X (рис. 3.8):

- вершина $x_0 \in X$ – единственная в план-графе, у которой полустепень захода $\rho^+(x_0) = 0$, у любой другой вершины $x_i \in X$ – $\rho^+(x_i) = 1$;
- существует одна или несколько вершин $x_i \in X$, у которых полустепень исхода $\rho^-(x_i) = 0$: эти вершины соответствуют конечным состояниям образовательного процесса (в пределах данного образовательного пространства);
- любая вершина $x_i \in X$, не являющаяся вершиной конечного состояния образовательного процесса, имеет $\rho^-(x_i) \geq 1$.

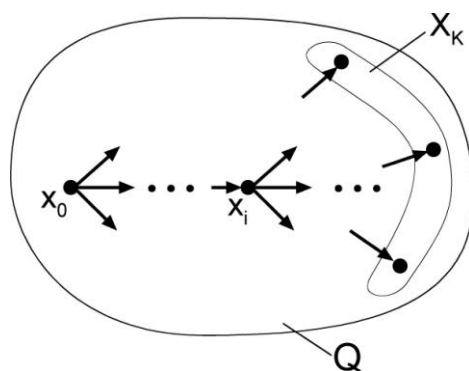


Рисунок 3.8 - Полустепени вершин план-графа

План-граф для разработанного образовательного пространства Q является связным гиперграфом, причем связность гиперграфа $H(X, P)$ – слабая, что отражает направленность образовательного процесса по достижению ожидаемого РО. В таком план-графе существует один и только один путь η_i , соединяющий вершину x_0 с вершиной x_i : $\forall x_i \in X \exists! \eta_i = (x_0, \dots, x_i)$. План-граф состоит из $(n+1)$ -вершин и n - гиперребер, где n – количество состояний образовательного пространства, отличных от x_0 .

3.5. Методика разработки план-графа электронного курса

План-граф является моделью сценария обучения в модульном электронном курсе. План-граф имеет два уровня представления:

1. План-граф, моделирующий сценарий обучения на уровне БОМ (сценарий верхнего уровня).
2. План-граф, моделирующий сценарий обучения внутри отдельного БОМ (сценарий для БОМ, его разработка рассматривается в главе 4).

Методика разработки план-графа для сценария верхнего уровня состоит из следующих шагов.

1. По разработанной модели иерархии РО определить множество вершин в гиперграфе $X = \{x_0, x_1, \dots, x_n\}$, где x_0 – вершина, моделирующая начало обучения в курсе, n – количество листьев в корневом дереве.
2. Запланировать знания, умения и навыки БОМ для формирования элементарных компетенций, выделить в них ожидаемые РО.
3. На множестве вершин $X = \{x_0, x_1, \dots, x_n\}$ определить множество ориентированных гиперребер $P = \{p_1, \dots, p_n\}$, в котором каждое r -ое гиперребро $p_r = (I_r ; x_r)$ имеет единственную вершину стока x_r (моделирует элементарный РО, реквизит соответствующего БОМ) и множество вершин истока $I_r \subset X$ (моделируют элементарные РО, которые непосредственно предшествуют началу формирования элементарного РО, определяют пререквизиты БОМ).
4. Изобразить гиперграф на рисунке.

Пример 3.2. Используем данную методику для разработки фрагмента плана графа верхнего уровня в разделе №2 электронного курса «Методы и алгоритмы теории графов», модель иерархии РО которого приведена в таблице 3.1. В таблице 3.2. приведены результаты планирования знаний, умений и навыков в БОМ этого раздела для формирования элементарных компетенций раздела на двух уровнях 31-У1-СЛ1 и 32-У2-СЛ1. Здесь курсивом выделены ожидаемые РО, которые взяты из КМВ (табл. 1.10).

Таблица 3.2 – Планируемые РО в БОМ раздела №2

№	Элементарная компетенция	Планируемые результаты обучения в БОМ	
		на уровне 31-У1-СЛ1	на уровне 32-У2-СЛ1
2.1	Исследовать связность неографа	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> • терминологический базис для исследования связности неографов, • понятие разделяющего множества связного графа, <p>умения:</p> <p>13. находить в заданном связном неографе цепи и простые цепи,</p> <p>14. находить в заданном связном неографе мост.</p>	<p>Знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методика исследования связности неографа на основе ряда степенных графов, <p>умения:</p> <p>15. устанавливать связность в заданном неографе.</p>
2.2	Исследовать связность орграфа	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> • терминологический базис для исследования связности орграфов, • понятие множества достижимости вершины графа, • понятие и классификация видов связности орграфов, • понятие подграфа и графа-конденсата, 	<p>Знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методика исследования связности орграфов на основе анализа множеств достижимости вершин, • методика исследования связности орграфов на основе конденсирования, <p>умения:</p> <p>18. определять вид связности заданного орграфа (сильная,</p>

		умения: 16. находить в заданном связном орграфе пути и простые пути, полупути и простые полупути, 17. находить в заданном орграфе сильные подграфы.	слабая или односторонняя).
2.3	Находить минимальные по длине маршруты в связном графе	знания: <ul style="list-style-type: none"> понятие минимального маршрута в графе (по длине или весу), умения: <ul style="list-style-type: none"> находить в заданном связном графе минимальные маршруты между указанной парой вершин. 	Знания: <ul style="list-style-type: none"> <i>волновой алгоритм,</i> навыки: <ul style="list-style-type: none"> <i>решать задачу поиска минимального маршрута в связном графе волновым алгоритмом.</i>
2.4	Находить минимальные по весу маршруты в связном графе		Знания: <ul style="list-style-type: none"> <i>алгоритм Форда-Беллмана,</i> навыки: <ul style="list-style-type: none"> <i>19. решать задачу минимального маршрута во взвешенном графе с помощью алгоритма Форда-Беллмана.</i>
2.5	Определять метрические характеристики связного графа		Знания: <ul style="list-style-type: none"> <i>правила определения метрических характеристик связного графа (диаметра, радиуса, центра и периферии),</i> умения: <ul style="list-style-type: none"> <i>20.определять диаметр, радиус, центр и периферию графа заданного графа.</i>

В таблице 3.3 приведены результаты разработки фрагмента план-графа для раздела №2. Здесь исток(и) первого гиперребра определяются элементарными РО из раздела №1, а веса гиперребер определяются экспертно исходя из того, что трудоемкость в электронном обучении составляет 30% от трудоемкости изучения аналогичного материала в традиционном обучении.

Таблица 3.3 – План-граф для раздела №2

Гиперребро		Наименование БОМ	Формы текущего контроля	Вес гиперребра (трудоемкость, час.)
исток(и)	сток			
-	2.1	Связность в неографах	опросы	1
2.1	2.2	Связность в орграфах	опросы	2
2.2	2.3	Волновой алгоритм	опросы, практические упражнения	3
2.3	2.4	Алгоритм Форда-Беллмана	практические упражнения	3
2.3	2.5	Метрические характеристики связного графа	опросы	1
ИТОГО:				10

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БАЗОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ В ЭЛЕКТРОННЫХ КУРСАХ

Проектирование БОМ состоит в отборе и структурировании содержания, необходимого и достаточного для достижения планируемых РО [9].

4.1. Принципы разработки структуры содержания БОМ

Структура содержания БОМ разрабатывается на основе следующих принципов:

21. Обучение делится на этапы, каждый этап длится не более 15 минут и завершается текущим контролем РО.
22. Основными формами текущего контроля в электронных курсах являются опросы и практические упражнения.

Проектирование структуры содержания БОМ состоит из следующих шагов:

1. Анализ запланированных РО в модуле и установление этапов их формирования и текущего контроля (этапы и их цели).
2. Отбор содержания этапа для формирования знаний и разработка плана его изучения (дидактика этапа).

3. Разработка оценочных средств текущего контроля умений и навыков (контроль достижения целей этапа).

4.2. Методика разработки этапов и целей обучения БОМ

Рассмотрим далее два примера разработки этапов в структуре содержания БОМ, целью которых является формирование знаний и контроль умения применять их на практике (умения и навыки). Пример 4.1 иллюстрирует разработку этапов в структуре содержания БОМ, в котором запланированы только знания и умения, а пример 4.2 - в котором запланированы еще и навыки.

Пример 4.1. Структура содержания БОМ «Связность в орграфах» (табл. 3.3) представлена в таблице 4.1. Здесь обучение разбито на три этапа, цель каждого этапа определена знаниями и умениями, запланированными в этом БОМ в таблице 3.2.

Таблица 4.1. – Структура содержания БОМ «Связность в орграфах»

№ этапа	Цель этапа	
	Формируемые знания	Контролируемые умения и навыки
2.2.1	Терминологический базис для исследования связности орграфов.	Находить в заданном связном орграфе пути и простые пути, полупути и простые полупути.
2.2.2	Понятие множества достижимости вершины графа. Понятие и классификация видов связности орграфов. Методика исследования связности орграфов на основе анализа множеств достижимости вершин.	Определять вид связности заданного орграфа (сильная, слабая или односторонняя).
2.2.3	Понятие подграфа и графа-конденсата. Методика исследования связности орграфов на основе конденсирования.	Находить в заданном орграфе сильные подграфы.

Пример 4.2. Структура содержание БОМ «Волновой алгоритм » (табл. 3.3) представлена в таблице 4.2. Здесь обучение разбито на два этапа, цель каждого этапа определена знаниями, умениями и навыками, запланированными в этом БОМ в таблице 3.2.

Таблица 4.2. – Структура содержания БОМ «Волновой алгоритм»

№ этапа	Цель этапа	
	Формируемые знания	Контролируемые умения и навыки

2.3.1	Понятие минимального маршрута в графе (по длине или весу).	Находить в заданном связном графе минимальные маршруты между указанной парой вершин.
2.3.2	Волновой алгоритм.	Решать задачу поиска минимального маршрута в связном графе волновым алгоритмом.

4.3. Методика разработки дидактики БОМ

Дидактика (содержательные единицы в определенном порядке следования) описывают процесс обучения при его реализации в электронном курсе. Каждый элемент дидактики определяет небольшую порцию содержания с примерами и иллюстрациями.

Пример 4.3. Дидактика содержания одного из этапов БОМ «Связность в орграфах» (табл. 4.1) приведена в таблице 4.3. Она задает порядок изучения содержания этого этапа, целью которого является формирование запланированного знания.

Таблица 4.3. – Содержание этапа в БОМ «Связность в орграфах»

№ этапа	Содержание этапа	
	Формируемые знания	Дидактика
2.2.1	Терминологический базис для исследования связности орграфов.	Понятие ориентированного маршрута в орграфе, длины маршрута. Понятие пути в орграфе. Понятие полупути в орграфе. Понятие простого пути в орграфе. Понятие простого полупути в орграфе. Понятие связного орграфа. Понятие ассоциированного с орграфом неографа. Применение методик исследования связности неографа для орграфов.

4.4. Методика разработки опросов для текущего контроля в БОМ

Основными формами текущего контроля в электронном курсе являются опросы и практические упражнения.

Опрос – это тестовое задание, при разработке которого автор курса акцентирует внимание на существенных элементах содержания и их взаимосвязи. При этом тестовое задание не должно являться простым воспроизведением того содержания, которое изучил слушатель; его главная задача – проверка применять полученные знания на практике. После ввода ответа слушатель должен иметь возможность ознакомиться с правильным

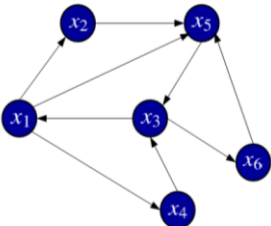
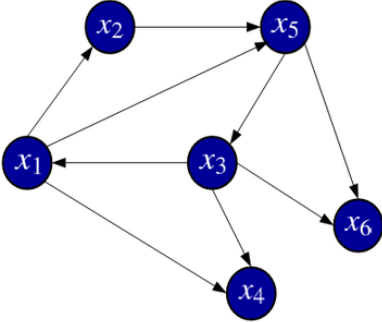
решением. Как правило, опрос служит для самопроверки слушателя электронного курса и позволяет ему приобрести уверенность в том, что он правильно понял содержание этого этапа обучения.

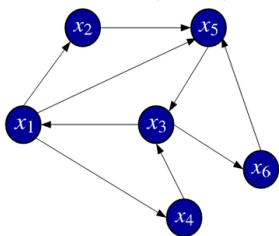
Практическое упражнение – это электронный стенд для отработки (тренинга) и оценки запланированного навыка.

Рассмотрим далее методику разработки опросов в БОМ «Связность в орграфах» (табл. 4.1).

Пример 4.4. Опросы для текущего контроля этапов обучения приведены в таблице 4.4. Здесь каждое оценочное средство для опроса в конце этапа контролирует запланированные умения.

Таблица 4.4. – Оценочные средства текущего контроля БОМ «Связность в орграфах»

№ этапа	Оценочные средства текущего контроля	
	Контролируемые умения и навыки	Оценочное средство
2.2.1	Находить в заданном связном орграфе пути и простые пути, полупути и простые полупути.	<p>Какие из приведенных упорядоченных последовательностей являются простыми путями в данном орграфе?</p>  <p> <input type="checkbox"/> $(x_1, x_2, x_5, x_3, x_1, x_4)$ <input type="checkbox"/> $(x_1, x_2, x_5, x_3, x_6)$ <input type="checkbox"/> $(x_1, x_5, x_3, x_1, x_4)$ <input type="checkbox"/> $(x_1, x_2, x_5, x_6, x_3, x_4)$ <input type="checkbox"/> $(x_1, x_2, x_5, x_3, x_4)$ </p>
2.2.2	Определять вид связности заданного орграфа (сильная, слабая или односторонняя).	<p>Определите верные утверждения для данного графа $G(X, U)$</p>  <p> <input type="radio"/> Граф $G(X, U)$ - сильносвязный граф <input type="radio"/> Граф $G(X, U)$ - слабосвязный граф <input type="radio"/> Граф $G(X, U)$ - односторонне связный граф </p>

2.2.3	Находить в заданном орграфе сильные подграфы.	<p>Какие из приведенных подмножеств вершин порождают сильные подграфы в данном орграфе?</p>  <p><input type="checkbox"/> (x_1, x_2, x_5, x_3)</p> <p><input type="checkbox"/> (x_1, x_2, x_5)</p> <p><input type="checkbox"/> (x_1, x_2, x_3)</p> <p><input type="checkbox"/> (x_2, x_5, x_6, x_3)</p> <p><input type="checkbox"/> $(x_1, x_2, x_5, x_3, x_4)$</p>
-------	---	---

Данные опросы используются в реальном онлайн-курсе <https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/AGRAPH/>. Обратите внимание, что все тестовые вопросы проверяют умение при решении ситуационных задач и используют в качестве исходных данных один и тот же орграф. Для опросов использована простейшая форма тестовых заданий закрытого типа (с выбором одного или нескольких правильных ответов), но при этом, например, в опросе 2.2.1 делается акцент на умение распознавать в последовательности простые пути, отличать их от путей и полупутей.

Правильное решение, которое доступно слушателю в электронном курсе после ввода ответа, усиливает акцент, сделанный автором курса в этом тестовом задании, например, в решении тестового задания 2.2.2 (рис. 4.1) дается разъяснение того, как применять методику определения характера связности орграфа в данном примере.

Решение:

Построим для вершин заданного орграфа их множества достижимости.

x	$R(x)$
x_1	$\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$
x_2	$\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$
x_3	$\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$
x_4	$\{x_4\}$
x_5	$\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$
x_6	$\{x_6\}$

1. Проверим условие сильной связности орграфа: $\forall x \in X : R(x) = X$. Условие не выполняется для вершин x_4 и x_6 , поэтому граф $G(X, U)$ не является сильносвязным орграфом.
2. Проверим условие слабой связности орграфа: $\exists x, y \in X : x \notin R(y) \& y \notin R(x)$. Условие выполняется для вершин x_4 и x_6 , поэтому граф $G(X, U)$ является слабосвязным орграфом.

Ответ: Граф $G(X, U)$ - слабосвязный граф

Рисунок 4.1 – Решение тестового задания для опроса 2.2.2

Литература

1. *Gagne Robert M.* The Conditions of Learning and Theory of Instruction. ISBN: 9780030636882. Wadsworth Pub Co, 1985. 352p.
2. *Chuck Hodell* SMEs From the Ground Up: A No-Nonsense Approach to Trainer-Expert Collaboration. ISBN: 978-1562868550. Association for Talent Development, 2013. 160p.
3. *Васильев В.Н., Лисицына Л.С., Шехонин А.А.* Концептуальная модель для извлечения результатов обучения из избыточного содержания образования. В науч.-техн. вестн. СПбГУ ИТМО. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010, Вып. 4 (68), С. 104-108.
4. Стандарты и руководство по обеспечению качества основных образовательных программ по подготовке бакалавров, магистров и специалистов по приоритетным направлениям развития Национального исследовательского Томского политехнического университета/ Абрашкина И.А., Боев О.В., Воронова Г.А. и др.; под ред. А.И. Чучалина. Томск: ТПУ, 2012. – 206с.
5. *Лисицына Л.С.* Теория и практика компетентностного обучения и аттестаций на основе сетевых информационных систем. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2006. 147 с.
6. *Лисицына Л.С., Лямин А.В., Шехонин А.А.* Разработка рабочих программ дисциплин (модулей) в составе основных образовательных программ, реализующих ФГОС ВПО. Методическое пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2011.– 63 с.
7. *Бердникова Е.А., Лямин А.В., Чежин М.С.* Методы и средства электронного адаптивного обучения в информационно-образовательной среде AcademicNT // Инф. тех. в обесп. нового кач. высш. обр. Сб. науч. статей. Книга 1 / Труды всероссийской научно-практической конф. с межд. участием "Инф. тех. в обесп. нового кач. высш. обр. (14 - 15 апреля 2010 г., Москва, НИТУ "МИСиС)". – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов НИТУ "МИСиС", 2010. – С.132-138.
8. *Ефимчик Е.А., Лямин А.В.* Средства разработки и тестирования RLSP-совместимых виртуальных лабораторий // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2012. – № 10. – С. 37-47.
9. *Васильев В.Н., Лисицына Л.С.* Планирование и оценивание ожидаемых результатов освоения компетенций ФГОС ВПО. В науч.-техн. вестн. Инф. технологий, механики и оптики. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. Вып. 2 (84). С. 142-148.

Приложение 1. Таксономическая таблица (тарификатор) результатов обучения
(компетенций)

Дескрипторы уровней знаний
(дифференциация требования “должен знать”)

Индекс уровня	Уровень	Дескриптор (описание уровня)
31	Знание – знакомство	Может узнавать объект, явление и понятие при повторном восприятии ранее усвоенной информации о них, находить в них различия и относить к той или иной классификационной группе, знание источников получения информации.
32	Знание – копия	Может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.
33	Знание – продукция (аналитические знания)	Может воспроизводить и понимать полученные знания, самостоятельно систематизировать их, т.е. представлять знания в виде элементов системы и устанавливать взаимосвязи между ними, продуктивно применять в отдельных ситуациях.
34	Знание – трансформация (системные знания)	Может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых нестандартных ситуациях.

Дескрипторы уровней умений
(дифференциация требования “должен уметь”)

Индекс уровня	Уровень	Дескриптор
У1	Первичные умения	Умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму и т.п. в известной ситуации.
У2	Репродуктивные умения	Умеет самостоятельно выполнять действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации.
У3	Продуктивные умения (умелая деятельность)	Умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации.

У4	Исследовательские умения	Умеет самостоятельно выполнять действия, связанных с решением исследовательских задач, творческое использование умений (технологий).
----	--------------------------	--

Дескрипторы уровней личностных качеств

(дифференциация понятия “отношение к осуществляемой деятельности”)

Индекс уровня	Уровень	Дескриптор
СЛ1	Ответственность	Демонстрирует позитивное отношение к учебной и трудовой деятельности, проявляет активность при выполнении порученного дела.
СЛ2	Инициативная ответственность	Проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, творческий подход, готовность самостоятельно выполнять порученное дело.

Приложение 2. Методические указания к лабораторной работе № 1

1. Изучить теоретический материал к данному разделу и получить (составить) индивидуальное задание к выполнению работы.
2. Сформулировать идею и название электронного курса.
3. Сформулировать цель электронного курса (исходные компетенции), определить его пререквизиты.
4. Провести детализацию исходных компетенций (выделить составные и составляющие компетенции).
5. Выбрать тарификатор результатов обучения и установить ожидаемые уровни формирования компетенций в курсе.
6. Запланировать ожидаемые результаты освоения компетенций (знания, умения, навыки) в электронном курсе в соответствии с установленными уровнями.
7. Составить отчет о выполненной работе по следующей форме и опубликовать его для проверки на форуме в системе ДО Университета ИТМО.

Отчет по лабораторной работе № 1

«Планирование ожидаемых результатов обучения в электронном курсе»

Студент: _____ группа _____

Название электронного курса: _____

Пререквизиты курса: _____

Цель курса: формирование следующих исходных компетенций его выпускника.

Индекс компетенции	Компетенция выпускника	Ожидаемый уровень освоения компетенции

Компетентностная модель выпускника электронного курса

№	Составляющая компетенция	Ожидаемые результаты обучения	
		<Индекс компетенции> (<уровень ее освоения>)	<Индекс компетенции> (<уровень ее освоения >)
1		знания: <ul style="list-style-type: none"> • , умения: 23.,	знания: <ul style="list-style-type: none"> • , умения: 25.,
		навыки: 24. .	навыки: 26. .
2		знания: <ul style="list-style-type: none"> • , умения: 27.,	знания: <ul style="list-style-type: none"> • , умения: 29.,
		навыки: 28..	навыки: <ul style="list-style-type: none"> • .
...

Приложение 3. Методические указания к лабораторной работе № 2

1. Изучить теоретический материал к данному разделу.
2. Разработать общую характеристику экзаменационной работы.
3. Разработать содержание и критерии оценивания тестовой части А для экзаменационной работы.
4. Разработать примеры оценочных средств для интернет-экзамена.
5. Составить отчет о выполненной работе по следующей форме и опубликовать его для проверки на форуме в системе ДО Университета ИТМО.

Отчет по лабораторной работе № 2

Тема: Оценочные средства для интернет-экзамена в электронном курсе «...»

Студент: _____ группа _____

Общая характеристика экзаменационной работы

№	Характеристика части экзаменационной работы	Проверяемые элементы содержания курса (разделы)	Характеристики заданий			Суммарный макс. балл
			кол-во	время (мин)	макс. балл за одно задание	
А	Проверка умения применять знания на практике					
В	Проверка навыков решения типовых задач					
ИТОГО:						

Содержание и критерии оценивания в части А

№	Типовое задание	Критерии для оценивания
1		
2		
...		

Оценочные средства для интернет-экзамена (часть А)

№	Типовое задание	Тестовое задание (пример)
1		
2		
...		

Приложение 4. Методические указания к лабораторной работе № 3

1. Изучить теоретический материал к данному разделу.
2. Подготовить презентацию оценочных средств (ОС) и выступить с ней на занятии.
3. Провести экспертизу ОС для проведения интернет-экзамена у других студентов.
4. Обработать результаты экспертизы ОС.
5. Составить отчет о выполненной работе по следующей форме и опубликовать его для проверки на форуме дисциплины в системе ДО Университета ИТМО.

Отчет по лабораторной работе № 3

Тема: Экспертиза оценочных средств для проведения интернет-экзамена

Студент: _____ группа _____

Экспертные оценки для моих ОС

№	Эксперт	Оценки по критериям				Сумма	Мера нечеткости мнения эксперта
		К1	К2	К3	К4		
1							
2							
...							
Мера нечеткости критерия							

Выводы:

Мои экспертные оценки ОС других студентов

№	Студент	Оценки по критериям				Сумма	Мера нечеткости моего мнения
		К1	К2	К3	К4		
1							

2							
...							
Мера нечеткости критерия							

Выводы:

Приложение 5. Методические указания к лабораторной работе № 4

1. Изучить теоретический материал к данному разделу.
2. Разработать модель иерархии результатов обучения электронного курса.
3. Разработать план-граф электронного курса.
4. Составить отчет о выполненной работе по следующей форме и опубликовать его для проверки на форуме дисциплины в системе ДО Университета ИТМО.

Отчет по лабораторной работе № 4

Тема: Разработка моделей для сценария обучения в электронном курсе «...»

Студент: _____ группа _____

Модель иерархии РО

Приводится рисунок модели в виде корневого дерева с необходимыми комментариями к нему в виде следующей таблицы.

№ раздела	Составляющая компетенция	Элементарная компетенция	
		№	Формулировка
1.		1.1	
		1.2	
		...	
2		2.1	
		2.2	
		...	
...			

План-граф электронного курса

Приводится рисунок план-графа с необходимыми комментариями к нему в виде следующей таблицы (на рисунке отметить звездочкой вершины, моделирующие элементарные компетенции, при формировании которых есть ожидаемые РО)

Гиперребро		Наименование БОМ	Формы текущего контроля	Вес гиперребра (трудоемкость, час.)
исток(и)	сток			
0	1.1			
	1.2			
	...			
ИТОГО:				
	2.1			
	2.2			
	...			
ИТОГО:				
...				
ВСЕГО:				

Приложение 6. Методические указания к лабораторной работе № 5

1. Изучить теоретический материал к данному разделу.
2. Выбрать один базовый образовательный модуль (БОМ) по ранее разработанному план-графу электронного курса.
3. Разработать структуру содержания БОМ, определить цели каждого этапа обучения в нем.
4. Разработать дидактику БОМ.
5. Разработать оценочные средства для текущего контроля в БОМ.
6. Составить отчет о выполненной работе по следующей форме и опубликовать его для проверки на форуме дисциплины в системе ДО Университета ИТМО.

Отчет по лабораторной работе № 5

Тема: Проектирование БОМ «...» для электронного курса «...»

Студент: _____ группа _____

Структура содержания БОМ

№ этапа	Цель этапа	
	Формируемые знания	Контролируемые умения и навыки

Содержание этапов БОМ

№ этапа	Содержание этапа	
	Формируемые знания	Дидактика

Оценочные средства текущего контроля БОМ

№ этапа	Оценочные средства текущего контроля	
	Контролируемые умения и навыки	Оценочное средство