

Садулаева Билянт Султановна

кандидат педагогических наук,
доцент кафедры прикладной математики и механики
Чеченского государственного университета

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНТНО- ОРИЕНТИРОВАННОГО СОДЕРЖАНИЯ КУРСА «ЭЛЕМЕНТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАТИКИ»

Аннотация:

В статье представлен алгоритм проектирования содержания образования будущих бакалавров информатики с использованием шкалированной модели владения базовыми математическими понятиями при изучении дисциплин профильной подготовки, трансформированной системы взаимозвязанных матриц (предложенной В.П. Пустобаевым), матрицы определения «веса» компетенций и «веса» элементов содержательных линий математической информатики, а также метода топологической сортировки.

Ключевые слова:

разработка содержания образования, математическая информатика, матрица компетенций, матрица «веса» компетенций.

Sadulaeva Bilyant Sultanovna

PhD in Education Science, Assistant Professor,
Applied Mathematics and Mechanics Department,
Chechen State University

DESIGNING OF COMPETENCE-ORIENTED CONTENT OF THE "ELEMENTS OF MATHEMATICAL COMPUTER SCIENCE" COURSE

Summary:

The article presents an algorithm for designing of educational content for future Bachelors of Computer Science with application of the scale model of basic mathematical concepts mastery in the study of major subjects, the transformed system of interconnected matrices (proposed by V.P. Pustobayev), the matrix determining the "weight" of competences and the "weight" of the elements of substantial lines of mathematical computer science, as well as the method of topological sorting.

Keywords:

development of educational content, mathematical computer science, competence matrix, matrix of competence "weight".

В соответствии с этапами проектирования методической системы обучения математической информатике будущих бакалавров информатики, предложенной автором в исследовании [1], проектирование компетентностно-ориентированного содержания образования предполагает прогнозирование компетенций и постановку диагностических целей обучения сообразно наметенным компетенциям.

Согласно С.И. Архангельскому [2], Т.А. Бороненко [3], М.Д. Даммер [4], под определением целей и ожидаемых результатов обучения (прогнозированием компетенций) подразумевается технология установления междисциплинарных связей, отбора содержания, методов, форм и средств обучения.

При отборе содержания учитывалась технология профессиональной направленности изучения предспециальных учебных дисциплин, предложенная В.И. Земцовой [5] (для профессиональной направленности личности студента технических специальностей), которая реализуется в трех направлениях:

– методологическая насыщенность содержания учебной дисциплины, развивающая научное мировоззрение студентов, методологические знания, умения для осуществления исследовательских функций в профессиональной деятельности;

– междисциплинарное взаимодействие дисциплин всех блоков ФГОС ВПО, позволяющее раскрыть роль учебных дисциплин предспециальной подготовки в качественном усвоении дисциплин общепрофессионального и специального блоков, а также в будущей профессиональной деятельности;

– использование комплекса учебно-профессиональных задач, решение которых существенным образом влияет на мотивацию изучения дисциплин предспециальной подготовки.

К вышеуказанным направлениям необходимо добавить фундаментальность образования в области математической информатики [6], которая обеспечивает:

– системный уровень познания действительности, способности видеть и понимать основы интеграции математических и информатических наук;

– формирование существенных, устойчивых знаний, лежащих в основе научного объяснения теоретических и практических задач информатики;

– создание когнитивной базы профессиональной культуры и профессионального мастерства и т. д.

Также были учтены структура, содержание, ядро базовых знаний, рекомендованные для международной образовательной системы подготовки бакалавров ИТ, согласно которым в «составе курса математики введен модуль “Дискретные структуры”» [7].

Для определения содержания образования, согласно В.В. Краевскому, необходимо выполнение трех условий [8]:

1) установление некоторого объема достаточно стабильных фундаментальных и инструментальных знаний, необходимых для понимания и усвоения развивающихся областей науки, а также для приобретения соответствующих знаний и умений;

2) выявление основных направлений, идей и тенденций развития соответствующих областей науки и техники;

3) предъявление определенных требований к уровням общего и научного развития студентов, к их мировоззрению и кругозору, обеспечивающих их творческое развитие как специалистов и работников умственного труда.

Считаем, что в условиях компетентностного подхода в образовании к перечисленным условиям целесообразно добавить еще одно:

4) специалист каждого нового выпуска должен обладать набором определенных компетенций и уметь применять полученные знания в своей будущей педагогической деятельности, в новых постоянно изменяющихся и прогрессирующих условиях [9].

Четвертое условие характеризует профессиональную компетентность выпускника, В.А. Сухомлин [10] определяет ее как исходную компетенцию.

Придерживаясь мнения В.П. Беспалько, можем сказать, что «содержание образования дисциплины – это информационная модель педагогической системы» [11]. Содержание образования должно строиться в соответствии с диагностично сформулированными целями, дидактически отработанным содержанием, с учетом организационной формы, в которой предполагается его использование, с четким воплощением принятой технологии обучения.

Построение логической структуры курса следует начать с выделения разделов (тем) и соответствующих им учебных элементов. В целях определения «веса» выделенных математических компонентов информатики создана экспертная группа преподавателей профильных дисциплин информатики, которые ограничились упорядоченной шестибальной шкалой со значениями от «0» до «5». Высшая оценка соответствует критической важности данной темы в подготовке бакалавра заданного профиля, определяя необходимость уделить особое внимание данной теме в учебных программах.

Данная модель позволяет определить «вес» разделов математической информатики в системе дисциплин профильной подготовки бакалавров информатики.

Для удобства внесения названий дисциплин профильной подготовки в столбцы в правой части таблицы введены сокращения: «Теоретические основы информатики» – ТОИ, «Языки и методы программирования» – ЯИМП, «Архитектура вычислительных систем» – АВМ, «Информационные системы и сети» – ИСиС, «Компьютерное моделирование» – КМ (табл. 1).

Таблица 1 – Шкалированная модель владения базовыми математическими понятиями при изучении дисциплин профильной подготовки

№	Математический компонент	ТОИ	ЯИМП	АВМ	ИСиС	КМ	Вес раздела
1	Множества, операции на множествах. Дискретное множество. Счетное множество. Разрешимые и перечислимые множества	5–5	5–5	5–5	5–5	5–5	10
2	Прямое произведение множеств, кортеж	5–5	5–5	5–5	3–4	5–5	9,4
3	Теория чисел, арифметические действия над числами, признаки делимости числа	4–5	5–5	5–5	5–5	4–5	9,6
4	Системы счисления	5–5	5–5	5–5	5–5	4–5	9,8
...	
31	Элементы интегрального исчисления	1–2	0–1	0–1	0–1	0–1	1,4
32	Сумма, действие над суммами	4–5	4–5	5–5	4–5	2–4	8,6
33	Последовательность, ряды	5–5	3–5	4–5	3–5	4–5	8,8
34	Дифференциальные уравнения	0–1	0–1	0–1	0–1	0–1	1

Для уровней владения математическими компонентами информатики использована следующая семантика:

0–1 – отсутствие знаний (компетенция для конкретного профиля является несущественной) или поверхностное ознакомление;

1–2 – ознакомление (понимание общих принципов вопроса), понимание области применимости;

2–3 – техническая грамотность (уверенное знание методических основ, понимание функциональных возможностей, областей применения);

3–4 – понимание концепций и абстракций, сформированность способности их использования, умения применять в прикладных задачах;

4–5 – достаточно глубокие знания / применение в приложениях;

5–5 – глубокие фундаментальные знания, детальное знание средств и решений, способность применения для создания прикладных технологий.

Метод шкалирования позволил сделать следующие выводы: пункты 1–20, 26, 32, 33 таблицы особо востребованы дисциплинами профильной подготовки. Изучению указанных в этих пунктах тем должно быть уделено большое внимание, так как они требуют глубокого и детального исследования. Например, понятия «множество», «отношение на множествах», «отображение множеств» требуют детального изучения, тем более что в школе и вузе этот материал изучается поверхностно. Рекурсия в информатике занимает центральное место, однако в традиционном школьном курсе часто даже не упоминается о рекуррентном способе задания функции, изучение этой темы не предусмотрено и в курсе математики высшей школы.

Для моделирования содержания математической информатики использована трансформированная система взаимоувязанных матриц, предложенная В.П. Пустобаевым [12] (табл. 2). К данной системе матриц, по определению В.П. Пустобаева, также относится шкалированная модель владения базовыми математическими понятиями при изучении дисциплин профильной подготовки (табл. 1). В системе матриц описаны связи между перечнем профессионально-предметных и профессионально-педагогических компетенций бакалавра и разделами математики, между дисциплинами профильной подготовки и разделами математических основ информатики. Рассмотрим таблицу 2.

Таблица 2 – Матрица определения «веса» элементов содержательных линий математической информатики и «веса» компетенций (требований)

ОК, ПК, СК. Дисциплины профильной подготовки	Разделы дисциплин профильной подготовки									ВСЕГО
	1. Множества	2. Комбинаторная логика	3. Целочисленная функция. Модулярная арифметика	4. Линейная алгебра. Векторный анализ	5. Функции, рекурсия, цепи Маркова	6. Последовательность. Исчисление сумм, разностный и суммированный операторы	7. Комбинаторика, графы, деревья	8. Подстановки, полином, алгебра	9. Элементы теории вероятностей	
1. Понимать сущность метода математического и информатического моделирования	√	√		√		√			√	11
2. Языки и методы программирования	√	√	√	√	√	√	√	√	√	17
...
29. Архитектура вычислительных машин	√	√	√	√	√	√	√	√	√	14
30. Информационные системы и сети	√	√	√			√	√	√	√√	11
ИТОГО	23	21	14	22	18	21	

Полученная матрица связности содержит $n = z + k$ строк, где $z = 25$ – требования к уровню подготовки (компетенции) бакалавра в соответствии с ФГОС ВПО, $k = 5$ – дисциплины профильной подготовки и $n = 30$ строк и $m = 19$ столбцов основных математических понятий, компонентов и методов в содержании информатических дисциплин.

В итоговой строке «Итого» путем меток представлены числа, соответствующие частоте востребования раздела математики, то есть «вес» раздела при реализации требований ФГОС ВПО.

В итоговом столбце «Всего» матрицы связности путем меток подсчитываются числа, определяющие «вес» компетенции и «вес» профильной дисциплины.

Полученные «веса» элементов содержательных линий математической информатики позволяют частично упорядочить их список, что будет далее использовано при конструировании содержания курса «Элементы математической информатики».

В соответствии со структурной схемой проектирования методической системы обучения математической информатике будущих бакалавров профиля «Информатика» для наполнения основных содержательных линий, которые выделены в структуре содержания математической

информатики, используем метод экспертных оценок. Экспертам было предложено ответить на следующий вопрос анкеты: «Укажите значимость перечисленных тем для наполнения содержания математической информатики, направленного на формирование специальных компетенций. Каждой теме присвойте весовой коэффициент в пределах от 0 до 10».

В качестве экспертов (20 чел.) выступали преподаватели информатики и математики школ и педагогических вузов. В результате опроса были получены матрицы исходных данных, элементы которых – весовые коэффициенты признаков характеризовали мнение экспертов о значимости изучения раздела в рамках рассматриваемого курса.

По результатам опроса было выявлено, что наиболее значимыми темами курса «Элементы математической информатики» являются:

1) множество, операции на множествах, дискретное множество, счетное множество, отношения на множествах, разрешимые и перечислимые множества, прямое произведение множеств, кортеж;

2) теория чисел, простое число, арифметические действия над числами, признаки делимости числа, системы счисления;

3) комбинаторика, подстановки;

4) логика предикатов, логика высказываний, логические связки и составные высказывания, таблицы истинности, булева алгебра, система булевых функций, методы доказательств, метод математической индукции;

5) функции, отображения, вызов функции, объявление функции, вычислимые функции, график вычислимой функции;

6) рекурсия, рекурсивные функции, частично рекурсивные функции, рекуррентные соотношения;

7) оператор, композиция операторов, оператор цикла;

8) направленное множество – цепи, графы, деревья, элементы компьютерной алгебры, полиномы, задачи и методы дискретной математики;

9) задачи линейного программирования;

10) элементы теории вероятностей.

Данный факт связан с важностью и наибольшим вкладом данных компонентов в процесс отбора содержания обучения. Не менее важна по оценкам экспертов тема «Использование информационных технологий и систем компьютерной математики». В результате получен математический компонент, сведенный в таблицу 3.

Таблица 3 – Математический компонент дисциплин профильной подготовки

№	Математические разделы, понятия
1	Множества, операции на множествах. Дискретное множество. Счетное множество. Разрешимые и перечислимые множества
2	Прямое произведение множеств, кортеж
3	Теория чисел, простое число, арифметические действия над числами, признаки делимости числа
4	Системы счисления
5	Отношения на множествах, комбинаторика
6	Подстановки, элементы комбинаторики
7	Логика предикатов. Логика высказываний. Логические связки и составные высказывания. Таблицы истинности
8	Методы доказательств. Метод математической индукции
9	Функции, отображения. Вызов функции, объявление функции
10	Вычислимые функции, график вычислимой функции, целочисленные функции. Невычислимые функции
11	Оператор, композиция операторов, оператор цикла
12	Рекурсивные функции, частично рекурсивные функции
13	Булева алгебра, система булевых функций
14	Матрицы, система линейных уравнений
15	Векторы
16	Направленное множество – цепи
17	Графы, деревья
18	Алгоритмы аппроксимации числовых функций
19	Элементы компьютерной алгебры, полиномы
20	Задачи и методы дискретной математики
21	Задачи линейного программирования
22	Элементы теории вероятностей
23	Метод Ферма, метод «Монте-Карло», алгоритм Евклида
24	Геометрическое моделирование и компьютерная графика

Продолжение таблицы 3

25	Численный эксперимент. Достоверность численной модели, эмпирические измерения эффективности алгоритмов
26	Дискретная и непрерывная случайные величины, закон распределения случайной величины
27	Элементы теории массового обслуживания
28	Уравнение прямой, кривые и поверхности второго порядка
29	Уравнение плоскости, прямая и плоскость
30	Элементы дифференциального исчисления
31	Элементы интегрального исчисления
32	Сумма, действие над суммами
33	Последовательность, ряды
34	Дифференциальные уравнения

На более низком уровне значимости стоят темы 27, 28, 29, 31, 13 и 23. Оставшиеся темы, по мнению экспертов, можно изучать на уровне ознакомления.

В учебных программах высших учебных заведений требуется конструирование определенной иерархии дисциплин, выделяющей входящими и исходящими связями разделов внутри дисциплины. Проведем топологическое упорядочение тем содержания курса. Формализуем наш взгляд на «упорядоченность» тем в виде таблицы 4.

В целях топологического упорядочения тем курса математики воспользуемся программой «Топологическая сортировка частично упорядоченного множества» авторов Д.Э. Кнута и М.В. Швецкого [13], для чего поместим исходную информацию в текстовый файл, который содержит следующие отношения: 1>2 1>3 1>5 1>6 1>8 1>9 1>16 1>33 2>4 3>9 4>3 5>6 5>16 5>9 6>7 6>8 7>8 7>9 10>12 10>13 11>12 11>13 12>13 13>4 14>15 14>21 14>22 14>28 14>29 15>24 15>28 15>29 16>4 16>17 16>12 17>16 18>25 19>9 20>17 21>14 21>15 22>25 22>26 22>27 23>16 23>17 26>20 26>27 28>24 29>24 30>31 31>34 32>30 32>31 33>32 33>35 35>31 (каждое отношение в файле располагается в отдельной строке с ее начала). Применив программу топологической сортировки, получили следующую последовательность целых чисел: 1, 2, 16, 17, 18, 19, 11, 10, 12, 13, 6, 7, 8, 2, 1, 4, 3, 5, 9. Из полученных данных делаем вывод о последовательности изучения тем курса и составляем таблицу 4.

Таблица 4 – Ранжирование тем курса «Элементы математической информатики»

№	Математические разделы, понятия	Последующие темы
1	Множества, операции на множествах. Дискретное множество. Счетное множество. Разрешимые и перечислимые множества	2, 3, 5, 6, 8, 9, 16, 33
2	Прямое произведение множеств, кортеж	5, 14, 23
3	Теория чисел, простое число, арифметические действия над числами, признаки делимости числа, системы счисления	10, 19, 23
4	Производящие функции	31
5	Отношения на множествах	Нет
6	Подстановки, элементы комбинаторики	11, 20, 16, 17, 22
7	Логика предикатов. Логика высказываний. Логические связи и составные высказывания. Таблицы истинности	13, 8
8	Методы доказательств. Метод математической индукции	12
9	Функции, отображения. Вызов функции, объявление функции	10, 12, 18, 30, 31
10	Целочисленные функции. Невычислимые функции	18
11	Оператор, композиция операторов, оператор цикла	9
12	Рекурсивные функции, частично рекурсивные функции	10, 11, 17
13	Булева алгебра, система булевых функций	7, 2, 5, 6
14	Матрицы, система линейных уравнений	15, 21, 28, 29, 24
15	Векторы	24, 28, 29
16	Направленное множество – цепи	17, 12
17	Графы, деревья	20, 16,
18	Алгоритмы аппроксимации числовых функций	25
19	Элементы компьютерной алгебры, полиномы	12, 4
20	Задачи и методы дискретной математики	17,
21	Задачи линейного программирования	14, 15,
22	Элементы теории вероятностей	25, 26, 27
23	Алгоритм Евклида	16, 17
24	Геометрическое моделирование и компьютерная графика	Нет
25	Численный эксперимент. Достоверность численной модели. Эмпирические измерения эффективности алгоритмов	Нет
26	Дискретная и непрерывная случайные величины, закон распределения случайной величины	20, 27

Продолжение таблицы 4

27	Элементы теории массового обслуживания	Нет
28	Уравнение прямой, кривые и поверхности второго порядка	24
29	Уравнение плоскости, прямая и плоскость	24
30	Элементы дифференциального исчисления. Разностный оператор	31,
31	Элементы интегрального исчисления. Интегральный оператор	34,
32	Сумма, действие над суммами	30, 31,
33	Последовательность, ряды	32, 35
34	Дифференциальные уравнения	Нет

Для объединения тем в смысловые группы воспользуемся программой, реализующей модифицированный алгоритм топологической сортировки. В результате получим следующие группы тем: (1, 2, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12), (3, 4, 13, 19, 23), (6, 17, 20, 22, 25, 26, 27), (14, 15, 28, 29, 24), (7, 13, 8), (33, 32, 30, 31, 34), (18, 21, 35). Интерпретируя результат, получим перечень блоков тем.

Методом топологической сортировки тем содержания установлена последовательность их изучения, изображенная в виде графа, представленного на рисунке 1. Из отобранного материала составлена программа по курсу «Элементы математической информатики» в модульной форме.

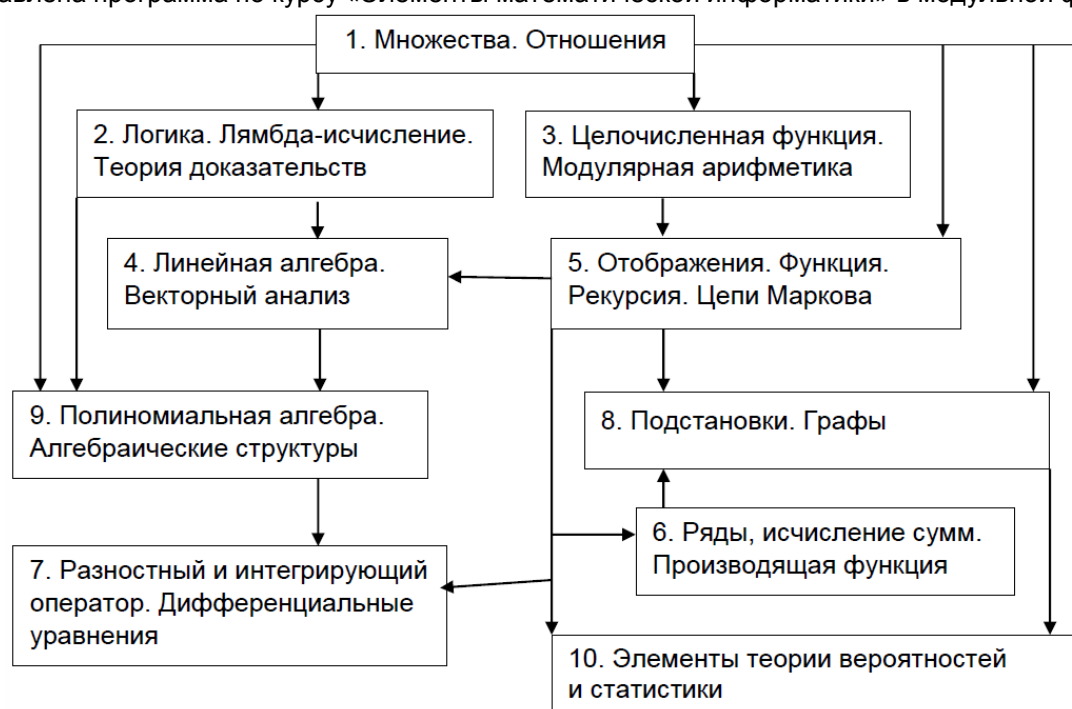


Рисунок 1 – Структура логических связей содержания курса «Элементы математической информатики»

Согласно этапам проектирования методической системы обучения математической информатике и принципу органичного соотношения фундаментальности и практико-ориентированности в обучении будущих бакалавров, в проектировании компетентностно-ориентированного содержания важную роль играет постановка компетентностно-ориентированных задач.

Разработанная модульная программа курса «Элементы математической информатики» описывает последовательность изучения модулей, то есть структурирует содержание образования. Планирование достижения результатов обучения определяется целями освоения каждого отдельного модуля.

Ссылки:

1. Садулаева Б.С. Формирование специальных компетенций будущих бакалавров информатики в процессе обучения математическим основам информатики : дис. ... канд. пед. наук. Челябинск, 2012.
2. Архангельский С.И. Лекции по теории обучения в высшей школе. М., 1974. 384 с.
3. Бороненко Т.А. Методика обучения информатике. Теоретические основы : учеб. пособие для студентов. СПб., 1997.
4. Даммер М.Д. Методические основы построения опережающего курса физики основной школы : дис. ... д-ра пед. наук. Челябинск, 1997.
5. Земцова В.И. Управление учебно-профессиональной деятельностью студентов на основе функционально-деятельностного подхода : монография. М., 2008. 208 с.

6. Садулаева Б.С. Использование межпредметных связей курса математики и информатики на факультете информатики // Математика. Компьютер. Образование : сб. науч. тр. Т. 1 / под ред. Г.Ю. Ризниченко. М. ; Ижевск, 2008.
7. Computing Curricula 2001 : рекомендации по преподаванию информатики в университетах / пер. с англ. СПб., 2002. 372 с.
8. Краевский В.В. Проблемы научного обоснования обучения: Методологический анализ. М., 1977. 264 с.
9. Садулаева Б.С. Формирование специальных компетенций ...
10. Сухомлин В.А. ИТ-образование. Концепция, образовательные стандарты, процесс стандартизации. М., 2005. 176 с.
11. Беспалько В.П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения. М., 1995. 336 с.
12. Пустобаев В.П. Теория и технология использования средств формализации для информационного моделирования учебного материала : дис. ... д-ра пед. наук. М., 2000. 260 с.
13. Кнут Д.Э. Искусство программирования для ЭВМ. Т. 1: Основные алгоритмы. М., 1976. 736 с.

References:

1. Sadulaeva, BS 2012, *Formation of special competence of future bachelors of computer science in the process of learning the mathematical foundations of computer science*, PhD thesis, Chelyabinsk.
2. Arkhangelsky, SI 1974, *Lectures on the theory of learning in higher education*, Moscow, 384 p.
3. Boronenko, TA 1997, *Methods of teaching science. Theoretical Foundations*, St. Petersburg.
4. Dammer, MD 1997, *Methodical bases of construction of the advanced course of physics of the basic school*, D.Phil. thesis, Chelyabinsk.
5. Zemtsova, VI 2008, *Management training and professional activity of students on the basis of functional and activity approach: a monograph*, Moscow, 208 p.
6. Sadulaeva, BS 2008, 'Using interdisciplinary connections of the mathematics and computer science at the Faculty of Computer Science', *Mathematics. A computer. Education: scientific works, vol. 1*, Moscow, Izhevsk.
7. *Computing Curricula 2001: The recommendations on the teaching of computer science in the universities 2002*, St. Petersburg, 372 p.
8. Kraevsky VV 1977, *Problems of scientific justification study: Methodological analysis*, Moscow, 264 p.
9. Sadulaeva, BS 2012, *Formation of special competence of future bachelors of computer science in the process of learning the mathematical foundations of computer science*, PhD thesis, Chelyabinsk.
10. Sukhomlin, VA 2005, *IT education. The concept of educational standards and the standardization process*, Moscow, 176 p.
11. Bepalko, VP 1995, *Education and advanced training technologies*, Moscow, 336 p.
12. Pustobaev, VP 2000, *Theory and technology of formalization of the use of funds for information modeling of educational material*, D.Phil. thesis, Moscow, 260 p.
13. Knut, DE 1976, *Art of Computer Programming. Vol. 1: Fundamental Algorithms*, Moscow, 736 p.