

УДК 378+650+65.012.25

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОБУЧЕНИЯ ИНФОРМАТИКЕ В ВУЗЕ

© А.А. Арзамасцев, Н.А. Зенкова, Т.Ю. Китаевская, М.А. Иванов

Arzamastsev A.A., Zenkova N.A., Kitayevskaya T.Y., Ivanov M.A. Content design for teaching computer science in institutions of higher education. The article contains a comparative analysis of the simulation and experimental results of educational process duration characteristics.

В статье приведен сравнительный анализ результатов экспериментальных исследований и имитационного моделирования временных характеристик учебного процесса на физико-математическом факультете Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина (ТГУ) за 2000/2001 учебный год.

В настоящее время повышение эффективности учебного процесса и связанные с ним задачи оптимального проектирования учебных программ и времени обучения специалистов становятся особенно актуальными в связи с необходимостью разработки новых и частым пересмотром содержания существующих учебных планов.

Начиная с 1999 года, на кафедре компьютерного и математического моделирования ТГУ выполняется комплексное исследование: оптимальное проектирование и повышение эффективности учебного процесса в высшей школе. Целью этого исследования является разработка технологии построения модели учебного плана специальности и расчет времени, оптимальным образом соответствующего содержанию учебных программ, уровню профессиональных возможностей студентов и допустимому проценту их отсева.

Обобщенный алгоритм решения такой задачи рассмотрен в работе [1]. Приведены описание и реализация элементов этого алгоритма, связанные с экспериментальными исследованиями уровня готовности абитуриентов [2–3]. В работе [4] описывается технология экспериментальных исследований и имитационного моделирования в соответствии со следующими этапами алгоритма: определение индивидуальных и групповых временных характеристик изучения отдельных тем; имитационное моделирование эмпирических распределений времени обучения; получение распределения общего времени обучения специальности. Эти исследования относятся к периоду 1999/2000 учебного года.

В данной работе приведены результаты аналогичных исследований за 2000/2001 учебный год и проводится сравнительный анализ соответствующих показателей за предыдущий период.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Материалы и методы исследования. Описываемое экспериментальное исследование проводилось на физико-математическом факультете ТГУ в период 1999–2001 годов для учебных дисциплин «Информатика» (специальность 010100 – «Математика», 1 семестр) и «Информатика и программирование» (специальность

010400 – «Физика», 1 семестр). Всего в эксперименте приняли участие 228 человек: 130 студентов (эксперимент 1) и 98 студентов (эксперимент 2).

Путем анкетирования определялось индивидуальное время изучения каждой темы каждым студентом.

Анкеты, составленные на основе рабочих программ, содержали список тем изучаемых учебных дисциплин (табл. 1, 2). Студентов просили указать количество часов, которое они считают необходимым лично для себя на изучение темы во время лекционных и лабораторных занятий. Достаточным считался уровень понимания и практического применения материала.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основе результатов анкетирования, отдельно для каждого потока студентов строились гистограммы распределения времени изучения отдельных тем по учебной дисциплине.

Результаты экспериментальных исследований и имитационного моделирования для эксперимента 1 описаны в работе [4].

В эксперименте 2 получены следующие результаты. Среднее время изучения каждой из тем курса «Информатика» лежит в интервале от 1,76 до 5,1 ч (в эксперименте 1 – от 1,99 до 3,6 ч). В соответствии с рабочей программой время изучения одной темы составляет 2 ч. Нижняя граница временных интервалов в обоих случаях приблизительно равна 2 ч. Это свидетельствует о том, что на изучение темы большинству студентов требуется время, превышающее учебный план.

Так же, как и в эксперименте 1, наблюдается большой разброс индивидуального времени изучения различных тем (рис. 1 и рис. 2). Для лабораторного курса его максимальное отклонение составляет ± 7 ч при среднем времени 7 ч (тема 9), для лекционного ± 6 ч при среднем 6 ч (в эксперименте 1 эти значения составляют ± 10 ч и $\pm 9,75$ ч соответственно). На некоторых гистограммах, как и в эксперименте 1, выделяется группа студентов, которая отстает от основной массы обучаемых (темы 1–3, 9). Присутствуют гистограммы, где поток студентов делится на две части: одной части требуется времени меньше среднего времени изучения данной темы, другой – больше среднего (темы 4, 5, 6, 10–12). Наличие гистограмм (темы 6, 7, 8), которые показывают, что основной массе студентов требуется около 4 ч (среднее значение между минимальным и максимальным значениями индивиду-

Таблица 1

Тематический план курса «Информатика»

Темы лекционных занятий	
1	Основы алгоритмизации. Алгоритм. Основные свойства алгоритма. Алгоритмические структуры (следование, ветвление)
2	Основы алгоритмизации. Основные алгоритмические структуры (конструкции циклов «пока», «повторять до», «повторять n раз»; вспомогательные алгоритмы)
3	Файловая организация хранения информации. Операционные системы. Операционные оболочки
4	Программирование в среде Turbo Pascal. Основные конструкции. Структура программы. Алфавит, слова, имена. Переменные (величины)
5	Программирование в среде Turbo Pascal. Выражения. Команды
6	Программирование в среде Turbo Pascal. Функции и процедуры
7	Программирование в среде Turbo Pascal. Типы значений. Перечислимые типы. Ограниченные типы
8	Программирование в среде Turbo Pascal. Регулярные типы. Строковый тип
9	Программирование в среде Turbo Pascal. Комбинированный тип. Множественный тип. Типизированные константы
Темы лабораторных занятий	
1	Основы работы на IBM PC. Программная поддержка «Алгоритмика». Решение задач по основам алгоритмизации
2	Программная поддержка «Алгоритмика». Решение задач по основам алгоритмизации
3	Работа в интегрированной среде Turbo Pascal. Набор и редактирование программ. Выполнение программ. Разработка и реализация простейших программ
4	Программирование в среде Turbo Pascal. Команда IF – THEN – ELSE
5	Программирование в среде Turbo Pascal. Цикл с параметром
6	Решение задач на использование команд ветвления и цикла с параметром
7	Программирование в среде Turbo Pascal. Циклы WHILE, REPEAT
8	Программирование в среде Turbo Pascal. Примеры использования циклов WHILE, REPEAT. Команда CASE
9	Программирование в среде Turbo Pascal. Решение задач с использованием команд ветвления и циклов
10	Программирование в среде Turbo Pascal. Регулярный тип
11	Программирование в среде Turbo Pascal. Работа с массивами
12	Решение задач с использованием регулярного типа

ального времени) на изучение соответствующих тем, отличает результаты эксперимента 2 от предыдущего.

Среднее время изучения каждой из тем курса «Информатика и программирование» находится в интервале от 1,63 до 10,66 ч (в эксперименте 1 – от 1,63 до 7,97 ч). Для данного курса эмпирическое распределение (рис. 3 и рис. 4) указывает на больший разброс индивидуального времени, которое требуется для изучения различных тем по сравнению с экспериментом 1. Так, для лабораторного курса его максимальное отклонение составляет

Таблица 2

Тематический план курса
«Информатика и программирование»

Темы лекционных занятий	
1	Введение: практическая значимость изучения предмета, его место в общей системе знаний
2	Основные понятия информатики
3	ЭВМ (компьютер) – универсальная машина для обработки информации. Характеристики современного компьютера
4	Операционные системы и операционные оболочки
5	Текстовые редакторы
6	Языки программирования: их классификация и возможности
7	Основы программирования в среде Turbo Pascal
Темы лабораторных занятий	
1	Операционные системы и операционные оболочки
2	Текстовые редакторы
3	Интегрированная среда Turbo Pascal. Основные элементы языка Turbo Pascal
4	Основы программирования в среде Turbo Pascal. Типы данных языка Turbo Pascal
5	Основы программирования в среде Turbo Pascal. Ввод и вывод данных. Формат вывода данных
6	Основы программирования в среде Turbo Pascal. Операторы безусловного перехода и ветвления
7	Основы программирования в среде Turbo Pascal. Циклические операторы

$\pm 44,5$ ч при среднем времени 55,5 ч (тема 7), в то время как для эксперимента 1 оно было $\pm 11,5$ ч при среднем времени 12,5 ч. Для лекционного курса – ± 25 ч при среднем времени 25 ч (темы 6, 7). Для эксперимента 1 это значение составляло $\pm 9,5$ ч при среднем времени 10,5 ч. Так же как и в эксперименте 1, среди студентов, изучающих данную дисциплину, выделяется группа студентов, характеризующаяся существенно большим временем изучения отдельных тем. Однако в эксперименте 2 эту группу составляют сильно отстающие индивиды, о чем свидетельствуют значительные превышения средних значений времен изучения лабораторных и лекционных тем данного курса.

Для установления связи между значениями среднего времени изучения тем в экспериментах 1 и 2 был проведен корреляционный анализ экспериментальных данных и получены следующие коэффициенты корреляции. Коэффициент корреляции времени изучения лабораторных тем математиками в экспериментах 1 и 2 составляет 0,738; лекционных тем – 0,75. Соответствующие значения для физиков: 0,872 и 0,977.

Достаточно высокие коэффициенты корреляции между данными, полученными в экспериментах 1 и 2, говорят о стационарности индивидуального времени изучения соответствующих тем. Это дает нам основание считать возможным использование аппарата имитационного моделирования для изучения временных характеристик и проектирования учебного процесса.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Далее для обобщения результатов экспериментальных исследований применяется технология имитационного моделирования [4]. С помощью универсального генератора случайных чисел [3] по каждой теме гене-

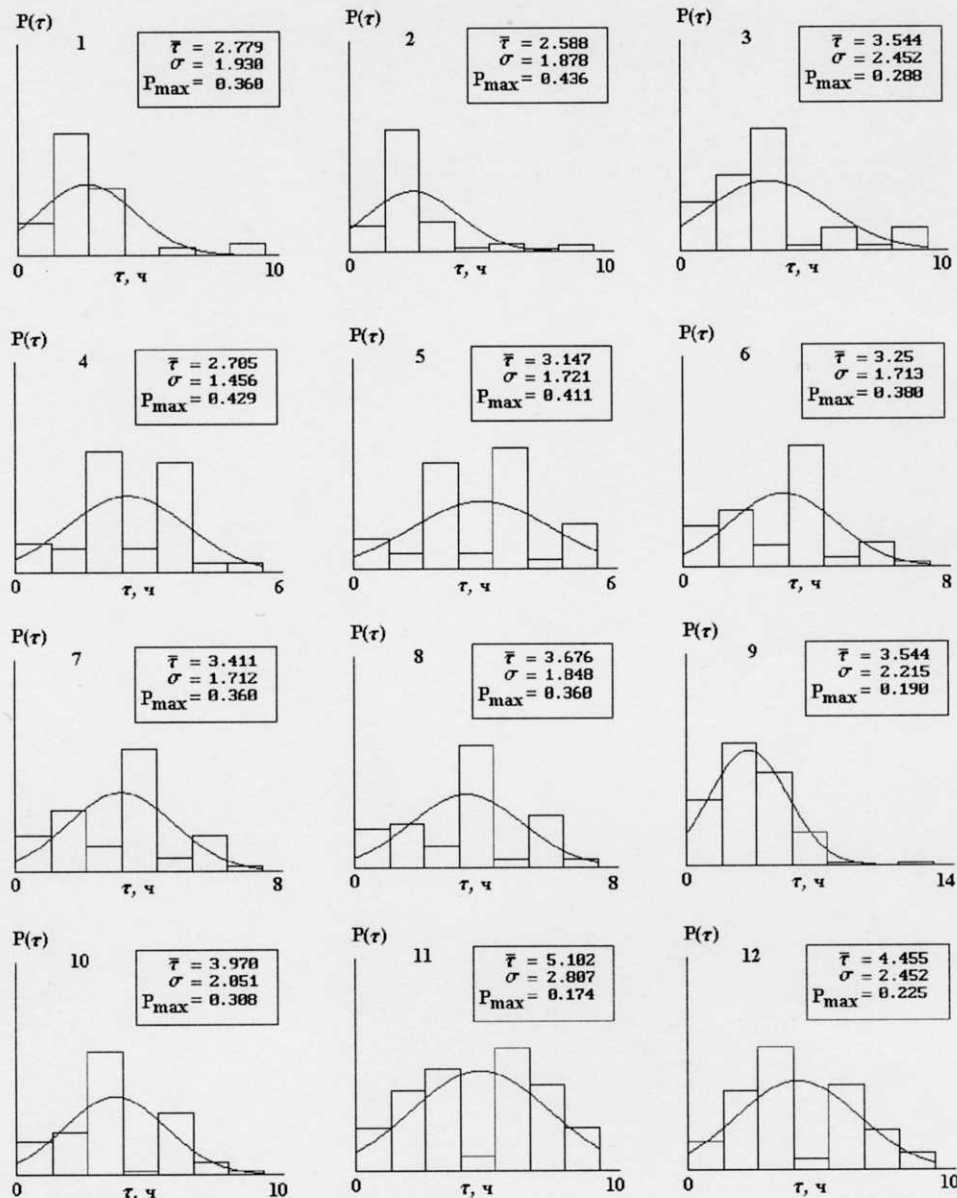


Рис. 1. Гистограммы распределения времени изучения лабораторных тем 1–12 курса «Информатика» (специальность – «Математика»). По оси абсцисс – время изучения курса в часах; по оси ординат – плотность распределения времени

рируются числа из диапазона, полученного экспериментальным путем, с заданной плотностью распределения, рассчитанной на основе экспериментальных данных. Об адекватности модели можно судить, сравнивая гистограммы, приведенные на рис. 5. Среднее время изучения каждой из тем, полученное с помощью имитационного моделирования, практически совпадает со средним временем, рассчитанным на основе экспериментальных данных по каждой из тем.

Далее для каждой дисциплины суммируются данные по всем темам, полученные с помощью имитационного моделирования эмпирических распределений времени и строятся гистограммы распределения времени, необходимого на изучение лекционного и лабораторного курсов отдельно и дисциплин «Информатика» и «Информатика и программирование» в целом (рис. 6–11).

В табл. 3, 4 приведены данные, полученные в результате эксперимента и компьютерного моделирова-

ния, в соответствии с программами типовых учебных курсов (табл. 1, 2). Сравнение полученных результатов в экспериментах 1 и 2 показало, что среднее время, необходимое студентам на изучение типового курса, в эксперименте 2 увеличилось. Этот факт говорит о снижении успеваемости студентов, что, в свою очередь, может быть вызвано различными причинами, в том числе и более низким УГА (уровень готовности абитуриентов), по сравнению с предыдущим годом [2].

Так же как и в эксперименте 1, распределение времени изучения дисциплины по формам обучения достаточно хорошо соответствует нормальному закону. Величина дисперсии составляет 20–40 % от среднего значения (в эксперименте 1 – 18–20 %).

Так же, как и в предыдущем случае, при расчете времени изучения курса по среднему значению материал усвоят только около 50 % студентов.

Ниже приведены результаты экзаменов, сданных обучаемыми в январе 2001 года по указанным дисципли-

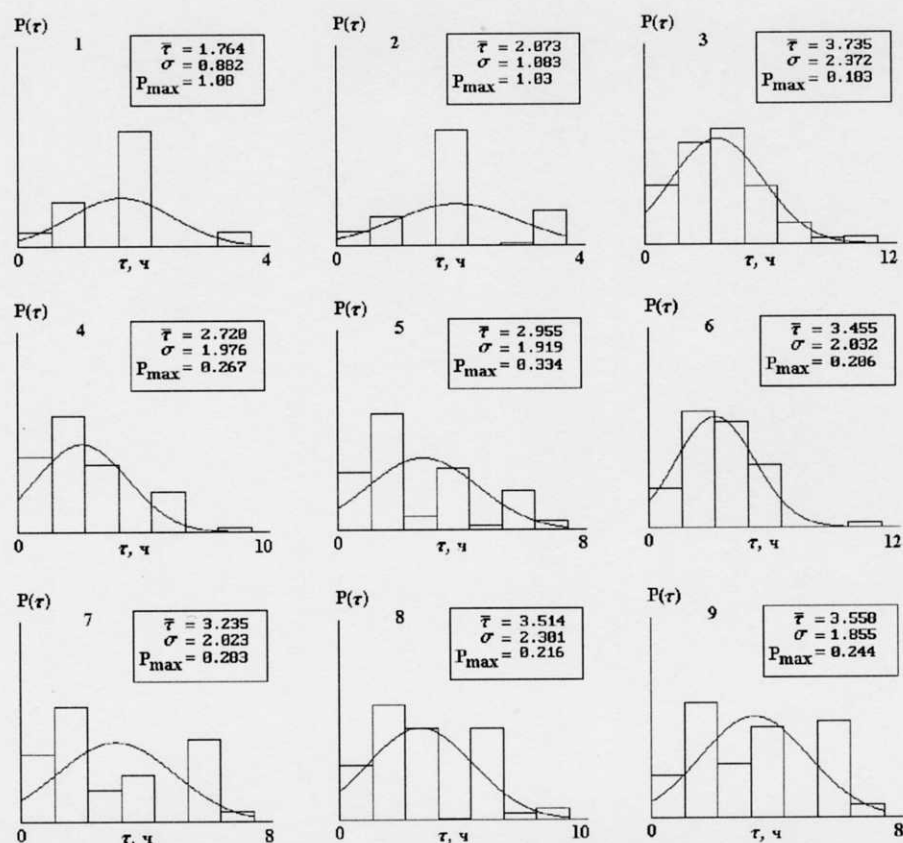


Рис. 2. Гистограммы распределения времени изучения лекционных тем 1-9 курса «Информатика» (специальность – «Математика»). По оси абсцисс – время изучения темы курса в часах; по оси ординат – плотность распределения времени

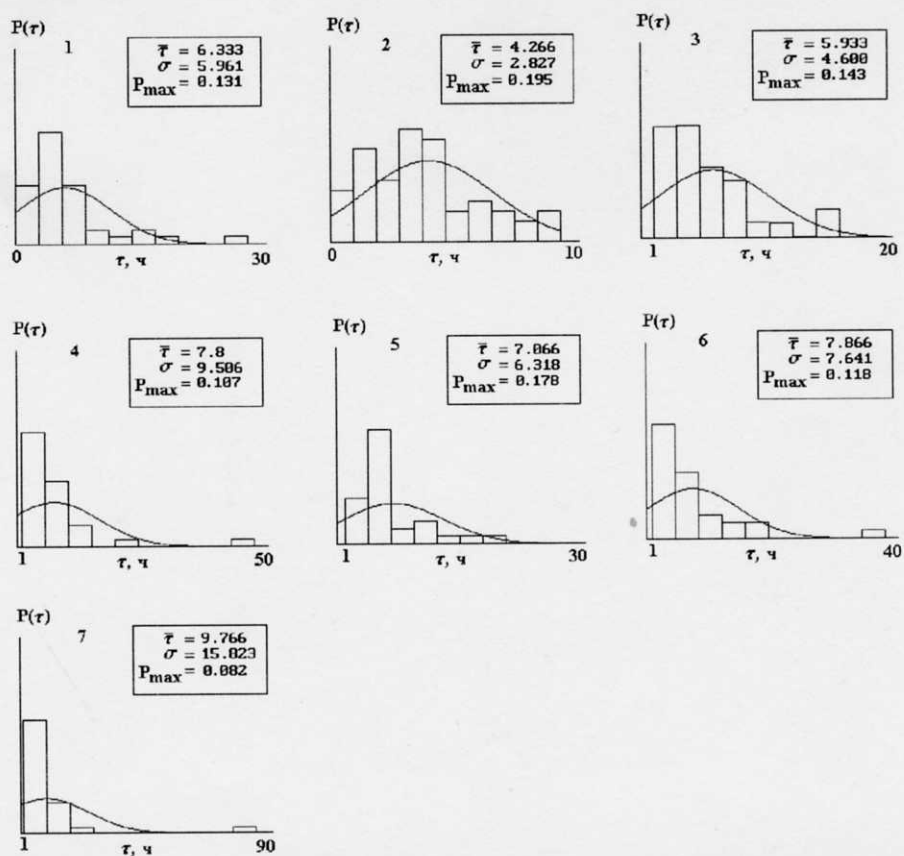


Рис. 3. Гистограммы распределения времени изучения лабораторных тем 1-7 курса «Информатика и программирование» (специальность – «Физика»). По оси абсцисс – время изучения курса в часах; по оси ординат – плотность распределения времени

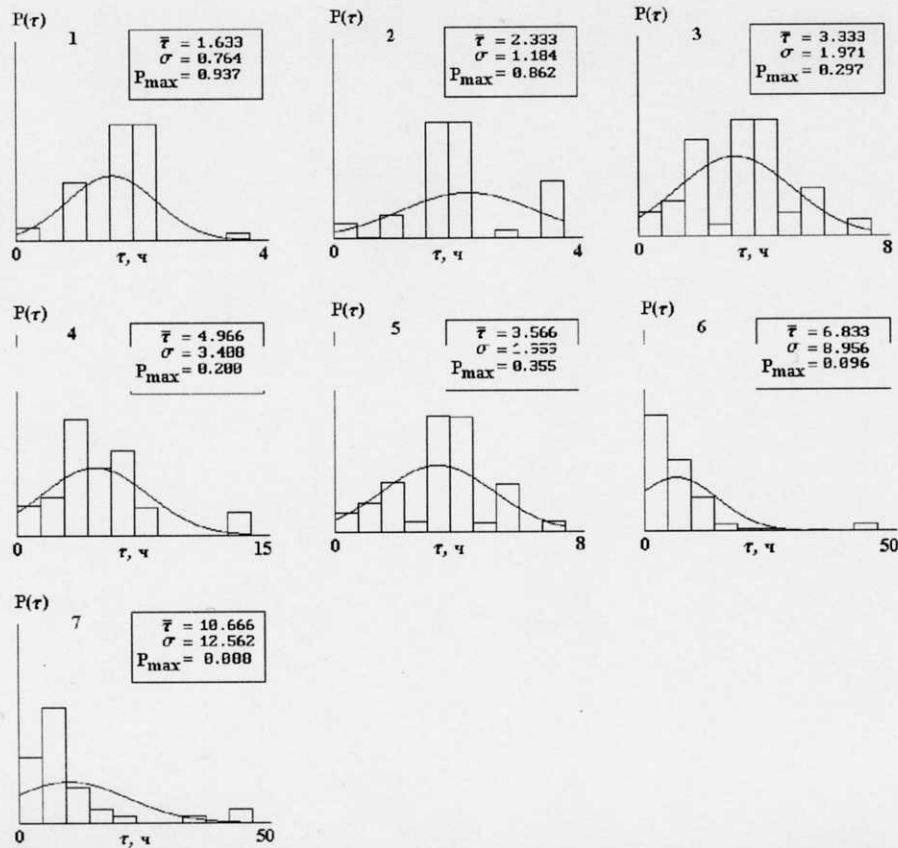


Рис. 4. Гистограммы распределения времени изучения лекционных тем 1–7 курса «Информатика и программирование» (специальность – «Физика»). По оси абсцисс – время изучения темы курса в часах; по оси ординат – плотность распределения времени

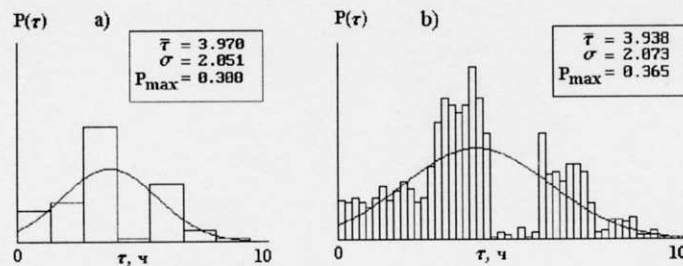


Рис. 5. Гистограммы распределения времени (тема 10 курса «Информатика»), построенная на основе результатов анкетирования а) и полученная с помощью имитационного моделирования б)

Таблица 3

Среднее время изучения дисциплины «Информатика» (1 семестр)			
Форма обучения	Учебный план, ч	Результаты анкетирования, ч	Результаты имитационного моделирования, ч
Лекционный курс	18	27	27,1
Лабораторные занятия	36	42,2	41,2

Таблица 4

Среднее время изучения дисциплины «Информатика и программирование» (1 семестр)			
Форма обучения	Учебный план, ч	Результаты анкетирования, ч	Результаты имитационного моделирования, ч
Лекционный курс	18	33,3	24,1
Лабораторные занятия	36	49	48,5

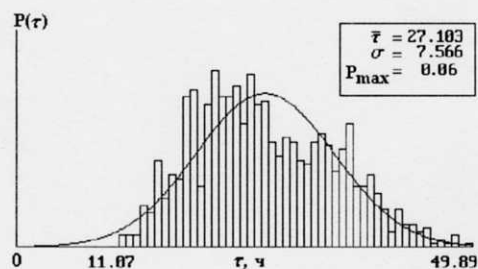


Рис. 6. Гистограмма плотности распределения времени изучения лекционного курса дисциплины «Информатика» (первый семестр)

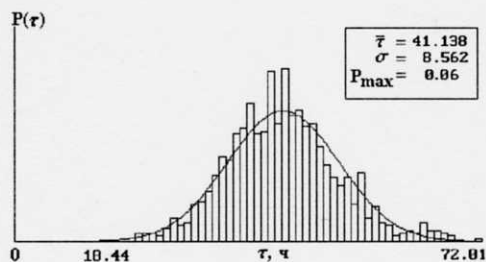


Рис. 7. Гистограмма плотности распределения времени изучения лабораторного курса «Информатика» (первый семестр, темы 1-12)

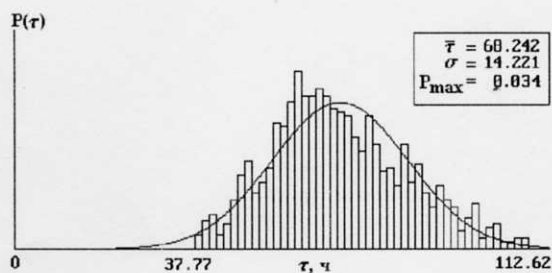


Рис. 8. Гистограмма плотности распределения времени изучения дисциплины «Информатика» (первый семестр)

линам. Среди первокурсников специальности «Математика» (71 чел.), сдавших курсовой экзамен по дисциплине «Информатика», 11,2 % (8 чел.) получили неудовлетворительную оценку, 26,8 % (19 чел.) – оценку «удовлетворительно», 32,4 % (23 чел.) – оценку «хорошо», 29,6 % (21 чел.) – оценку «отлично».

В случае студентов, обучающихся по специальности «Физика» (54 чел.), итоги экзамена по дисциплине «Информатика и программирование» выглядят так: 18,5 % (10 чел.) – «неудовлетворительно», 38,9 % (21 чел.) – «удовлетворительно», 24,1 % (13 чел.) – «хорошо», 18,5 % (10 чел.) – «отлично».

Таким образом, в результате одного экзамена приблизительно седьмая часть студентов-первокурсников должна быть отчислена. Качество обучения для дисци-

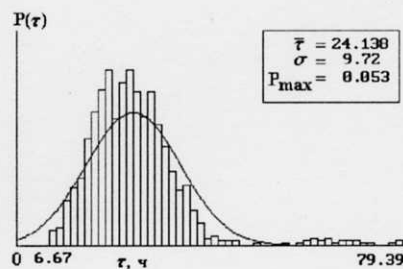


Рис. 9. Гистограмма плотности распределения времени изучения лекционного курса дисциплины «Информатика и программирование» (первый семестр)

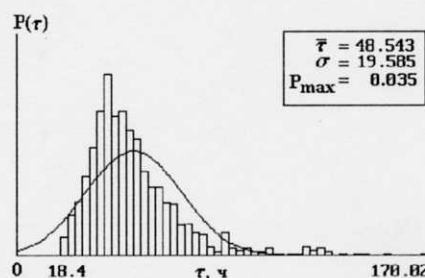


Рис. 10. Гистограмма плотности распределения времени изучения лабораторного курса «Информатика и программирование» (первый семестр, темы 1-7)

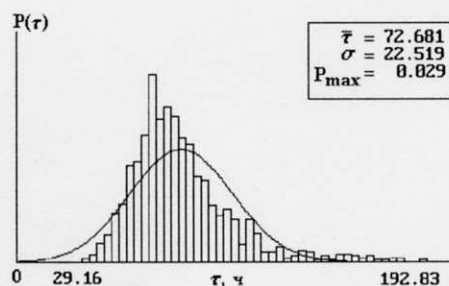


Рис. 11. Гистограмма плотности распределения времени изучения дисциплины «Информатика и программирование» (первый семестр)

плин «Информатика» и «Информатика и программирование» составляет 62 % и 42,6 % соответственно (в эксперименте 1 – 49,9 % и 53,8 %).

Планируется дальнейшее накопление статистических данных с целью получения достоверной исходной информации для проектирования содержания обучения.

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ экспериментальных и статистических данных, полученных за периоды 1999/2000 и 2000/2001 учебные годы, позволил сделать следующие выводы.

Подтверждены полученные ранее выводы о том, что расчет времени обучения по среднему значению влечет за собой снижение качества образования; для расчета временных характеристик образовательной деятельности необходимо иметь плотность распределения времени обучения и задать уровень отсева студентов, а необходимое время обучения может быть получено непосредственно из гистограмм плотностей распределения из условия равенства вероятности отсева студентов вероятности превышения времени обучения.

Выявлено несоответствие между планируемыми и реально существующими характеристиками содержания обучения.

Выявлены значимые корреляции между значениями среднего времени изучения тем в экспериментах. Установленная таким образом стационарность индивидуального времени изучения соответствующих тем делает возможным использование аппарата имитационного моделирования для оптимального проектирования учебного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арзамасцев А.А., Китаевская Т.Ю. Оптимальное проектирование и повышение эффективности процесса обучения в системе высшего образования. Постановка задач и обобщенный алгоритм решения // Вестн. Тамбов. ун-та. Сер. Естеств. и технич. науки. Тамбов, 1999. Т. 4. Вып. 4. С. 485-488.
2. Китаевская Т.Ю., Арзамасцев А.А. Анализ начального уровня подготовки абитуриентов физико-математического факультета ТГУ за 1996-1999 годы // Вестн. Тамбов. ун-та. Сер. Естеств. и технич. науки. Тамбов, 2000. Т. 5. Вып. 1. С. 124-130.
3. Арзамасцев А.А., Китаевская Т.Ю., Азаров И.В. Универсальный генератор случайных чисел для имитационного моделирования // Вестн. Тамбов. ун-та. Сер. Естеств. и технич. науки. Тамбов, 2000. Т. 5. Вып. 1. С. 131-133.
4. Арзамасцев А.А., Китаевская Т.Ю. Повышение эффективности учебного процесса в вузе: экспериментальное исследование и имитационное моделирование // Вестн. Тамбов. ун-та. Сер. Естеств. и технич. науки. Тамбов, 2000. Т. 5. Вып. 1. С. 134-141.

Поступила в редакцию 17 сентября 2001 г.