

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РФ

Московский авиационный институт
(НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

КАФЕДРА №804

Пояснительная записка
к дипломному проекту на тему:

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ОТВЕТА СТУДЕНТА
В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Студент _____ Джумурат А.

Научный руководитель
аспирант каф. 804 _____ Иноземцев А.

Рецензент
д.ф.-м.н., _____ Наумов С.В.

Зав. кафедрой №804
д.ф.-м.н, профессор _____ Кибзун А.И.

Москва 2013

Содержание

1. Введение	5
1.1. Актуальность дипломной работы	5
1.2. Объект и предмет исследования	5
1.3. Цели и задачи	6
1.4. Практическая значимость	6
1.5. Краткое описание структуры	6
2. Аналитический обзор	8
2.1. Обзор объекта исследования	8
2.2. Предмет дипломной работы	11
3. Обоснование выбранного направления	13
3.1. Математические модели времени ответа	13
3.1.1. Модель корректности ответа, включающая время ответа	13
3.1.2. Модель времени ответа, включающая корректность ответа	14
3.1.3. Отдельные модели времени ответа и корректности ответа	14
3.2. Двухуровневая модель van der Linden'a	15
3.2.1. Базовые предположения	15
3.2.2. Описание модели	18
3.2.3. Прогнозирование времени ответа пользователя	20
4. Методика исследования	22
4.1. Использование информации о фактическом времени ответа . . .	22
4.2. Обработка экспериментальных данных	23
4.2.1. Источник экспериментальных данных	23
4.2.2. Оценка параметров по выборке	23
4.2.3. Проверка предположения о гауссовости	25
4.2.4. Применение модели	26

5. Содержание выполненной работы	28
5.1. Теоретическая часть работы	28
5.2. Практическая часть работы	28
5.2.1. Доработка системы дистанционного обучения	29
5.2.2. Обработка экспериментальных данных	29
6. Результаты	30
7. Заключение	31
8. Экономический раздел	32
8.1. Введение	32
8.2. Сетевой график	32
8.2.1. Таблица этапов работ	33
8.2.2. Построение сетевой модели	33
8.2.3. Анализ сетевой модели.	34
8.3. Расчет затрат	35
8.3.1. Приобретение материалов	36
8.3.2. Аренда помещений	37
8.3.3. Заработная плата	38
8.3.4. Транспортные расходы	39
8.3.5. Расходы амортизацию оборудования	40
8.4. Социальные отчисления	41
8.4.1. Прочие расходы	41
8.4.2. Накладные расходы	41
8.5. Расчет экономической эффективности	42
8.5.1. Расчёт цены на продукт	42
8.6. Экономический эффект	42
8.6.1. Экономическая эффективность	43
8.7. Вывод	44
9. Охрана труда и окружающей среды	45
9.1. Введение	45
9.1.1. Необходимость защиты труда в объекте дипломной работы	45
9.1.2. Характеристики рабочего помещения	46
9.1.3. Характеристики оборудования	46

9.2. Анализ условий труда	47
9.2.1. Санитарно-гигиенические факторы	47
9.2.2. Эргономика рабочего места	53
9.2.3. Психофизиологические факторы	54
9.3. Расчёт	56
9.4. Вывод	58
Список использованных источников	59

Глава 1.

Введение

1.1. Актуальность дипломной работы

Задача анализа времени ответа студента в системах дистанционного обучения (СДО) является одним из приоритетных направлений области дистанционного обучения и адаптивных систем тестирования. Время, которое студент затрачивает для ответа на задачу, является основным источником информации при ответе на следующие вопросы:

- не обладает ли студент ответами на некоторые (или все) задачи дистанционного теста
- достаточно ли отпущено времени для прохождения теста
- удачно ли сформулированы задачи теста (или понимание условия задачи вызывает затруднения)

На все эти вопросы помогает ответить стохастическая модель времени ответа обучающегося в системах компьютерного обучения.

1.2. Объект и предмет исследования

Объектом исследования дипломной работы является поведение обучающихся при ответах на задания в системах дистанционного обучения.

Предметом исследования дипломной работы является время, в течение которого студент отвечает на задачи, предлагаемые системой дистанционного обучения.

1.3. Цели и задачи

Целью дипломной работы является оценка поведения студента на основании информации о времени, которое студент затрачивает для ответа на задания теста и выявлении отклонений во времени ответов обучающегося.

Основные задачи, которые решить для для достижения поставленной цели:

- ознакомление с теоретическим аспектом объекта исследования: поиск и чтение специализированной литературы
- построение математических моделей, описывающих предмет исследования
- выбор методов оценки параметров построенных моделей
- получение экспериментальных данных
- обработка данных моделирования эксперимента для оценки параметров математической модели
- разработка алгоритма поиска отклонений в новых данных, поступающих в систему дистанционного обучения, с помощью построенной математической модели

1.4. Практическая значимость

Дипломная работа имеет важное практическое приложение в качестве математического обеспечения для системы дистанционного обучения МАИ.

1.5. Краткое описание структуры

Введение раскрывает актуальность, определяет степень разработки темы, объект, предмет, цель и задачи исследования, раскрывает теоретическую и практическую значимость работы. В Главе 1 рассматриваются теоретические положения и аспекты исследования времени, которое студент затрачивает для ответа на задачи в процессе обучения. Глава 2 посвящена обработке экспериментальных данных и их последующему анализу. Дипломная работа содержит раздел "Охрана труда и окружающей среды в котором происходит

анализ параметров помещения, в котором студенты могут работать с системой дистанционного обучения. В экономическом разделе исследуется инвестиционная эффективность дипломной работы. В Заключение формулируются итоги проведённого исследования и выводы по рассматриваемой теме.

Глава 2.

Аналитический обзор

2.1. Обзор объекта исследования

Теоретические исследования в области построения математических моделей процесса выполнения заданий играют огромную роль в современных системах компьютерного обучения. Одним из вопросов, которые исследуются в данной области является взаимосвязь между временем ответа студента и правильностью ответа.

Наиболее ранние работы в данной области принадлежат Вудбори (Woodbury) (1951, 1963), который использовал стохастические модели для количества правильных ответов, предоставленных студентом в течении теста. Позднее эти идеи были развиты в работах Лорда и Новика (Lord, Novick) (1968).

В этот период так же возникла идея о том, что оценка студента не должна складываться только из количества правильных ответов, предоставленных в течение теста - необходимо учитывать и время, которое студент затрачивает на решение задачи. Эти вопросы поднял в своих работах Галексен (Gulliksen) (1950). Он предложил использовать два вида тестов - тесты на скорость (speed tests) и тесты на сложность задач (power tests). При прохождении теста на скорость студенту предлагалось за ограниченное время решить максимально возможное количество задач самого низкого уровня - таким образом Галексен пытался оценить скорость, с которой студеты принимают решения, при этом на скорость ответов не должна влиять сложность задачи. Тесты второго вида состояли из задач разного уровня сложности, время на решение которых было неограничено - по результатам этого теста можно было оценить, задачи какого уровня сложности может решить студент, т.е. оценить именно

уровень знаний, без привязки к скорости, с которой обучающийся решает задачи.

Подход Галексена обладает двумя основными недостатками: во-первых даже в тестах на скорость может случиться так, что на какую-то из задач студент даст неверный ответ (это маловероятно для студентов с высоким уровнем знаний, но вполне может произойти с менее способными студентами). Как в данном случае оценить скорость студента с помощью времени ответа, как учесть время, за которое студент дал неверный ответ и нужно его учитывать вообще? Во-вторых, здравый смысл подсказывает, что время нужно учитывать так же и в тестах на сложность задач - ведь если два студента решают все предложенные задачи, но один из них при этом затрачивает меньшее количество времени - очевидно, что "быстрый" студент заслуживает более высокую оценку.

Одним из первых исследователей, который пытался решить данные задачи, был Терстоун (Thurstone) (1937). Он обратил своё внимание на вопрос взаимосвязи между скоростью, с которой студент решает задачи и теста и уровнем знаний студента. Терстоун представил графическую модель такой взаимосвязи, которую назвал "кривой ответа" (response surface). Для каждого конкретного студента и одной задачи теста кривая ответа представляет собой график зависимости вероятности правильного ответа от сложности задачи и времени, которое было затрачено на ответ. Пример кривой ответа показан на рисунке ниже

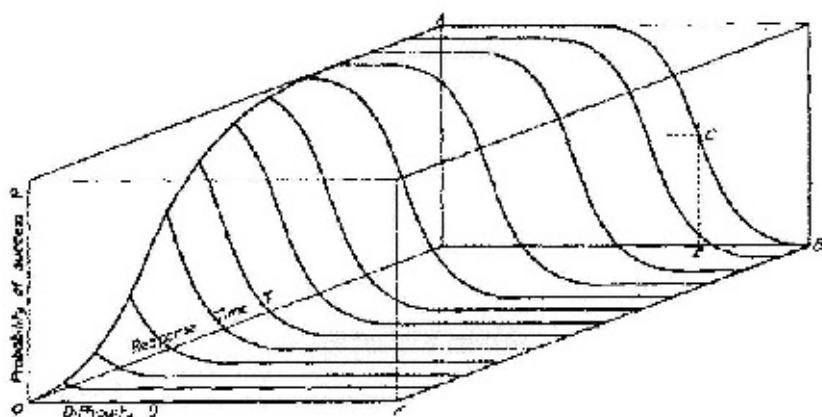


Рис. 2.1. Кривая ответа

График отражает зависимость между вероятностью правильного ответа и затраченным временем только для одного студента, т.е. не отражает распределение вероятности для группы студентов. Основным принципом, который Терстоун использовал при построении этой диаграммы: вероятность того, что студент даст правильный ответ на задачу растёт с увеличением времени, которое студент затратит на задачу. При этом вероятность правильного ответа уменьшается с увеличением сложности задачи. Терстоун ввёл понятия скорости студента и способностей студента. Скорость студентов Терстоун определил как число задач, которые студент решает в единицу времени; способностью студента исследователь назвал сложность задач, на которые студент отвечает с вероятностью $P = 0.5$ при условии, что время ответа студента не ограничивается.

Несмотря на достоинства, в модели Терстоуна есть так же и некоторые неочевидные недостатки. Во-первых, для ответов студента используется стохастическая модель, в то время как время ответа считается детерминированным. Очевидно, что и ответы студента и время, которое студент затрачивает на ответ являются следствиями одних и тех же когнитивных процессов - поэтому логично использовать вероятностную модель так же и для времени ответа студента. Таким образом, кривая ответа должна представлять собой закон совместного распределения времени ответа и корректных ответов студента. Во-вторых, модель Терстоуна принимает в качестве параметров вероятностной модели ответа параметры задачи (сложность) и параметры студента (способность), при этом игнорируется время, в течении которого студент отвечал на задание. Во-третьих, кривая ответа предполагает зависимость вероятности правильного ответа от времени ответа, в то время как логично предположить, что между этими величинами существует условная независимость, т.е. ответ на задачу и время ответа на любую задачу теста не должны зависеть от ответов на другие задачи.

Таким образом, при изучении вопросов обучения студентов исторически возникли такие задачи, как

- оценить способность каждого студента
- оценить скорость, с которой конкретный студент может решить предложенную задачу теста
- оценить время, которое может потребоваться студенту для полного про-

хождения теста

- сформировать список задач, который будет оптимальным для конкретного студента, исходя из его способностей

и другие.

Дипломная работа посвящена построению математической модели времени ответа студента и одному из практических применений этой модели: выявлении отклонений в поведении студента на основании поступающей в систему дистанционного обучения информации о времени ответа студента на задачи теста.

2.2. Предмет дипломной работы

Предметом дипломной работы является время, которое студент затрачивает при ответе на вопросы теста. Очевидно, что время ответа играет важную роль при оценке уровня способностей студента и формирования индивидуальных заданий в системе дистанционного обучения: например, два студента с одинаковым уровнем подготовки могут отвечать на вопросы теста с разной скоростью - это значит, что при одинаковых ограничениях на общее время на теста более "медленный" студент не успеет ответить на все задачи.

В связи с этим возникает необходимость в моделировании времени ответа студента. Информация о времени, которое ожидается при ответе студента на данную задачу может использоваться системой дистанционного обучения для различных целей: например, для адаптации индивидуального задания согласно возможностям конкретного студента. Математическая модель времени ответа студента на задачи позволяет ответить на следующие вопросы:

- уложится студент во время, отведённое на тест для конкретного набора задач
- не пытается ли студент во время теста угадать ответ вместо того, чтобы решать задачу
- не пользуется ли студент готовыми решениями, полученными ранее
- понять стратегию, которую студент использует во время ответов на задачи

Для решения этих задач существует множество теоретических моделей, которые рассматриваются далее в Главе ??.

Глава 3.

Обоснование выбранного направления

3.1. Математические модели времени ответа

Практика построения математических моделей, включающих время ответа, состоит из двух основных подходов. Первый подход - когда время ответа и распределение вероятности правильного ответа студента используются в одной и той же модели. Второй подход - когда используются разные модели. Приведём примеры для каждого подхода.

Во всех моделях, описанных далее, используются следующие обозначения:

j	— номер студента из группы
i	— номер задачи из группы задач
t_{ij}	— время ответа студента i на задачу j
θ_j	— способность студента, уровень знаний
b_i	— сложность задачи i
u_{ij}	— случайная величина такая, что $u_{ij} = 1$, если студент j ответил на задачу i верно
$c_i \in [0; 1]$	— вероятность угадать ответ на задачу i

3.1.1. Модель корректности ответа, включающая время ответа

Над моделью ответа, которая включает в себя время ответа, работал Роскам (Roskam) (1987). Эта модель является однопараметрической логистической

моделью (1PL, one-parameter logistic):

$$p_i(\theta_j) = \{1 + \exp(-(\theta_j + \ln t_{ij} - b_j))\}^{-1} \quad (3.1)$$

В этой модели $p_i(\theta_j)$ - вероятность правильного ответа. Модель отвечает идеям Терстоуна: для того, чтобы убедиться в этом, рассмотрим разность $\ln t_{ij} - b_j$. Увеличение сложности задачи всегда может быть компенсировано более длительным временем, затраченным на задачу.

3.1.2. Модель времени ответа, включающая корректность ответа

Модель такого типа разрабатывал, например, Гавирия (Gaviria) (2005):

$$\ln \left(\frac{t_{ij} - T_0}{A} \right) = -a_i(\theta_j - b_j) + \varepsilon_{ij}, \quad \varepsilon_{ij} \sim LN(0, \sigma_i^2), \quad (3.2)$$

где

A — параметр масштаба времени ответа

T_0 — параметр сдвига времени ответа

ε_{ij} — случайная ошибка, имеет логнормальное распределение

Таким образом, в модели Гавирии время ответа студента имеет логнормальное распределение со средним $-a_i(\theta_j - b_j)$ и дисперсией σ_i^2 , которая определяется параметрами задачи.

3.1.3. Отдельные модели времени ответа и корректности ответа

К таким моделям относится одна из самых ранних моделей в данной области - модель процесса чтения. Эту модель разработал Раш (Rasch) (1960). Модель включает в себя две модели более низкого уровня - модель ошибок в чтении и модель скорости чтения. Модель ошибок описывается следующим образом: число ошибок чтения a в тексте длиной N слов имеет пуассоновское

распределение, функция вероятности имеет вид

$$P(a|N) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^a}{a!}, \quad (3.3)$$

где $\lambda = N\theta$ - среднее число ошибок. Раш рассматривал коэффициент θ как отношение

$$\theta = \frac{\delta_i}{\xi_j}, \quad (3.4)$$

где δ_i - сложность текста и $1/\xi_j$ - способность студента j .

Время, за которое текст будет прочитан студентом при этом имеет гамма-распределение с функцией плотности вероятности

$$\rho(t|N) = \lambda e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^{N-1}}{(N-1)!}, \quad (3.5)$$

где λ - параметр интенсивности потока, который соответствует скорости чтения студента.

Таким образом, обе модели представляют собой пуассоновские потоки разной природы - один поток для ошибок при чтении и второй поток для скорости чтения.

В дипломной работе приводятся принципы построения более сложной модели - двухуровневой модели Ван дер Линдена (van der Linden).

3.2. Двухуровневая модель van der Linden'a

При разработке двухуровневой модели оценки работы студента в системе дистанционного обучения использованы следующие предположения

3.2.1. Базовые предположения

3.2.1.1. Случайное время ответа

Исследования в области психологии доказывают, что время, в течении которого объект исследования реагирует на внешние раздражители, может быть случайным. Логично предположить, что время ответа студента в системах дистанционного обучения так же являются случайной величиной. Основное предположение Теории ответов (ТО, Item Response Theory, IRT) со-

стоит в том, что корректность ответа студента является случайной величиной

Предположение 1: время ответа студента t_{ij} является реализацией случайной величины T_{ij}

3.2.1.2. Корректность ответов пользователя

Для описания процесса обучения необходимо ввести ещё одну случайную величину - корректность ответа пользователя

$$U_{ij} = \begin{cases} 1 & , \text{ студент } j \text{ ответил на задачу } i \text{ корректно} \\ 0 & , \text{ студент } j \text{ ответил на задачу } i \text{ некорректно} \end{cases}$$

Предположение 2: корректность ответа студента u_{ij} является реализацией случайной величины U_{ij}

3.2.1.3. Скорость и время ответа

Время, которое студент затрачивает при ответе на задачи теста и скорость, с которой студент выполняет задание - неэквивалентные понятия. Одно из основных предположений в Теории ответов - время ответа студента на задачу может меняться в зависимости от параметров задачи, в то время как скорость студента остаётся неизменной. Исходя из этого предположения, можно записать *основное уравнение Теории ответов*:

$$\tau_j^* = \frac{\beta_i^*}{t_{ij}}, \quad (3.6)$$

где β_i^* - трудозатраты, которые требуются от студента для решения задачи i и τ_j^* - скорость студента.

Для того, чтобы распределение времени ответа имело более симметричный вид, к этому выражению обычно применяется логарифмическое преобразование, тогда выражение принимает вид

$$\ln t_{ij} = \beta_i - \tau_j, \quad (3.7)$$

где $\beta_i = \ln \beta_i^*$ и $\tau_j = \ln \tau_j^*$ - параметры в логарифмическом масштабе.

Предположение 3: время ответа на задания и скорость ответа студента на задание являются величинами разной природы, однако их связывает основное

уравнение Теории ответов.

3.2.2. Описание модели

На основании сделанных выше предположений, ван дер Линден предложил использовать для моделирования процесса обучения студента двухуровневую иерархическую модель. Модель имеет вид, представленный на диаграмме:

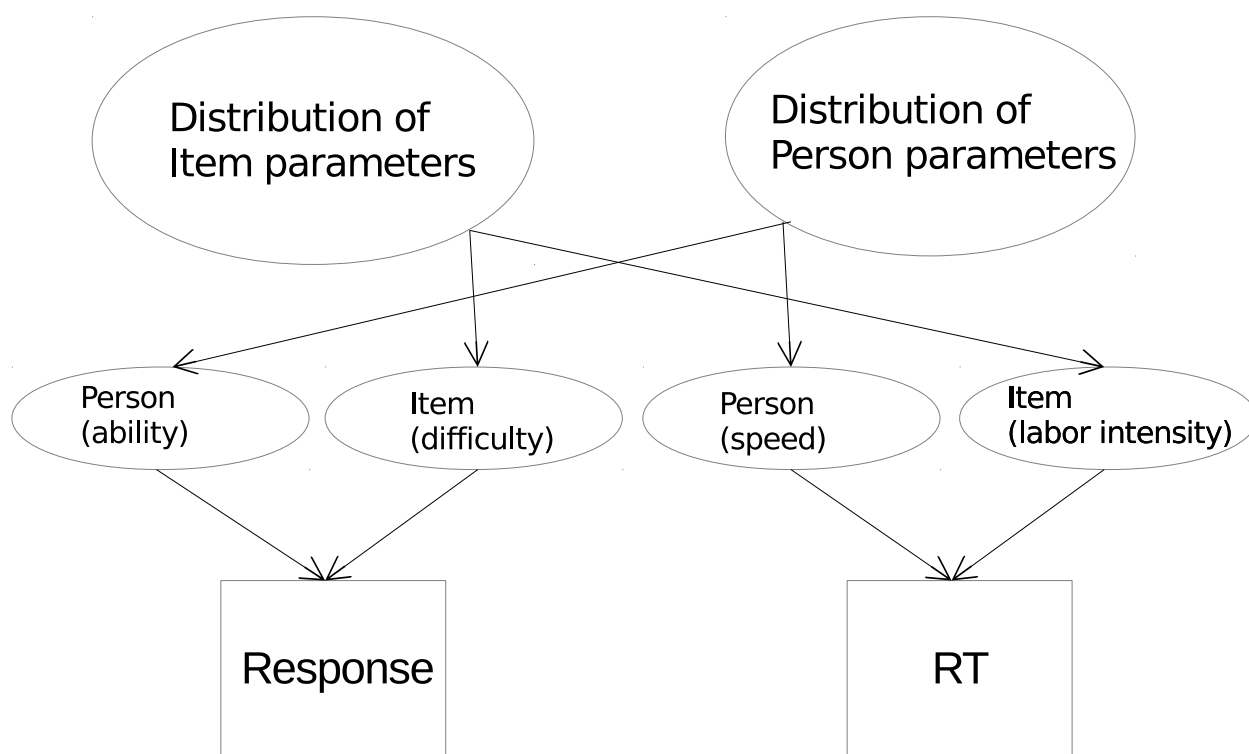


Рис. 3.1. Двухуровневая иерархическая модель

Как видно, модель имеет два уровня. На первом уровне вероятностные модели для корректности ответа студента и времени ответа студента. На втором уровне вероятностная модель распределения параметров студентов для всех групп обучающихся и вероятностная модель распределения сложных параметров задачи по всему пулу задач. Рассмотрим эти модели более подробно.

3.2.2.1. Двухуровневая иерархическая модель

Модель распределения параметров для множества студентов (верхний уровень) Параметры для группы студентов распределены по нормальному

закону

$$(\theta, \tau) \sim N(\mu, \sigma), \quad (3.8)$$

где $\mu = (\mu_\theta, \mu_\tau)^T$ и $\sigma = (\sigma_\theta, \sigma_\tau)$

Модель распределения параметров для множества задач (верхний уровень) Введём случайный вектор ξ такой, что $\xi = (a_i, b_i, c_i, \alpha_i, \beta_i)$ - параметры задачи. Тогда

$$\xi \sim N(\mu, \Sigma), \quad (3.9)$$

где μ - вектор мат. ожиданий и Σ - ковариационная матрица для вектора ξ

Модель корректности ответа (нижний уровень) Для модели корректности ответа используется трёхпараметрическая логистическая модель

$$p_i(\theta_j) = c_i - (1 - c_i)\psi[a_i(\theta_j - b_i)] \quad (3.10)$$

где $\psi(*)$ - логистическая функция.

Модель времени ответа (нижний уровень) Время ответа студента имеет логнормальное распределение:

$$\ln T_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}, \quad \varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2). \quad (3.11)$$

Соответственно, плотность распределения имеет следующий вид:

$$f(t_{ij}; \tau_j, \alpha_i, \beta_i) = \frac{\alpha_i}{t_{ij}\sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2}[\alpha_i(\ln t_{ij} - \{\mu + \beta_i + \tau_j\})]^2 \right\}, \quad (3.12)$$

где $\alpha_i = \sigma^{-1}$

В модели используются следующие обозначения:

- β_i — временной параметр, индивидуальный для задачи i
- τ_j — параметр времени, в течении которого студент реагирует на задачи теста
- ε_{ij} — случайное отклонение
- μ — параметр времени, общий для всего пула задач и всех обучающихся

Адаптация системы дистанционного обучения с использованием времени

ответа обучающегося проходит в рамках модели (3.11)

3.2.2.2. Оценка параметров модели

Пусть в системе дистанционного обучения выбирает для формирования вариантов теста используется пул из K задач. При этом в тестировании принимают участие M студентов. Для каждого студента j из общего числа студентов система дистанционного обучения формирует вариант из k задач. Обозначим t_{ij} это время ответа студента j на задачу i . Тогда для случайных параметров модели (3.11) методом максимального правдоподобия можно получить следующие оценки :

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^k \ln t_{ij}}{k \cdot M}, \quad (3.13)$$

$$\hat{\beta}_i = \frac{\sum_{j=1}^M \ln t_{ij}}{M} - \hat{\mu}, \quad (3.14)$$

$$\hat{\tau}_j = \frac{\sum_{i=1}^n \ln t_{ij}}{k} - \hat{\mu}, \quad (3.15)$$

Оценка $\hat{\tau}_j$ имеет математическое ожидание

$$E[\hat{\tau}_j] = \tau_j \quad (3.16)$$

и дисперсию

$$Var(\hat{\tau}_j) = \frac{\sigma^2}{k} \quad (3.17)$$

и, наконец, оценка для дисперсии случайного отклонения ε_{ij} имеет вид

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^k \ln t_{ij} - \hat{\tau}_j - \hat{\beta}_i}{k \cdot M}, \quad (3.18)$$

3.2.3. Прогнозирование времени ответа пользователя

Для прогнозирования времени ответа в модели используется подход, описанный ниже.

Обозначим прогнозное время ответа как \tilde{T}_{ij} . Тогда с учётом формул (3.16),(3.17) получаем

$$\hat{\tau}_j \sim N \left(\tau_j, \frac{\sigma^2}{k-1} \right) \quad (3.19)$$

т.к.

$$cov(\hat{\tau}_j, \varepsilon_{ij}) = 0, \quad (3.20)$$

то получаем прогнозное время ответа студента на задачу

$$\ln \tilde{T}_{ij} \sim N \left(\mu + \beta_i + \tau_j, \frac{n\sigma^2}{k-1} \right) \quad (3.21)$$

Таким образом, прогнозное время ответа студента на задачу имеет гауссовское распределение.

Глава 4.

Методика исследования

4.1. Использование информации о фактическом времени ответа

Выражение для прогнозного времени ответа можно использовать для выявления aberrаций (отклонений) в поведении пользователя. Для этого введём понятие отклонения прогноза.

Отклонением прогноза будем разность между прогнозным временем ответа и фактическим временем ответа студента. В логарифмической шкале разность будет иметь вид отношения

$$E_{ij} = \ln \tilde{T}_{ij} - \ln t_{ij} = \ln \frac{\tilde{T}_{ij}}{t_{ij}} \quad (4.1)$$

Из этого отношения можно сделать вывод, что ошибка прогноза - случайная величина, которая имеет нормальное распределение с параметрами

$$E_{ij} \sim N \left(\mu + \beta_i + \tau_j - \ln t_{ij}, \frac{n\sigma^2}{k-1} \right). \quad (4.2)$$

Таким образом, выявление отклонений в поведении студента сводится к задаче проверки статистической гипотезы о том, что реализации e_{ij} случайной величины E_{ij} имеют нормальное распределение против альтернативы, что ошибка прогноза имеет какое-либо другое распределение

$$\begin{aligned} H_0 &: e_{ij} \sim N \left(\mu + \beta_i + \tau_j - \ln t_{ij}, \frac{k\sigma^2}{k-1} \right) \\ H_1 &: \text{ошибка прогноза имеет другое распределение} \end{aligned}$$

4.2. Обработка экспериментальных данных

4.2.1. Источник экспериментальных данных

Для применения на практике теоретических положений и математических моделей, описанных в Главе 3 использовались реальные данные пользователей системы дистанционного обучения МАИ. На момент написания диплома в системе не фиксировалось время, которое студент тратит на решение контрольных и тестовых задач. В связи с этим в исходный код системы дистанционного обучения и структуру базы данных, которая используется системой дистанционного обучения, были внесены доработки, позволяющие фиксировать время ответа для всех существующих курсов («Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Теория вероятностей и математическая статистика»).

После внесённых изменений система фиксирует следующие данные: сколько раз была отображена каждая задача, сколько попыток произвел каждый студент для её решения, какое количество времени было затрачено для каждой из попыток и насколько удачной была попытка (верно или неверно решена задача)

4.2.2. Оценка параметров по выборке

4.2.2.1. Преобработка полученных данных

Для получения оценок параметров модели, описанных в разделе 3.2.2.2, обработаем полученную статистику. Порядок обработки статистики покажем на примере задачи № 8.2.3 из курса «Математический анализ»

Вначале построим гистограмму для времени, которое студенты затрачивали для ответа на задачу

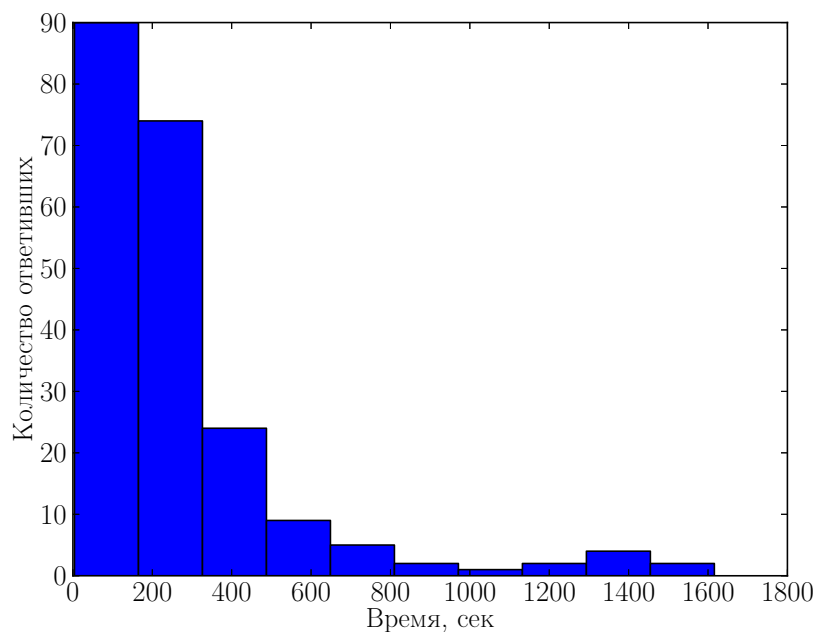


Рис. 4.1. Гистограмма времени ответа

Согласно модели, построенной в разделе (3.2.2.1), применим логарифмическое преобразование к времени ответа и построим гистограмму полученных значений:

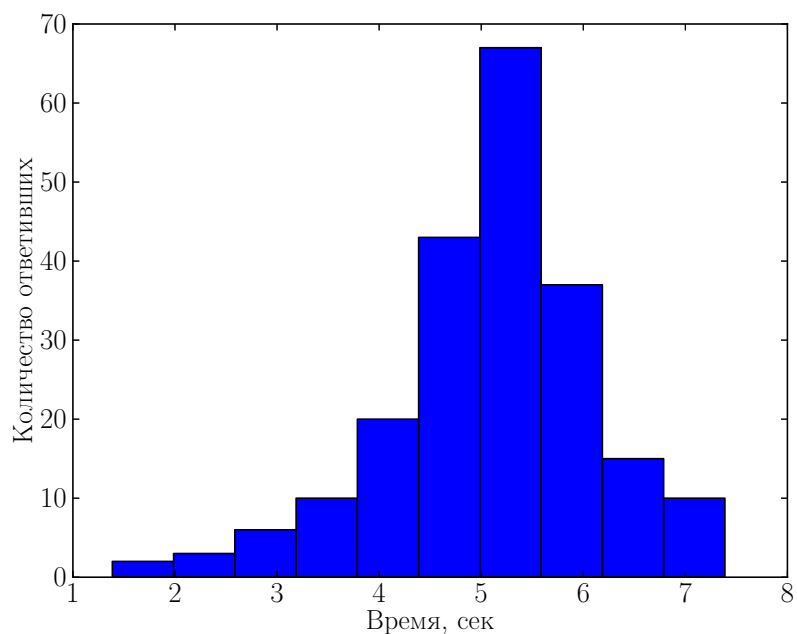


Рис. 4.2. Гистограмма времени ответа (логарифмический масштаб)

Как видно из данного примера, применение логарифмического преобразования к выборке по времени ответа обучающихся на конкретную задачу в системе дистанционного обучения позволяет получить симметричный вид распределения, который походит на гауссовское распределение. Проверка на гауссовость приводится в следующих разделах.

4.2.2.2. Оценка параметров модели

Модель, описанная уравнением (3.21) в применении к экспериментальным данным имеет следующий вид. Пусть, согласно пункту (3.2.2.2) для каждого студента j из общего количества студентов M система дистанционного обучения случайным образом выбирает k задач из пула задач объёма K . Тогда по результатам тестирования мы получаем следующую таблицу:

Таблица 4.1. Время ответа

	Задача			
Студент	1	2	...	k
1	t_{11}	t_{12}	...	t_{1k}
2	t_{21}	t_{22}	...	t_{2k}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
M	t_{M1}	t_{M2}	...	t_{Mk}

Таблица отражает время t_{ij} , которое затратил студент j при ответе на задачу i . Время ответа имеет логнормальное распределение, согласно п. (3.11).

Оценка параметров модели происходит на основании данных таблицы (4.1) согласно формулам (3.13) - (3.18).

4.2.3. Проверка предположения о гауссовости

Проверим гипотезу о гауссовом распределении времени ответа студента. Для этого сформулируем основную и альтернативную гипотезы следующего вида:

$$H_0 : t_{ij} \sim N(\mu, \sigma^2)$$

$$H_1 : t_{ij} \text{ имеет другое распределение}$$

4.2.4. Применение модели

Используя оценки, полученные в пункте ??, продемонстрируем работу модели для выявления отклонений в поведении студентов.

4.2.4.1. Моделирование данных

Для оценки параметров модели воспользуемся базой данных системы дистанционного обучения МАИ по курсу «Математический анализ».

В тестировании принимало участие 30 обучающихся. Система дистанционного обучения предлагает каждому студенту $k = 16$ задач.

Согласно формулам (3.13) - (3.18) были получены оценки параметров модели τ_j (для каждого студента), β_j (для каждой задачи) и μ (временной параметр, обобщающий все полученные данные).

Для проверки работы модели смоделируем две последовательности - последовательность значений времени ответа на задачи теста для студента, который отвечает на задачи теста «честно» и аналогичную последовательность для студента, который пользуется готовыми ответами на некоторые задачи.

Для моделирования «мошеннических» ответов воспользуемся следующим приёмом, описанным в [6]. Согласно формуле (3.11), время ответа студента, который не обладает ответами на задачи, имеет логнормальное распределение:

$$\ln T_{ij} \sim N(\mu + \beta_i + \tau_j, \sigma^2),$$

а если студент j получил ответ на задачу i заранее, то время ответа так же имеет логнормальное распределение, но с другим параметром смещения:

$$\ln T_{ij} \sim N(\mu + \beta_i + \tau_j + L, \sigma^2),$$

где L - параметр смещения, который задаётся исследователем. В [6] в качестве значения L принимается оценка дисперсии параметра τ_j , взятая с противоположным знаком:

$$L = (-1) \cdot Var(\hat{\tau}_j) = (-1) \cdot \frac{\sigma^2}{k} \quad (4.3)$$

Выберем из группы студента случайным образом. Пусть у выбранного студента имеются заранее подготовленные ответы на задачи под номерами

[5, 9, 15]. Проведём моделирование ответов студента, который «мошенничает» при прохождении теста, параметр смещения определим из соотношения (4.3).

Так же для этого студента рассчитаем прогнозное время ответа. На столбчатой диаграмме отобразим прогнозные и смоделированные время ответа. Для наглядности прогнозные время ответа отображаются «как есть», а вместо значения смоделированной величины берём ей противоположную. Над каждым столбцом подписано соответствующее ему числовое значение (для удобства).

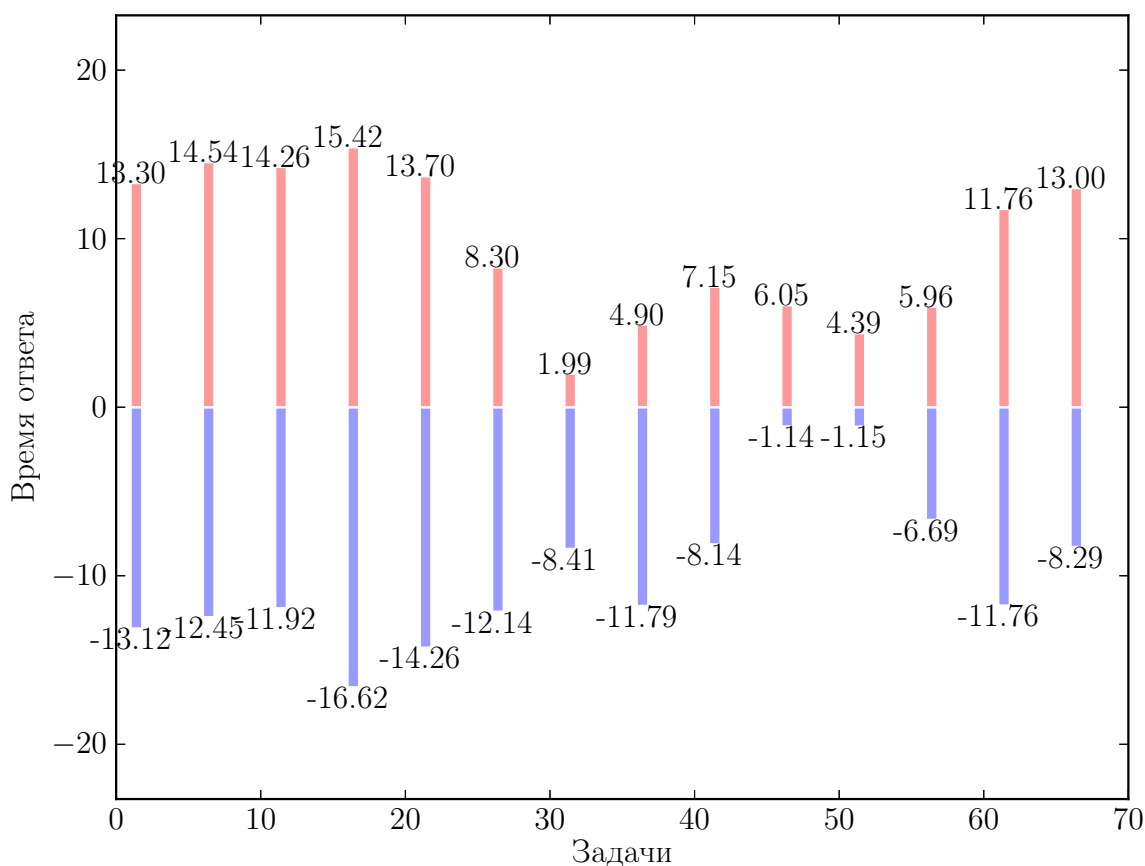


Рис. 4.3. Сравнение прогнозных и модельных данных

Глава 5.

Содержание выполненной работы

5.1. Теоретическая часть работы

В рамках теоретической части работы были проанализированы различные подходы, к исследованию времени, которое обучающийся тратит на ответ в системах компьютерного тестирования. Ряд подходов к данной проблеме представлен в Главе 3.

По результатам проведённого анализа в теоретической части работы для решения задачи, сформулированной в Введении к основной части дипломной работы, была выбрана одна из составляющих двухуровневой иерархической модели Ван дер Линдена - логнормальная модель времени ответа первого уровня.

5.2. Практическая часть работы

Практическая часть выполненной работы состояла из двух основных частей - это доработка существующей системы дистанционного обучения для решения задачи, поставленной в дипломной работе и получения экспериментальных данных, и обработка полученных экспериментальных данных с целью адаптации работы системы дистанционного обучения на основании полученных экспериментальных данных.

5.2.1. Доработка системы дистанционного обучения

В процессе работы над поставленной задачей возникла необходимость доработки системы дистанционного обучения. На момент написания дипломной работы система дистанционного обучения не производила учет времени, которое студент затрачивает при ответе на задачи в процессе работы с системой. Однако эта информация была нужна для проверки теоретических положений на практике. Для решения данной задачи были предприняты следующие шаги:

- построена диаграмма классов модуля системы дистанционного обучения
- проанализированы связи на диаграмме
- спроектированы изменения, которые нужно внести в системы дистанционного обучения для решения задачи
- внесены изменения в программный код системы дистанционного обучения

В результате произведённых действий в системе дистанционного обучения появилась возможность фиксировать время, которое студент затрачивает для ответа на задачи.

5.2.2. Обработка экспериментальных данных

При обработке экспериментальных данных были решены следующие задачи

- разработан алгоритм обращений к базе данных на языке запросов SQL
- проведена первичная обработка экспериментальных данных
- согласно разработанным алгоритмам была проведена оценка параметров модели

Для визуального анализа полученных статистических данных были построены гистограммы.

Глава 6.

Результаты

Доработки, внесённые в систему дистанционного обучения, позволяют фиксировать время, которое студент затрачивает при решении задач в системе дистанционного обучения.

По результатам обработки экспериментальных данных был сделан вывод о соответствии математической модели реальным данным.

Согласно сформулированной математической модели была произведена оценка параметров модели.

С использованием накопленной информации о времени ответа студентов на задания в системе дистанционного обучения была разработана процедура прогнозирования времени ответа.

По результатам прогноза (при сравнении прогнозных значений с фактическими) производится вывод о том, не обладал ли студент ответами к решаемой задаче.

Глава 7.

Заключение

Задачи, сформулированные в разделе «Введение» выполнены: построена математическая модель времени ответа студента, на основании модели была решена задача прогнозирования времени ответа студента. По результатам прогноза описан алгоритм выявления отклонений при ответе на задачи с целью определить случаи, когда студент имеет готовые ответы на одну или несколько задач теста.

Математическая модель получила программную реализацию и была применена данным, полученным в системе дистанционного обучения МАИ.

Прогнозирование времени ответа студента является важной частью адаптивного компьютерного тестирования. Полученные результаты (математическая модель и программная реализация) могут быть применены не только к выявлению случаев мошенничества при прохождении тестирования, но и в ряде других задач: прогнозирование времени, которое понадобится студенту для прохождения теста; оценка вероятности выполнения теста в срок; проверка того, как формулировка задания влияет на скорость выполнения и выбор оптимальной формулировки.

Глава 8.

Экономический раздел

8.1. Введение

Целью дипломной работы является доработка системы дистанционного обучения МАИ с целью адаптации системы на основе поступающей информации о времени, которое студент затрачивает для ответов на задачи в процессе тестирования. На основании анализа времени ответа делается вывод о том, не было ли у студента заранее приготовленных ответов на задачи теста. В основной части диплома описывается математическое обеспечение системы и программная реализация, которые представляют собой завершённый программный продукт, готовый для продажи на рынке программного обеспечения. В экономической части диплома производится расчёт затрат, которые несёт разработчик программного обеспечения системы дистанционного обучения МАИ. Исходя из затрат формируется стоимость проекта в целом. По результатам оценки стоимости проекта производится расчёт экономической эффективности.

8.2. Сетевой график

Сетевой график представляет собой графическое отображение этапов работ, которые необходимо провести для завершения дипломного проекта. С помощью сетевого графика можно рассчитать спрогнозировать общее время, которое потребуется для выполнения проекта, а так же вычислить вероятность выполнения проекта в срок.

8.2.1. Таблица этапов работ

По каждому этапу дипломной работы указано минимальное время выполнения этапа и максимальное время выполнения этапа. Исходя из этих значений рассчитывается ожидаемое время ответа:

$$t_{exp} = \frac{2t_{min} + 3t_{max}}{5}$$

Дисперсия времени работы вычисляется по формуле

$$t_{exp} = \left(\frac{t_{max} - t_{min}}{5} \right)^2$$

По результатам расчётов построим таблицу

Этап	Событие	Шифр	Работа	t_{min}	t_{max}	t_{exp}	σ
1	Изучение литературы	1-4	Изучение литературы по основной части диплома	2	5	3,8	0,36
		1-12	Изучение литературы по экономической части	3	6	4,8	0,36
		1-10	Изучение литературы по охране труда и окружающей среды	1	4	2,8	0,36
2	Окончание доработки СДО	2-7	Анализ структуры и программного кода СДО	6	9	7,8	0,36
3	Получен список необходимых доработок	3-2	Доработка СДО для получения экспериментальных данных и оценки параметров модели	4	8	6,4	0,64
4	Необходимость построения математической модели	4-5	Изучение математических методов моделирования времени ответа в СДО	2	5	3,8	0,36
5	Завершение математической модели	5-6	Применение математической модели для анализа времени ответа	7	11	9,4	0,64
		5-2	Описание математической модели	6	9	7,8	0,36
7	Оценка параметров модели	7-8	Оценка по экспериментальным данным параметров модели	7	10	8,8	0,36
		7-9	Применение модели к реальным входным данным	2	5	3,8	0,36
8	Прогнозирование ответа на основании модели	8-9	Получение результатов обработки реальных данных	3	6	4,8	0,36
9	Построение таблиц, диаграмм, анализ полученных данных	9-14	Оформление результатов практической части	4	7	5,8	0,36
10	Раздел "Охрана труда и окружающей среды"	10-11	Написание теоретического материала раздела "Охрана труда и окружающей среды"	3	5	4,2	0,16
11	Расчет кондиционирования	11-14	Проведение расчётов	6	8	7,2	0,16
12	Раздел "Экономическая эффективность"	12-13	Написание теоретического материала раздела "Экономическая эффективность"	2	5	3,8	0,36
13	Построение сетевого графика	13-14	Проведение расчётов	6	9	7,8	0,36
14	Оформление готового диплома	-	Оформление полученных результатов				

8.2.2. Построение сетевой модели

Построим на основании таблицы из п. (1.2.1) «Таблица этапов работ» сетевой график. Круги обозначают события, стрелками обозначены работы.

Под

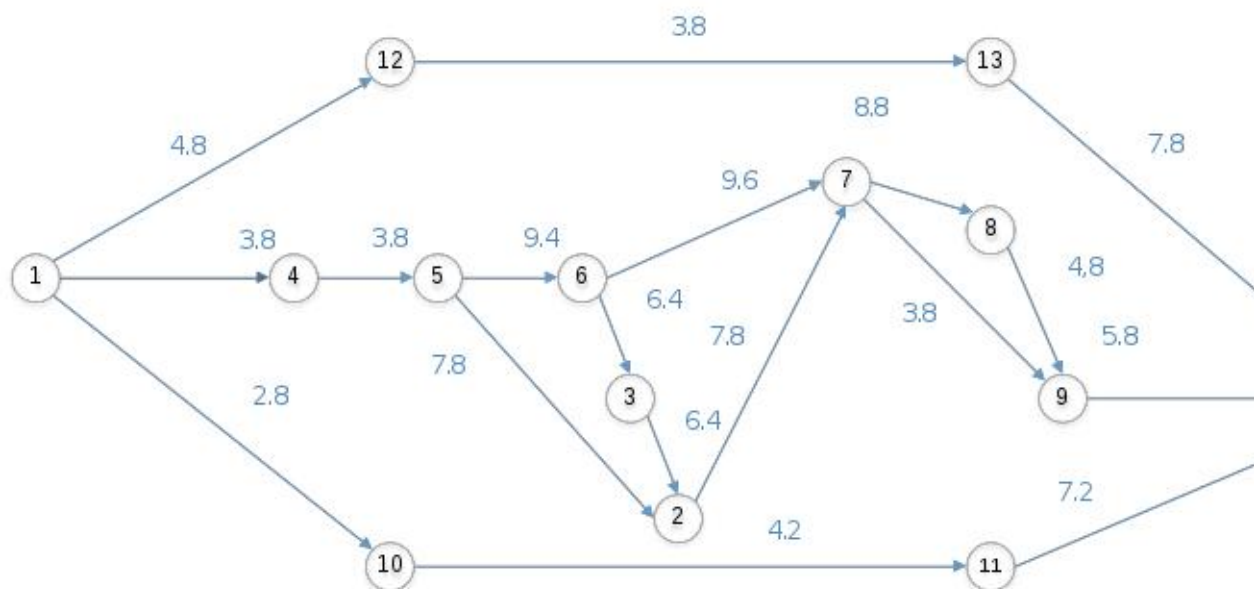


Рис. 8.1. Сетевой график

8.2.3. Анализ сетевой модели.

Путём в сетевой модели называется последовательность работ, соединяющая две любые работы на графике (если такая последовательность существует) Введём обозначения: $L_{1(i)}$ - путь, предшествующий событию i , $L_{2(i)}$ - путь, следующий за событием i .

Критический путь на сетевой модели (последовательность событий от начала проекта к концу проекта, имеющая максимальную длину):

$$L = 1 - 4 - 5 - 6 - 3 - 2 - 7 - 8 - 9 - 14$$

Длина пути $T(L) = \sum_{i-j} t_{i-j}$ (где t_{i-j} - длительность работы с меткой $i - j$) - сумма длительностей работ, которые выполняются при следовании по пути. Длина критического пути:

$$T_{кр}(L) = 3.8 + 3.8 + 9.4 + 6.4 + 6.4 + 7.8 + 8.8 + 4.8 + 5.8 = 50.6$$

Ранний срок наступления события: $t_{p(i)} = \max(T(L_{1(i)}))$

Ранний срок начала работы: $t_{рн(i-j)} = \max(T(L_{1(i)}))$

Ранний срок окончания работы: $t_{ро(i-j)} = t_{р(i)} - t_{(i-j)} = \max(T(L_{1(i)})) + t_{(i-j)}$

Поздний срок наступления события: $t_{п(i)} = T_{кр}(L) - \max(T(L_{2(i)}))$

Поздний срок начала работы: $t_{пн(i-j)} = t_{по(i)} - t_{(i-j)}$

Поздний срок окончания работы: $t_{по(i-j)} = t_{п(j)} = T_{кр}(L) - \max(T(L_{2(i)}))$

Общий резерв времени работы: $R_{(i-j)} = t_{по(i-j)} - t_{ро(i-j)} = t_{п(j)} - t_{р(j)} - t_{(i-j)}$

Свободный резерв времени работы: $r_{(i-j)} = t_{р(i-j)} - t_{ро(i-j)} = t_{р(j)} - t_{р(i)} - t_{(i-j)}$

Резерв времени события: $r_{(i)} = t_{п(i)} - t_{р(i)}$

Результат расчёта параметров для сетевой модели работы над дипломным проектом представлен в таблице (утолщённым шрифтом обозначены работы, принадлежащие критическому пути):

Шифр	t_{exp}	σ	$t_{рн(i-j)}$ $t_{р(i)}$	$t_{ро(i-j)}$	$t_{пн(i-j)}$	$t_{по(i-j)}$ $t_{п(j)}$	$R_{(i-j)}$	$r_{(i-j)}$	$r_{(i)}$
1-4	3,8	0,36	0	3,8	8,8	12,6	8,8	0	8,81
1-12	4,8	0,36	0	4,8	49,4	54,2	49,4	0	49,4
1-10	2,8	0,36	0	2,8	51,6	54,4	51,6	1,4	51,6
2-7	7,8	0,36	29,8	37,6	38,6	46,4	8,8	0	8,8
3-2	6,4	0,64	23,4	23,4	32,2	38,6	15,2	6,4	15,2
4-5	3,8	0,36	3,8	7,6	12,6	16,4	8,8	2,7	8,8
5-6	9,4	0,64	7,6	17	16,4	25,8	8,8	9,6	8,8
5-2	7,8	0,36	15,4	15,4	30,8	38,6	23,2	14,4	23,2
6-3	6,4	0,64	17	23,4	25,8	32,2	8,8	0	8,8
6-7	9,6	0,04	26,6	26,6	36,8	46,4	19,8	11	19,8
7-8	8,8	0,36	37,6	46,4	46,4	55,2	8,8	0	8,8
7-9	3,8	0,36	37,6	51,2	56,2	60	8,8	0	8,8
8-9	4,8	0,36	46,4	51,2	55,2	60	8,8	0	8,8
9-14	5,8	0,36	51,2	57	60	65,8	8,8	0	8,8
10-11	4,2	0,16	2,8	7	54,4	58,6	51,6	0,2	51,6
11-14	7,2	0,16	7	14,2	58,6	65,8	51,6	0	51,6
12-13	3,8	0,36	4,8	8,6	54,2	58	49,4	0	49,4
13-14	7,8	0,36	8,6	16,4	58	65,8	49,4	0	49,4

Директивный срок выполнения проекта составляет 122 дня, при этом длина критического пути 50.6 дней – таким образом, проект будет завершён в срок и нет необходимости перестраивать сетевой график проекта. Сумма дисперсий работ, лежащих на критическом пути, составляет 4.08. Среднеквадратическое отклонение для критического пути составляет $\sqrt{4.08} = 2.02$. Доверительный интервал для срока выполнения всех работ имеет вид $[50.6 - 2.02, 50.6 + 2.02] \sim [30.58, 52.62]$. Вероятность выполнения работы в срок составляет $P = \Phi((122 - 50.6)/2.02) = \Phi(35.3) \sim 1$, где $\Phi(x)$ – функция Лапласа.

8.3. Расчет затрат

В разделе описаны основные затраты разработчика, влияющие на цену конечного продукта: расходные материалы, аренда помещений, заработная

плата и т.д.

8.3.1. Приобретение материалов

Для проведения процесса разработки программного обеспечения необходимо приобрести оборудование для разработчика (ноутбук) и пакет прикладных программ для разработчика.

8.3.1.1. Оборудование

Для выбора оборудования произведём сравнительный анализ нескольких моделей с использованием сервиса Яндекс.Маркет (<http://market.yandex.ru/>). Сравнение произведём между тремя моделями стоимостью до 22 000 руб. от производителей “Lenovo”, “Dell” “Samsung”.

Характеристика	Модель		
Название	Lenovo THINKPAD L420	DELL Vostro 1440	Samsung 535U4C
Операционная система	Win 7 Profes- sional	Win 7 Home Ba- sic 64	Win 7 Home Basic 64
Тип процессора	Core i3	Celeron	Core i3
Частота процессора (МГц)	2300	2000	1600
Размер оперативной памяти	2	2	4
Тип экрана	матовый	матовый	Глянec
Объём накопителя	250	320	500
Время работы	11	8	7
Графика	интегрированная	интегрированная	дискретная
Вес	2.24	2.19	1.81
Цена	12 952	13 855	21 459

Т.к. работать с ноутбуком планируется не в одном и том же месте, а при постоянных перемещениях, то модель от Lenovo не подходит, т.к. обладает слишком большим весом. Так же Lenovo имеет самый маленький размер

жесткого диска среди представленных моделей, а объём оперативной памяти у него не больше, чем у конкурентов.

Среди двух оставшихся моделей Samsung обладает более мощным графическим процессором (дискретным), большим объёмом жёсткого диска и малым весом, а так же большим объёмом оперативной памяти. При этом Dell имеет более производительный процессор Intel, более долгое время работы от аккумулятора, а так же матовым экраном (это более эргономично для программиста) и меньшей ценой. Поэтому принимаем решение о покупке ноутбука DELL Vostro 1440 стоимостью $N = 21459$ руб. на основании сравнительного анализа.

8.3.1.2. Программное обеспечение

Цикл разработки программного обеспечения включает в себя несколько этапов: анализ требований, проектирование системы, разработка программного обеспечения. В таблице приведены затраты на минимально необходимый список программного обеспечения по каждому этапу. Цены приведены в рублях, по курсу на 24.11.2013

Название этапа	Название ПО	Цена ПО (руб.)
Анализ требований	Trello	1320
Проектирование системы	Microsoft Visio	19 499
Разработка ПО	Sublime Text 3	2310
Итого		23219

Итого, на приобретение программного обеспечения будет затрачено $U = 23219$ руб.

8.3.2. Аренда помещений

По причине того, что разработкой системы дистанционной системы обучения занимается программист, который тратит на разработку не полный рабочий день, в качестве помещения для разработки будет использован коворкинг-центр недалеко от метро Шаболовская (т.к. это наиболее удобный для

программиста район). Ссылка на сайт центра: <http://www.matrixoffice.ru>. Комната в коворкинг-центре включает всё, что нужно для работы: кресло, стол, высокоскоростной доступ в интернет. В таблице произведён расчёт затрат на аренду помещения с учётом того, что цикл разработки займёт три месяца (сентябрь, октябрь, ноябрь)

Число рабочих дней на проект	63
Количество рабочих часов в день	4
Полное число часов	252
Стоимость часа аренды	200
Итого	50400

Итого, затраты на аренду составят $H = 50400$ руб.

8.3.3. Заработная плата

При работе над экономической частью дипломного проекта необходимо рассчитать заработную плату сотрудникам, задействованным в работе над дипломом.

В работе над дипломным проектом принимают участие научный руководитель, программист, консультанты. Для каждого специалиста вычисляется объём заработной платы, исходя из почасовой ставки и времени, в течение которого специалист участвует в проекте

Расчёты приведены в таблице: Данные для вычисления почасовой заработной платы программиста получены с помощью сайта <http://www.hh.ru/>, данные по заработной плате научных руководителей и консультантов соответствуют зарплатам в Московском авиационном институте за 2013 г.

Специалист	Заработная плата	Количество часов	Количество часов на одного дипломника	Почасовая оплата	Заработная плата
Научный руководитель	40000	90	24	444	10666
Консультант по экономической части	40000	90	2	444	888
Консультант по охране труда и окружающей среды	40000	48	2	833	1666
Программист	-	252	-	630	158760
Итого					171980

Итого затраты на заработную плату составят $Z = 171980$ руб.

8.3.4. Транспортные расходы

Затраты на транспорт фигурируют в работе над дипломным проектом, т.к. встречи между участниками проекта происходят на территории МАИ и каждый из работников затрачивает денежные средства на то, чтобы добраться до МАИ. Предполагается, что все участники добираются до на метро.

В таблице для каждого участника учтено количество поездок (определяется исходя из этапов работы над дипломом), а так же полные затраты на транспорт за период написания диплома:

Специалист	Количество поездок	Стоимость 1-ой поездки	Итого
Научный руководитель	16	28	448
Консультант по экономической части	2		56
Консультант по охране труда и окружающей среды	2		56
Программист	20		560
Итого			1120

Итого расходы на транспорт составляют $M = 1120$ руб.

8.3.5. Расходы амортизацию оборудования

Оборудование, которое использовалось в ходе выполнения дипломной работы, подлежит амортизации. Амортизации подвергаются основные средства и нематериальные активы для переноса части их стоимости в цену производимой продукции.

Согласно пункту 1.2.1.1 «Оборудование», основным оборудованием (средством производства) является ноутбук. Расчет амортизации произведём линейным способом:

$$A = \frac{S \cdot n \cdot t}{100 \cdot T}$$

В таблице приведены расшифровка и значения переменных в формуле.

Переменная	Описание	Значение
S	Стоимость оборудования	21459 руб.
n	Годовая норма амортизации	20 %
t	Время работы оборудования	252 часа
T	Эффективный срок работы оборудования	1800 часов

Произведём расчёт согласно данным таблицы:

$$A = \frac{21459 \cdot 20 \cdot 252}{100 \cdot 1800} = 601 \text{ (руб.)}$$

Таким образом, амортизация ноутбука за период написания диплома составит 601 руб.

8.4. Социальные отчисления

Работодателю необходимо произвести социальные отчисления с зарплаты работников в следующем размере: Взносы в ФФОМС: 5.1%

Взносы в ФСС: 2.9%

Взносы в Пенсионный фонд: 22%

Таким образом, на затраты на социальные отчисления составят (с учётом фонда оплаты труда из пункта 1.2.3 «Заработная плата»

$$P = Z \cdot (5.1 + 2.9 + 22) = Z \cdot 30 = 171980 \cdot 30 = 51594 \text{ (руб.)}$$

Итого, размер социальных выплат составит 51594 руб.

8.4.1. Прочие расходы

К прочим расходам относится мобильная связь. Исходя из того, что один комплект оператора «МТС», включающий 300 минут разговоров и неограниченное количество смс стоит 500 руб. для каждого участника разработки диплома, то за 4 месяца для 4-х человек получаем

$$B = 500 \cdot 4 \cdot 4 = 8000 \text{ (руб.)}$$

Итого, общие расходы составляют 8000 руб.

8.4.2. Накладные расходы

К накладным расходам относятся затраты, не связанные прямо с разработкой системы дистанционного обучения – например, приобретение литературы для разработчика. Накладные расходы принимаются в размере 5% от фонда

оплаты труда:

$$D = FOT \cdot 5\% = 171980 \cdot 5\% = 8599 \text{ (руб.)}$$

Итого, накладные расходы составляют 8599 (руб.)

8.5. Расчет экономической эффективности

Для расчёта экономической эффективности нужно вычислить себестоимость продукта, его цену продажи, а так же экономический эффект, который ожидается от внедрения продукта

8.5.1. Расчёт цены на продукт

Чтобы рассчитать цену на продукт, необходимо вычислить его себестоимость. Себестоимость продукта с определяется как сумма всех затрат, вычисленных в пункте 1.2 «Расчет затрат»:

$$SS = D + B + P + A + M + H + U + N + Z = \\ = 171980 + 8000 + 601 + 1120 + 50400 + 23219 + 21459 + 8599 + 51594 = 336972$$

Норма прибыли равна 5%. НДС, который так же нужно учесть в цене, составляет 18%. Тогда цена на продукт составит

$$C = 336972 \cdot (100\% + 5\% + 18\%) = 414476 \text{ (руб.)}$$

8.6. Экономический эффект

Экономический эффект, который принесёт внедрение доработок в систему дистанционного обучения, заключается в ликвидации недополученной прибыли за дополнительные занятия для студентов.

После внедрения системы появиться возможность выделить среди группы студентов, проходящих курсы в системе дистанционного обучения, тех обучающихся, которые решают задачи теста с заранее имеющимися ответами.

Если студент использует готовые ответы – он не до конца освоил нужный курс и нуждается в дополнительных занятиях. Оценим прибыль, которую

институт может получить за один семестр по формуле:

$$L = N \cdot i \cdot k \cdot V$$

В таблице приведены расшифровка и значения переменных в формуле.

Переменная	Описание	Значение
N	Количество студентов	430
i	Доля воспользовавшихся ответами	15 %
k	Стоимость одного доп. занятия на курсах	540 руб.
V	Количество доп. занятий	4 шт

Таким образом, получаем:

$$L = N \cdot i \cdot k \cdot V = 430 \cdot 15 \cdot 540 \cdot 4 = 139320 \text{ (руб.)}$$

Итого, экономический эффект от системы дистанционного обучения составляет 139320 руб. в семестр.

8.6.1. Экономическая эффективность

Для расчёта экономической эффективности необходимо учесть расходы на внедрение системы и эксплуатацию сервиса.

Расходы на внедрение системы вычисляются по формуле

$$C_{\text{вн}} = t_{\text{вн}} \cdot p,$$

где $t_{\text{вн}} = 3$ часа - время, необходимое для установки системы на сервер и $p = 630$ руб. - почасовая ставка программиста, который занимается развёртыванием системы

$$C_{\text{вн}} = 3 \cdot 630 = 1890 \text{ (руб.)},$$

Расходы на эксплуатацию сервиса складываются из затрат на оплату

сервера, который использует система дистанционного обучения:

$$C_{\text{эксп}} = t_{\text{эксп}} \cdot c,$$

где $t_{\text{эксп}} = 6$ мес. (расчёты производим за семестр) и $c = 1200$ руб. – ежемесячная оплата сервера.

$$C_{\text{эксп}} = 6 \cdot 1200 = 7200 \text{ (руб.)},$$

Итого получаем срок окупаемости вложенных средств:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{эксп}} + C_{\text{вн}} + C}{L} = \frac{7200 + 1890 + 414476}{139320} = 3.04 \text{ (семестра)}$$

Таким образом средства, вложенные в систему, будут возвращены в течение четырёх семестров.

8.7. Вывод

В экономической части дипломной работы был произведён расчёт себестоимости и цены продажи проекта.

Построен сетевой график выполнения дипломной работы. По графику найден критический путь и рассчитаны параметры сетевой модели для каждого узла. По рассчитанным параметрам произведена оценка наиболее вероятного срока выполнения проекта, а так же вычислена вероятность завершения проекта в срок.

Была проведена оценка затрат на введение и эксплуатацию системы, а так же оценка прибыли, которую принесёт проект. На основании этих данных определена экономическая эффективность разработанной системы.

По результатам расчётов сделан вывод о том, что вложенные в систему средства будут возвращены инвестору в течение четырёх учебных семестров.

Глава 9.

Охрана труда и окружающей среды

9.1. Введение

9.1.1. Необходимость защиты труда в объекте дипломной работы

Дипломная работа посвящена анализу времени, которое затрачивает обучающийся при ответе на задачи в системе дистанционного обучения. Одно из достоинств электронной версии методических и учебных материалов состоит в том, что студент может проходить обучение как в домашней обстановке, так и на территории института (в компьютерном классе).

Как известно, на скорость студента при ответе влияет не только способность самого студента к обучению, но и факторы помещения, в котором проходит процесс обучения, - отсюда следует, что при проведении занятий на территории института необходимо обеспечить в помещениях, где проходит работа с системой дистанционного обучения, условия для продуктивной работы. Необходимо учесть вредные факторы, которые могут возникнуть у студентов в процессе работы и устранить эти факторы, а так же причину их возникновения

9.1.2. Характеристики рабочего помещения

Рабочее помещение, в котором проводятся занятия, имеет следующие характеристики:

- *длина*, м : 10
- *ширина*, м : 15
- *площадь*, м² : 150
- *высота*, м : 5
- *рабочих мест*, шт. : 20
- *площадь на одного студента*, м². : 7,5
- *объём на одного студента*, м³. : 37,5

9.1.3. Характеристики оборудования

Помещение, в котором проводятся занятия, оснащено персональными компьютерами в следующей комплектации:

- системный блок (основные комплектующие, производящие шумовое воздействие – вентилятор и жесткий диск)
- клавиатура
- мышь
- соединительные провода
- монитор

Каждое рабочее место оснащается одним персональным компьютером.

В таблице приведён уровень шума и мощность для каждого комплектующего

Комплектуемое	Уровень шума(дБ)	Мощность оборудования(Вт)
Жесткий диск	35	10
Вентилятор	40	15
Клавиатура	0	0.75
Мышь	0	1
Соединительные провода	0	0.1
Монитор	15	25

9.2. Анализ условий труда

9.2.1. Санитарно-гигиенические факторы

9.2.1.1. Микроклимат

Микроклимат - искусственно создаваемые условия микросреды в закрытых помещениях. Микроклимат необходимо поддерживать, для создания комфортных условий работы - влажности, скорости движения воздуха, температуры, давления и т.д.

Для обеспечения нормального микроклимата применяются:

- кондиционирование
- вентилирование
- обогрев

Требования к микроклимату определяет ГОСТом 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» и ГОСТом 12.01.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Учебные аудитории согласно ГОСТу относятся к помещениям 2-ой категории/

Согласно классификации, приведённой в ГОСТ 12.01.005-88, работа с системой дистанционного обучения, относится к категории работ 1а – это лёгкие работы, т.е. работы, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

В таблице приведены нормативные значения и фактические значения в помещении, где проходит работа с системой дистанционного обучения:

Период года		Температура воздуха °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с(не более)
Холодный	ГОСТ	22-24	40-60	0.1
	Факт	26	55	0.05
Тёплый	ГОСТ	23-25	40-60	0.1
	Факт	27	60	0.08

Таким образом, фактические условия микроклимата в помещении, где используется система дистанционного обучения, не соответствуют требованиям ГОСТ. 12.01.005-88, поэтому необходимо рассчитать параметры кондиционирования для устранения негативных факторов.

9.2.1.2. Освещение

Правильно спроектированное и рационально исполненное освещение помогает создать комфортные психофизиологические условия для длительной работы - поэтому освещённость является одним из важнейших факторов для комфортного протекания процесса обучения. Для улучшения видимости объектов освещение должно быть равномерным. Так же в поле зрения студента не должно быть резких переходов от света к тени. Большое количество глянцевых поверхностей по возможности нужно заменить матовыми, чтобы избежать блёсткости.

Нормы освещения в образовательных помещениях определяются СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий». В помещении используется совмещенный комбинированный тип освещения. Сравним фактические показатели со стандартом:

	Освещённость (лк)	
	всего	в т.ч. от общего
СанПиН	500	300
Факт	510	305

Показатели помещения соответствуют значениям СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 и в корректировке не нуждаются.

9.2.1.3. Электроопасность

Действие электрического тока на организм может быть разнообразным: ожоги, механические повреждения кожи, изменение биологических процессов организма.

Электротравмы подразделяются на общие и местные. Общая травма – это электрический удар. Приводит к судорогам, остановке дыхания, нарушению сердечной деятельности. К местным травмам относят ожоги (термические повреждения), металлизацию кожного покрова, механические повреждения тканей (разрыв тканей в результате электродинамического эффекта).

Для гигиенического нормирования электроопасности оборудования используется ГОСТ 12.1.038-82, «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов», который устанавливает предельно допустимые токи, протекающие через тело человека во время прикосновения к электроустановкам. При работе с системой дистанционного обучения в системных блоках протекает переменный ток частотой 50 Гц. Для такого уровня тока при действии в течении 0.6 сек. ГОСТ 12.1.038-82 определяет предельно допустимый уровень напряжения в 125 В. При этом напряжение на корпусе системного блока составляет 100 В – таким образом, требования ГОСТ соблюдены.

9.2.1.4. Шум

Звук - это акустические колебания упругой среды. *Акустическими* называют колебания, которые может воспринять человек с нормальным слухом, т.е. колебания в диапазоне частот 16 Гц - 209 кГц. Звуковые колебания, распространяющиеся в пространстве, представляют собой акустическое поле.

Шумом называют совокупность акустических звуков различной интенсивности и частоты (см. [10]). Интенсивный шум на производстве является негативным фактором: шум способствует увеличению числа ошибок в процессе работы, так как приводит к снижению внимания. Так же шум негативно влияет на скорость принятия решений, затрудняет протекание аналитических процессов.

В биологическом отношении шум представляет собой стрессовый фактор, который может вызвать срыв приспособительных способностей организма, т.н. акустический стресс. Акустический стресс может приводить к разнообразным

расстройствам, от расстройств центральной нервной системы до морфологический деструктивных изменений в органах и тканях. Степень негативного влияния шума зависит от продолжительности воздействия, уровня интенсивности шума, функционального состояния нервной системы человека и индивидуальной чувствительности конкретного человека в данном виду раздражителя (что очень важно - например, женский и детский организм более чувствительны к шуму). Высокая индивидуальная чувствительность к шуму может становиться причиной развития неврозов, других расстройств нервной системы, а так же быстрой утомляемости.

Шум оказывает сильное влияние различные аспекты функционирования организма человека: угнетение ЦНС, нарушение дыхания, сбои пульса, может стать причиной нарушения обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, развитию различных профессиональных болезней.

Уровень звукового давления принято измерять в децибелах (дБ). Децибелл - относительная единица измерения звукового давления. Измерение уровня звука происходит по отношению к опорному давлению $p_0 = 20$ мкПа, которое соответствует порогу слышимости синусоидальной звуковой волны частотой 1 кГц. Уровень звукового давления в децибеллах N для давления p вычисляется по формуле

$$N = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

Особо выделяют следующие уровни шума:

- 30 ... 35 дБ : привычен для человека и не беспокоит его;
- 40 ... 70 дБ : возникает значительная нагрузка на нервную систему, ухудшение самочувствия;
- 70 ... 140 дБ : может привести к потере слуха;
- 140 ... 160 дБ : разрыв барабанных перепонки и контузия;
- выше 160 дБ : смерть.

Норму параметров шума на рабочих местах определяет ГОСТ 12.1.003-831 «Шум. Общие требования безопасности» с дополнениями 1989 г. Документ классифицирует шумы по спектру (широкополосные и тональные) и по временным характеристикам (постоянные и непостоянные). Для нормирования

постоянных шумов используются допустимые уровни звукового давления (УЗДН) в девяти активных полосах частот, разделённых по видам производственной деятельности. В свою очередь непостоянные шумы делятся на три группы:

- колеблющиеся
- прерывистые
- импульсные

Сравним фактические данные с нормами ГОСТ 12.1.003-83 на рабочих местах, связанных с обучением. Для этого произведём расчёт фактического уровня шума согласно таблице пункта 9.1.2

Произведём расчёт звукового давления оборудования по каждому источнику:

$$\text{Жесткий диск: } p_1 = 10^{35/20} \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 0.01$$

$$\text{Вентилятор: } p_2 = 10^{40/20} \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 0.02$$

$$\text{Монитор: } p_3 = 10^{15/20} \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 0.001$$

С учётом проведённых расчётов, вычислим результирующий уровень шума:

$$\begin{aligned} N &= 20 \log \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{p_0} = 20 \log \left(\frac{0.01 + 0.02 + 0.001}{2 \cdot 10^{-4}} \right) = \\ &= 20 \log \frac{0.031}{2 \cdot 10^{-4}} = 44 \text{ дБ} \end{aligned}$$

Проверим полученный результат на соответствие ГОСТ

Деятельность: обучение	Уровень шума (дБ)
ГОСТ	50
Факт	44

Таким образом, фактический уровень шума соответствует нормативному.

9.2.1.5. Вибрация

Вибрации - это механические колебания, которые возникают и распространяются в упругих средах. Воздействие вибрации на человека разделяют по способу передачи колебаний (общая и локальная), по направлению действия (по оси x , по оси y , по оси z) и по временным характеристикам (постоянная, непостоянная).

Между частотой воздействующей вибрации и реакциями организма нет линейной зависимости. Причина - в эффекте резонанса. Если внешняя частота вибраций совпадает с собственными вибрация тела, воздействие становится крайне негативным.

Особенно сильное воздействие вибрация оказывает на зрение. Расстройство зрительного восприятия происходит при частотном диапазоне от 60 до 90 Гц. Патологии, связанные с вибрацией по количеству связанных с ними профессиональных заболеваний стоят на втором месте после пылевых патологий.

Так же при действии вибрации на организм страдает нервная система, вестибулярный и тактильный анализаторы. У людей, длительное время подвергающихся вибрации, отмечают головокружения, снижение остроты зрения.

Гигиеническое нормирование вибрации производится на основании ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность. Общие требования» (воспользуемся эквивалентными скорректированными значениями).

Среднегеометрическая частота полос, Гц	Допустимые значения по осям X_0, Y_0, Z_0			
	виброускорения		виброскорости	
	$10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$	дБ	$10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$	дБ
СанПиН	10	80	0.28	75
Факт	9.8	77	0.25	70

Таким образом, значения вибрации соответствуют нормам ГОСТ.

9.2.1.6. Электромагнитные излучения

В зависимости от энергии фотонов выделяют ионизирующие и неионизирующие излучения. Среди неионизирующих в свою очередь выделяют электрические и магнитные поля.

Нормирование ЭМИ промышленной частоты производится путём установления допустимых уровней напряжённости электрического поля E (кВ/м) и напряженности магнитного поля H (А/м).

Пребывание в электрическом поле напряжённостью до 5 кВ/м допускается в течении всего рабочего дня. Допустимое время (в часах) пребывания в ЭП напряжённостью 5...10 кВ/м вычисляется по формуле

$$T = \frac{50}{E} - 2,$$

где E - напряжённость воздействующего поля в контролируемой зоне, кВ/м.

Нормирование значение напряженности определяется СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях». Т.к. металлический корпус системного блока экранирует магнитные поля и прошел соответствующую сертификацию на стороне производителя, то нормы СанПиН выполняются.

9.2.2. Эргономика рабочего места

Требования к эргономике рабочего места закреплены в санитарно-эпидемиологических нормах СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «НАЗВАНИЕ». Рабочее место студента должно отвечать требованиям, обеспечивающим достаточную степень эргономичности. Для обеспечения этих требований должны выполняться определённые условия:

- оптимальное расположение оборудования;
- достаточный объём рабочего пространства.

Рабочее место студента, оснащённое персональным компьютером, имеет следующие параметры эргономики:

- высота рабочей поверхности должна регулироваться в пределах 680 — 850 мм, при отсутствии регулировки — 725мм
- размеры пространства для ног должны не должны вызывать дискомфорт
- расположение документов на рабочем месте

- Кресло должно быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте, углам наклона сиденья и спинки
- поверхность рабочего стола
- возможность регулировки элементов рабочего места

Удобная рабочая поза студента помогает избежать перенапряжения мышц и способствует улучшению кровотока и дыхания. При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях. Так же среди программистов, проводящих большое количество времени на неэргономичном рабочем месте, развивается туннельный синдром запястья. Правильное положение в рабочем кресле включает в себя:

- прямую посадку
- опора - только на спинку кресла
- расслабленную позу без излишнего напряжения в поясничном отделе
- голова - немного наклонена (до 20 градусов)
- руки расслаблены, локти держать под углом 90 градусов, кисти рук — на уровне локтей или немного ниже
- колени должны быть на уровне бедер, стопы - на подставке

Соблюдение норм эргономики, описанных выше, позволит снизить вредное воздействие ЭВМ на пользователя персонального компьютера, повысить внимательность, снизить нагрузки на зрительные и слуховые рецепторы.

9.2.3. Психофизиологические факторы

К психофизиологическим факторам относятся перегрузки (физические и эмоциональные), перенапряжение связанное с интеллектуальной работой и монотонностью труда. Психофизиологические факторы могут вызывать перенапряжение как в физическом, так и в интеллектуальном плане.

Оценка психофизиологических факторов проводится с помощью руководства Р2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда»

В руководстве Р2.2.2006-05 под пунктом 5.10. «Тяжесть и напряженность трудового процесса» с помощью Таблицы 18 «Классы условий труда по показателям» напряженности трудового процесса» определим класс физического труда».

Проведём анализ класса условий труда с использованием соответствующих таблиц руководства Р2.2.2006-05:

Показатель	Значение	Класс условий труда
1.Интеллектуальные нагрузки:		
1.1. Содержание работы	Решение простых задач по инструкции	Допустимый
1.2.Распределение функций по степени сложности задания	Обработка, выполнение задания и его проверка	Допустимый
1.3.Характер выполняемой работы	Работа по установленному графику с возможной его коррекцией по ходу деятельности	Допустимый
2.Сенсорные нагрузки		
2.1.Длительность сосредоточенного наблюдения(%времени)	26-50	Допустимый
2.2.Наблюдение за экранами видеотерминалов (часов)	до 3	Допустимый
3.Эмоциональные нагрузки		
3.1.Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки	Несет ответственность за функциональное качество выполнения заданий. Влечет за собой дополнительные усилия со стороны преподавателя	Допустимый

3.4.Количество конфликтных ситуаций (за занятие)	1-3	Допустимый
4. Монотонность нагрузок		
4.1. Число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или в многократно повторяющихся операциях	более 10	Оптимальный
4.2. Продолжительность (в сек) выполнения простых заданий или повторяющихся операций	более 100	Оптимальный
4.3. Время активных действий (в % к продолжительности смены). В остальное время – наблюдение	19 - 10	Допустимый
Монотонность производственной обстановки (время пассивного наблюдения), %	76–80	Допустимый

Согласно таблицам, класс труда определяем как «Допустимый». Этот уровень соответствует напряжённости труда средней степени.

9.3. Расчёт

Согласно СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», расход воздуха на одного человека в помещениях, находящихся в

общественных зданиях без естественного проветривания составляет $60 \text{ м}^3/\text{ч}$. Исходя из этой нормы, рассчитаем величину кондиционирования по формуле (СНиП 41-01-2003? Приложение М, формула И.1), используя величину избытков явной теплоты:

$$L = L_{w,z} + \frac{3.6Q - cL_{w,z}(t_{w,z} - t_{in})}{c(t_l - t_{in})},$$

где

$L_{w,z}$ - расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, $\text{м}^3/\text{ч}$

Q - избыточный явный тепловой поток в помещении, ассимилируемый воздухом центральных систем вентиляции и кондиционирования, Вт

$t_{w,z}$ - температура воздуха, удаляемого системами местных отсосов в обслуживаемой или рабочей зоне помещения, и на технологические нужды, $^{\circ}\text{C}$

t_{in} - температура воздуха, подаваемого в помещение $^{\circ}\text{C}$

t_l - температура воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, $^{\circ}\text{C}$

c - теплоемкость воздуха, равная $1,006 \text{ кДж}/(\text{кгC})$

Произведём расчёт избыточного теплового потока Q . Избыточный тепловой поток определяется по формуле

$$Q = Q_{ob} + Q_l + Q_{os} + Q_{ok},$$

где

Q_{ob} - теплота, выделяемая оборудованием. В соответствии с характеристиками оборудования из пункта 1.1.3 «Характеристики оборудования», получаем.

$$Q_{ob} = P_{ob} \cdot f = (10 + 15 + 0.75 + 0.1 + 0.25) \cdot 0.25 = 13 \text{ Вт},$$

где

P_{ob} - номинальная мощность оборудования (Вт), $f = 0.25$ - коэффициент передачи

Q_l - теплота, выделяемая людьми в помещении. При этом $Q_l = 50 \cdot \frac{1000}{860} = 58 \text{ Вт}$, т.к. один человек выделяет $50 \text{ ккал}/\text{час}$

Q_{os} - теплота, выделяемая системой освещения

$$Q_{os} = P_{os} \cdot a \cdot b \cdot \cos(f) = 20 \cdot 4 \cdot 0.46 \cdot 1 \cdot 0.3 = 11 \text{ Вт},$$

где

$a = 0.46$ - коэффициент перехода электрической энергии в световую

$b = 1$ - коэффициент одновременной работы ламп

$\cos(f) = 0.3$ - коэффициент мощности

$P_{os} = 20$ Вт - номинальная мощность освещения одной лампы освещения (всего таких ламп 4 шт.)

Q_{ok} - теплота, выделяемая ограждающими конструкциями

$$Q_{ok} = F \cdot q_{ok} = 18 \cdot 11 \cdot \frac{1000}{860} = 230 \text{ Вт},$$

где

$F = 18 \text{ м}^2$ - площадь ограждающей конструкции, излучающей тепло

$q_{ok} = 11 \text{ ккал/м}^2$ - теплота, которую излучает 1 м^2 ограждающей конструкции.

Таким образом, получаем избыточный тепловой поток

$$Q = Q_{ob} + Q_l + Q_{os} + Q_{ok} = 13 + 58 + 11 + 230 = 312 \text{ Вт}$$

Рассчитаем требуемую величину кондиционирования:

$$L = L_{w,z} + \frac{3.6Q - cL_{w,z}(t_{w,z} - t_{in})}{c(t_l - t_{in})} = 2 + \frac{3.6 \cdot 312 \cdot 3600 - 1006 \cdot 2 \cdot (22 - 19)}{1006(24 - 19)} = 804$$

Согласно произведённым расчётам и ГОСТ 26963—86 «Кондиционеры бытовые автономные. Общие технические условия», необходимо выбрать следующий кондиционер: тип КБ1 и климатическое исполнение УЗ, обозначение климатического исполнения по ГОСТ 15150-69 «Исполнение для различных климатических районов».

9.4. Вывод

Помещение, которое используется для обучения студентов с использованием системы СДО отвечает условиям безопасности труда - это подтвер-

ждается проведёнными расчётами.

Согласно произведённым расчётам рекомендуется выбрать кондиционер КБ1 УЗ, тогда параметры микроклимата в помещении будут соответствовать принятым нормам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Wim J. van der Linden* Some New Developments in Adaptive Testing Technology / Journal of Psychology 2008 Vol. 216(1), pp. 3–11
2. *Rob R. Meijer, Leonardo S. Sotaridona* Detection of Advance Item Knowledge Using Response Times in Computer Adaptive Testing/ Law School Admission Council Computerized Testing Report; 2006
3. *Wim J. van der Linden* A Lognormal Model for Response Times on Test Items / Journal of Educational and Behavioral Statistics; 2006, Vol. 31, No. 2, pp. 181–204
4. *Wim J. van der Linden* Modeling response times with latent variables: Principles and applications/ Psychological Test and Assessment Modeling, Vol. 53, 2011 (3), pp. 334-358
5. *Wim J. van der Linden, Edith M.L.A. Van Krimpen-Stoop* Using Response Times to Detect Aberrant Responses in Computerized Adaptive Testing / Psychometrika Vol. 68, No. 2, 251-265
6. *Wim J. van der Linden, David J. Scrams, Deborah L. Schnipke* Using Response-Time Constraints to Control for Differential Speededness in Computerized Adaptive Testing / Applied Psychological Measurement, Vol. 23 No. 3, September 1999, 195–210
7. *Wim J. van der Linden* Predictive Control of Speededness in Adaptive Testing/ Law School Admission Council Computerized Testing Report; 2007
8. *Wim J. van der Linden* Conceptual Issues in Response-Time Modeling /

9. *Wim J. van der Linden* Using Response Times for Item Selection in Adaptive Testing / Journal of Educational and Behavioral Statistics March 2008, Vol. 33. No. 7, pp. 5-20
10. *С.В. Белов, В.А. Девисилов, А.В. Ильницкая и др.* Безопасность жизнедеятельность / М.: Высш. шк., 2007