



<http://doi.org/10.35596/2522-9613-2022-28-2-33-42>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 621.142.2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Н. И. ЛИСТОПАД, Е. А. БУЩИК

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)*

Поступила в редакцию 21 марта 2022

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2022

Аннотация. Представлен анализ основных подходов к проектированию информационных образовательных систем. Рассмотрены основы проектирования информационных образовательных систем (ИОС) с учетом современных требований цифровой трансформации. Сформулированы принципы проектирования ИОС; разработаны основные требования, предъявляемые к ИОС; описаны виды деятельности, которые планируется осуществлять в электронной (цифровой) форме. Авторами показано, что ожидаемые результаты от внедрения ИОС коснутся всех участников образовательного процесса, однако для каждого из участников эти эффекты будут разными. Предложены подходы для проектирования ИОС в виде инфологической, даталогической и физической моделей. Отдельно рассмотрена модель проектирования ИОС при преподавании конкретной дисциплины, а также – модель для построения ER-диаграммы. В то же время, ИОС является комплексной задачей и должна решать вопросы управления учебным процессом, автоматизировать и оптимизировать его работу.

Ключевые слова: информационная образовательная система, цифровая трансформация, модель проектирования системы, участник образовательного процесса, управление учебным процессом.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Листопад Н. И., Бущик Е. А. Проектирование информационных образовательных систем. *Цифровая трансформация.* 2022; 28(2): 33-42.

DESIGN OF DIGITAL EDUCATION SYSTEMS

NIKOLAI I. LISTOPAD, ELIZAVETA A. BUSHCHYK

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Submitted 21 March 2022

© Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2022

Abstract. An analysis of the main approaches to the design of information education systems is presented. The basics of designing information education systems (IES) are considered, taking into account the modern requirements of digital transformation.

The principles of designing the *IES* are formulated, the basic requirements for the *IES* are developed, the types of activities that are planned to be carried out in electronic (digital) form are described. The authors show that the expected results from the introduction of the *IES* will affect all participants in the educational process, however, for each of these participants, these effects will be different. Models for designing the *IES* in the form of an infological model, a datalogical model, a physical model are proposed. Additionally, a model for designing the *IES* when teaching a particular discipline, as well as a model for constructing *ER*-diagrams, were considered. At the same time, the *IES* is a complex task and it should solve the problems of managing the educational process, automate, and optimize it.

Keywords: information educational system, digital transformation, system design model, participant in the educational process, management of the educational process.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

For citation. Listopad N. I., Bushchuk E. A. Design of Digital Education Systems. *Digital Transformation*. 2022; 28(2): 33-42.

Введение

Цифровая трансформация образования выходит далеко за рамки информатизации учреждения образования. В современном мире происходит не просто использование цифровых технологий, а изменяются формы, методы и бизнес-процессы как в организации и проведении учебного процесса, так и в системе управления образованием. Ключевым признаком цифрового университета является комплексная многоуровневая интегрированная среда на основе информационно-коммуникационных технологий (далее ИКТ-технологий): с разработкой и управлением образовательным контентом, интеграцией с информационными системами различного уровня, выстраиванием образовательных траекторий в соответствии с потребностями обучающихся [1].

Актуальность разработки информационной системы обусловлена тем, что перспективной задачей учреждений образования является повышение цифровой грамотности педагогов, ориентированной на применение цифровой среды в образовательном процессе. Цифровая среда требует от педагогов совершенно иных подходов и форм работы с обучающимися. Педагог должен создавать и применять контент посредством цифровых технологий, включая навыки компьютерного программирования, поиска, обмена информацией, коммуникации.

Реализация образовательных программ с применением ИКТ, использование различных «...подходов, форм, методов и средств позволяет последовательно моделировать социальное содержание будущей профессиональной деятельности» и обеспечивает обучающимся получение информации, непрерывность образования и в целом расширение образовательного пространства БГУИР [2].

Использование информационной системы обеспечит возможность педагогу постоянно совершенствовать учебный материал, проводить оперативный контроль над учебным процессом, внедрять новые организационные формы обучения. Внедрение информационной системы в обучение значительно разнообразит процесс восприятия и отработки информации: обучающимся предоставляется возможность овладения большим объемом информации с последующим анализом и сортировкой. Значительно расширяется и мотивационная основа учебной деятельности. В результате работы с информационной системой у обучающегося развивается самостоятельность мышления, формируется умение делать обобщения, использовать знания с элементами творчества в новых условиях, самостоятельно находить ответы на вопросы.

Проектирование информационной образовательной системы.

Под информационной образовательной системой (ИОС) следует понимать «...совокупность банков данных, информационных технологий и комплекса (комплексов) программно-технических средств», использование которых в образовательном процессе направлено на формирование творческой, социально и профессионально развитой личности [3].

Информационно-образовательная система должна строиться на следующих принципах¹:

а) актуальность – в первую очередь должны быть реализованы наиболее важные задачи, от решения которых зависит достижение главной цели, а именно – подготовка будущих специалистов;

б) этапность – разработка ИОС не может быть выполнена сразу в полном объеме и должна осуществляться поэтапно, последовательно переходя от основных элементов ко второстепенным, от простых к более сложным по мере накопления опыта и развития структуры самой системы;

в) типизация и унификация проектирования – при разработке различных подсистем ИОС необходимо опираться на типовые решения, а также общие правила построения пользовательского интерфейса;

г) рациональность сочетания возможностей человека и техники – наличие необходимости обоснования и рационального распределения функций в ИОС между субъектами и техническими средствами с целью наиболее эффективного использования их возможностей;

д) многокомпонентность – включает в себя программное обеспечение, учебно-методические материалы, тренинговые системы, базы данных, технические средства, хранилища информации;

е) интегральность – совокупность базовых знаний, определенных профилем будущих специалистов; учебно-методические материалы; междисциплинарные связи, позволяющие детализировать и углубить знания;

ж) распределенность – информационная компонента системы оптимально распределена по серверам с учетом ограничений и требований технических средств;

з) адаптивность – система должна быть гибкой, т.е. изменять свое информационное ядро и органично внедряться в традиционную систему образования, не нарушая ее принципов и структуры построения².

Сформулируем требования, предъявляемые к ИОС.

1. Полнота обработки информации – обеспечение необходимой информацией в необходимом объеме.

2. Эффективность – определяется сопоставлением всех затрат и получаемых при этом результатов.

3. Качество – степень приспособленности системы к выполнению заданных функций.

Среди основных свойств, определяющих качество функционирования ИОС, выделяют следующие:

– адекватность функционирования ИОС;

– наличие технических возможностей информационной системы к взаимодействию, совершенствованию и развитию;

– надежность и своевременность представления информации и выполнения функциональных технологических операций;

– полноту, безошибочность, актуальность и конфиденциальность представляемой информации.

4. Надежность ИОС определяется надежностью ее технических средств и программного обеспечения, а также возможными ошибками исполнителей.

5. Безопасность ИОС предполагает такое ее функционирование, при котором обеспечивается защита информации, циркулирующей в этой системе; защита пользователей информационной системы от вредного воздействия как различной информации, так и объектов самой системы; защита информационной системы и ее объектов от несанкционированного изменения ее заданных параметров и режима эксплуатации.

¹ Бущик, Е. А. Информационная система для обеспечения образовательного процесса по дисциплине «Основы системного анализа»: диссертация магистра техники и технологии: 1-39 81 03 / науч. рук. Н. И. Листопад. – Минск: БГУИР, 2021. – 72 с.

² Закон Республики Беларусь 10 ноября 2008 г. № 455-3 Об информации, информатизации и защите информации [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=h10800455>. – Дата доступа: 22.03.2022.

6. Удобство использования – требование максимального учета в разрабатываемой системе особенностей соответствующего подразделения, состава, содержания и форм обрабатываемой в нем информации и разрабатываемых документов; обеспечение наглядности представления результатов решения в интересах повышения оперативности и качества управления.

7. Модульность – возможность строить ИОС и ее элементы из относительно самостоятельных и функционально завершенных стандартных частей – модулей.

8. Масштабируемость – обеспечение в процессе создания ИОС возможности предсказуемого роста системных характеристик (быстроты реакции, количества поддерживаемых пользователей, общей производительности и пр.) при добавлении к системе вычислительных ресурсов.

9. Сопровождаемость – обеспечение высокой степени приспособленности системы к длительной эксплуатации, к ее доработке и совершенствованию в интересах улучшения качества функционирования или удовлетворения дополнительных требований пользователей³.

ИОС должна обеспечивать возможность осуществлять в электронной (цифровой) форме следующие виды деятельности:

- планирование образовательного процесса;
- размещение и сохранение материалов образовательного процесса, информационных ресурсов, в том числе работ обучающихся и педагогов, используемых участниками образовательного процесса;
- фиксацию хода образовательного процесса и результатов освоения образовательных программ;
- взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе – дистанционное посредством сети Интернет; возможность использования данных, формируемых в ходе образовательного процесса для решения задач управления образовательной деятельностью;
- контролируемый доступ участников образовательного процесса к информационным образовательным ресурсам сети Интернет;
- взаимодействие учреждения образования с органами, осуществляющими управление в сфере образования, а также с другими учреждениями образования и организациями.

Ожидаемые результаты от разработки и внедрения ИОС отличаются для участников образовательного процесса.

Для системы образования в целом это могут быть следующие результаты:

- будут решены основные проблемы инфраструктурного обеспечения системы образования;
- повысится качество образовательных услуг;
- уменьшится количество издаваемой печатной продукции;
- повысится эффективность управления системой образования.

Для педагогических работников можно ожидать следующее:

- высвободится время непосредственно для работы с обучающимися;
- упростится и ускорится доступ к необходимым для проведения занятий материалам;
- будет внедрена система непрерывного педагогического профессионального развития, основанная на новых методах и технологиях обучения.

Непосредственно для обучающихся будет реализовано следующее:

- будет внедрен принцип мобильности обучения, получит широкое развитие дистанционное обучение;
- произойдет внедрение личностно-ориентированного подхода в процесс обучения, выстраивание персональной образовательной траектории обучающегося;
- будут созданы равные возможности для получения качественных образовательных услуг на уровне современных требований вне зависимости от места проживания и обучения;

³ Информационно-образовательная система [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: https://spravochnick.ru/pedagogika/chto_takoe_obrazovatel'naya_sistema/informacionno-obrazovatel'naya_sistema/. – Дата доступа: 15.03.2022.

– на этой основе будет обеспечено формирование личности, адаптированной к жизни в информационном обществе со всеми его возможностями, вызовами и рисками⁴.

Модели, положенные в основу проектирования информационных образовательных систем

Инфологическая модель проектирования ИОС.

Как известно, основными конструктивными элементами инфологических моделей являются сущности, связи между ними и их свойства (атрибуты).

Сущность – любой различимый признак, информацию о котором необходимо хранить в базе данных. Необходимо различать такие понятия, как «тип сущности» и «экземпляр сущности». Понятие «тип сущности» относится к набору однородных личностей, предметов, событий или идей, выступающих как целое, в то время как «экземпляр сущности» относится к конкретной вещи в наборе.

Атрибут – любая характеристика сущности, значимая для рассматриваемой предметной области. Атрибут может быть либо обязательным, либо необязательным.

Ключ – минимальный набор атрибутов, по значениям которых можно однозначно найти требуемый экземпляр сущности. Минимальность означает, что исключение из набора любого атрибута не позволяет идентифицировать сущность по оставшимся. Каждая сущность обладает хотя бы одним возможным ключом. Один из них принимается за первичный ключ, а другой за внешний ключ, который представляет собой отношение между таблицами⁵.

Процесс проектирования ИОС, реально используемой при преподавании той или иной дисциплины, может быть представлен в виде модели, изображенной на рис. 1.

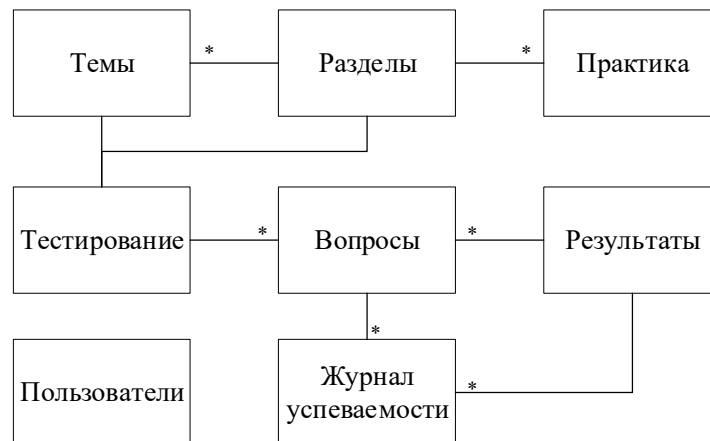


Рис. 1. Модель проектирования ИОС при преподавании конкретной дисциплины
Fig. 1. IES design model for teaching a specific discipline

Одними из основных составляющих ИОС при преподавании любой дисциплины являются вопросы. Рассмотрим этот аспект более подробно.

Могут быть использованы следующие *типы вопросов*: одиночный; множественный; вопрос со свободным ответом; вопрос на упорядочивание; вопрос на классификацию; вопрос на сопоставление.

Тип вопроса «Одиночный ответ». Вопрос одиночного типа может содержать неограниченное количество вариантов ответов. Ответы могут быть представлены как в виде текста, так и в виде картинок. При тестировании пользователь может выбрать только один вариант ответа в качестве правильного.

⁴ Понятие автоматизированных информационных систем [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: https://studopedia.ru/4_56996_vopros-ponyatie-avtomatizirovannih-informatsionnih-sistem-klassifikatsiya-ais.html. – Дата доступа: 07.02.2022.

⁵ Концепция цифровой трансформации процессов в системе образования Республики Беларусь на 2019–2025 годы [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://crit.bspu.by/wp-content/uploads/2021/08/concept.pdf>. – Дата доступа: 18.03.2022.

Тип вопроса «Множественный ответ». Один или несколько вариантов ответа могут быть правильными. При тестировании пользователь может выбрать как один, так несколько вариантов ответа в качестве правильных. Количество возможных ответов ограничено количеством правильных ответов. Т.е. если на вопрос есть три правильных ответа, то нельзя дать больше трех ответов: после выбора трех вариантов остальные блокируются.

Тип вопроса «Вопрос со свободным ответом». Такой тип вопроса предполагает самостоятельное написание ответа пользователем. Также есть возможность прикрепить к ответу файл. Такие ответы проверяются преподавателем и влияют на общий результат теста.

Тип вопроса «Вопрос на упорядочивание». Данный тип вопроса предполагает размещение вариантов ответа в правильном порядке. Для перемещения элемента необходимо «кликнуть» по нему, зажать и, не отпуская, перетащить в нужное место, после чего отпустить «кнопку».

Тип вопроса «Вопрос на классификацию». В данном типе вопросов необходимо отнести варианты ответов в предлагаемые категории. Варианты ответов нужно «перетаскивать» в выбранные категории по аналогии с вопросом на упорядочивание. Вопрос, уже помещенный в категорию, можно удалить посредством нажатия на иконку корзины напротив выбранного элемента.

Тип вопроса «Вопрос на сопоставление». Для типа вопросов на сопоставление необходимо сложить варианты ответов с соответствующими им парными вариантами. Все варианты ответов расположены в левой колонке. Парные варианты расположены в правой колонке – эти варианты нужно перетянуть и соединить с вариантами в левой колонке, т.е. таким образом «сложить пазл» с правильным ответом. Если при ответе была допущена ошибка, то неправильный вариант можно удалить и ответить заново.

Проектирование даталогической модели.

Даталогическая модель описывает логику связей между атрибутами объектов, не привязываясь к их содержанию и технологии хранения, и может быть представлена как реляционная, так и иерархическая или даже сетевая. Именно в таком понимании данная модель использована авторами при построении информационных образовательных систем.

При проектировании информационных образовательных систем основной акцент был сделан именно на реляционную даталогическую модель, которая, как известно, базируется на понятиях реляционной алгебры, таких как таблица, строка, столбец, отношение, первичный и внешний ключи.

Под первичным ключом понимается столбец, значение которого однозначно идентифицирует строку таблицы.

Внешний ключ – это также столбец, значение которого однозначно определяет значение первичного ключа другой таблицы.

При проектировании информационной образовательной системы был использован понятный пользователю список, который приведен в табл. 1.

Таблица 1. Описание ключей таблиц, использованных в базе данных
Table 1. Description of table keys used in the database

Название таблицы	Первичный ключ	Внешний ключ
Темы	<i>id_темы</i>	<i>id_раздела</i>
Разделы	<i>id_раздела</i>	–
Практика	<i>id_практика</i>	<i>id_раздела</i>
Тесты	<i>id_теста</i>	<i>id_раздела</i> <i>id_темы</i>
Вопросы	<i>id_вопроса</i>	<i>id_теста</i> <i>id_результата</i>
Результаты	<i>id_результата</i>	<i>id_теста</i> <i>id_журнал_успеваемости</i>
Журнал успеваемости	<i>id_журнала_успеваемости</i>	<i>id_вопроса</i> <i>id_результата</i>
Пользователи	<i>id_пользователя</i>	–

Проектирование физической модели.

Неотъемлемой частью информационной образовательной системы является модель данных физического уровня, основной задачей которой является привязка датадогической модели к конкретной физической среде. Физическая модель описывает используемые запоминающие устройства, способы физической организации данных в среде хранения, передачи и обработки.

Данные в таблицах *MySQL* сохраняются в определенном формате, который называется типом данных. Тип данных определяет вид и диапазон допустимых значений, которые могут быть введены в поле, а также объем памяти, выделяющийся для этого поля. Типы данных, поддерживаемые СУБД *MySQL*, можно разделить на четыре группы: числа, текст, дата и время, списки. В создаваемой базе данных будут использоваться следующие типы данных: числовой, текстовый, дата и время.

Процесс преобразования базы данных к виду, отвечающему нормальным формам, называется, как известно, нормализацией [4]. Нормализация предназначена для приведения структуры базы данных к виду, обеспечивающему минимальную избыточность, т.е. нормализация не имеет целью уменьшение или увеличение производительности работы, или же уменьшение либо увеличение объема базы данных. Конечной целью нормализации является уменьшение потенциальной противоречивости, хранимой в базе данных информации.

Опишем таблицы предлагаемой базы данных при проектировании ИОС для конкретной преподаваемой дисциплины (табл. 2).

Таблица 2. Поля и типы данных таблиц базы данных
Table 2. Fields and data types of database tables

Название таблицы	Имя атрибута	Тип данных
Темы	<i>id</i> темы	<i>Int</i>
	Наименование	<i>Varchar</i>
	Текст	<i>Longtext</i>
Разделы	<i>id</i> раздела	<i>Int</i>
	Наименование	<i>Varchar</i>
Практика	<i>id</i> практика	<i>Int</i>
	Наименование	<i>Varchar</i>
	Текст	<i>Longtext</i>
Тесты	<i>id</i> теста	<i>Int</i>
	Наименование	<i>Varchar</i>
	Количество вопросов	<i>Int</i>
Вопросы	<i>id</i> вопроса	<i>Int</i>
	Наименование	<i>Varchar</i>
	Варианты ответов	<i>Json</i>
	Правильные ответы	<i>Json</i>
Результаты	<i>id</i> результата	<i>Int</i>
	ФИО	<i>Varchar</i>
	Группа	<i>Int</i>
	Отметка	<i>Int</i>
Журнал успеваемости	<i>id</i> журнала успеваемости	<i>Int</i>
	Количество верных/неверных ответов	<i>Int</i>
	Дата	<i>Datetime</i>
Пользователи	<i>id</i> пользователя	<i>Int</i>
	Имя	<i>Varchar</i>
	Логин	<i>Varchar</i>
	Пароль	<i>Text</i>

Модель для построения *ER*-диаграммы

При создании моделей данных используется метод семантического моделирования. Семантическое моделирование основывается, как известно, на значении структурных компонентов

или характеристик данных, что способствует правильности их интерпретации (понимания, разъяснения)⁵.

Существуют различные варианты семантического моделирования (*ERD – Entity-Relationship*), но наиболее наглядным является графическое изображение сущностей предметной области, их взаимосвязей, а также свойств (атрибутов).

Разработанная авторами *ER*-диаграмма ИОС для конкретной дисциплины представлена на рис. 2. Как следует из рисунка, *ER*-диаграммы позволяют использовать наглядные графические обозначения для моделирования сущностей, включая их взаимосвязи. Основное преимущество данного метода состоит в том, что модель строится методом последовательного уточнения и дополнения первоначальных диаграмм. Например, сущность (*Entity*) – это может быть реальный либо воображаемый объект, имеющий существенное значение для рассматриваемой предметной области. В этой связи каждая сущность должна обладать уникальным идентификатором (*PK*), т.е. каждый экземпляр сущности должен однозначно идентифицироваться и отличаться от всех других экземпляров данного типа сущности. Таким образом, каждая сущность может обладать любым количеством связей с другими сущностями модели.

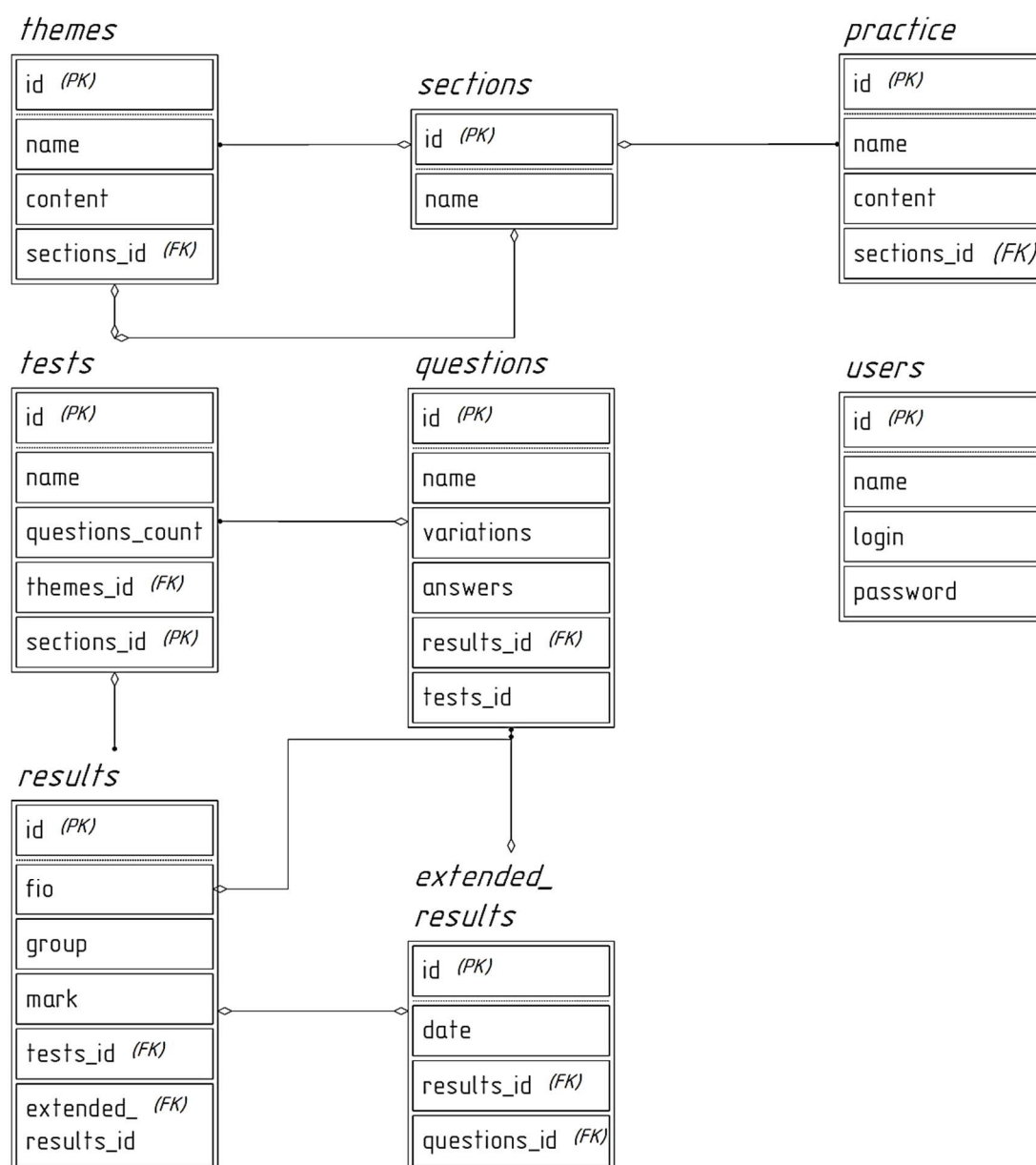


Рис. 2. Модель *ER*-диаграммы ИОС
 Fig. 2. Model of *ER*-Diagram IES

Заклучение

В представленной статье рассмотрены основы проектирования информационных образовательных систем с учетом современных трендов цифровой трансформации. Сформулированы принципы проектирования ИОС, разработаны основные требования, предъявляемые к ИОС, описаны виды деятельности, которые планируется осуществлять в электронной (цифровой) форме.

На основании изложенного материала авторами делается вывод, что при разработке информационной образовательной системы одним из важнейших процессов является корректный выбор моделей, которые будут использоваться для ее проектирования. Таким образом, проектирование ИОС должно базироваться на комплексном подходе и решать задачи управления учебным процессом, автоматизировать и оптимизировать его работу, обеспечивая при этом его высокую эффективность как для обучающегося, так и для преподавателя.

Список литературы

1. Богуш, В. А. Цифровая трансформация высшего образования / В. А. Богуш // Цифровая трансформация образования : тез. докл. 1-й науч.-практ. конф., Минск, 30 мая 2018 г. [Электронный ресурс]. – Минск : ГИАЦ, Минобразования, 2018. – С. 450–453. – Режим доступа: http://dtconf.unibel.by/doc/DTE_conference.pdf. – Дата доступа: 01.12.2021.
2. Биленко, П. Н. Дидактическая концепция цифрового профессионального образования и обучения / П. Н. Биленко [и др.]; под науч. ред. В. И. Блинова – М. : Издательство «Перо», 2019.
3. Парафиянович, Т. А. Формирование социально-личностных компетенций студентов университета / Т. А. Парафиянович // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития = Engineering education: challenges and developments: материалы IX Международной научно-методической конференции, Минск, 1-2 ноября 2018 года / редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск : БГУИР, 2018. – С. 351–354.
4. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных, 8-е издание.: Пер. с англ. / К. Дж. Дейт. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2005.
5. Коннолли, Т. Базы данных: проектирование, реализация, сопровождение. Теория и практика, 3-е издание. / Т. Коннолли, К. Бегг. – М: Издательский дом «Вильямс», 2003.

References

1. Bogush, V. A. Digital Transformation of Higher Education. / V. A. Bogush. // Cifrovaja transformacija obrazovanija: tez.dokl. 1 nauch.-prakt. konf. [Digital Transformation of Education: Reports of the 1st Scientific and Practical Conf.]. Minsk: 30 May, 2018. [Electronic resource]. Minsk : MIAC, 2018. P. 450–453. – Available at: http://dtconf.unibel.by/doc/DTE_conference.pdf. – Accessed 01.12.2021. (In Russ.)
2. Bilenko, P. N. Didakticheskaya koncepciya cifrovogo professional'nogo obrazovaniya i obucheniya [Didactic concept of digital vocational education and training]. / P. N Bilenko. [i dr.] Moscow : Nauka Publ. «Pero», 2019. (In Russ.)
3. Parafiyanovich, T. A. Formation of social and personal competencies of university students. / T. A. Parafiyanovich. // Vysshee tekhnicheskoe obrazovanie: problemy i puti razvitiya = Engineering education: challenges and developments: materialy IX Mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferencii [Higher technical education: problems and ways of development = Engineering education: challenges and developments: materials of the IX International Scientific and Methodological Conference. – Minsk St. Univ. Publ. BSUIR., 2018. – P. 351–354 (In Russ.).
4. Dejt, K. Dzh. Vvedenie v sistemy baz dannyh, 8-e izdanie [Introduction to Database Systems, 8th Edition]. – Moscow : Nauka Publ. «Vil'yams», 2005. (In Russ.)
5. Konnolli, T., Begg, K. Bazy dannyh: proektirovanie, realizaciya, soprovozhdenie. Teoriya i praktika, 3 izdanie [Databases: design, implementation, maintenance. Theory and Practice, 3rd Edition]. Moscow : Nauka Publ. «Vil'yams», 2003. (in Russ.)

Вклад авторов

Все авторы в равной степени внесли вклад в написание статьи.

Authors' contribution

All authors have equally contributed to the writing of the article.

Сведения об авторах

Листопад Н. И., д. т. н., профессор, заведующий кафедрой информационных радиотехнологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Бущик Е. А., аспирант кафедры информационных радиотехнологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. П. Бровки, 6,
Белорусский государственный
университет информатики и радиоэлектроники;
тел.: +375-17-293-23-04;
e-mail: listopad@bsuir.by
Листопад Николай Измаилович

Information about the authors

Listopad N. I., Dr. of Sci., Professor, Head of the Information Radiotechnologies Department of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

Bushchik E. A., Postgraduate at the Information Radiotechnologies Department of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

Address for correspondence

220103, Republic of Belarus,
Minsk, Brovki St, 6,
Belarusian State University
of Informatics and Radioelectronics;
tel.: +375-17-293-23-04;
e-mail: listopad@buir.by
Listopad Nikolai Izmailovich