

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.

# Оглавление

<b>1</b>	<b>Введение</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Аналитический обзор</b>	<b>5</b>
2.1	Обзор объекта исследования . . . . .	5
2.2	Предмет дипломной работы . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Обоснование выбранного направления</b>	<b>8</b>
3.1	Математические модели времени ответа . . . . .	8
3.1.1	Модель корректности ответа, включающая время ответа . . . . .	8
3.1.2	Модель времени ответа, включающая корректность ответа . . . . .	8
3.1.3	Отдельные модели для времени ответа и корректности ответа . . . . .	9
3.2	Двухуровневая модель van der Linden'a . . . . .	9
3.2.1	Базовые предположения . . . . .	9
3.2.2	Описание модели . . . . .	11
3.2.3	Прогнозирование времени ответа пользователя . . . . .	13
<b>4</b>	<b>Методика исследования</b>	<b>14</b>
4.1	Использование информации о фактическом времени ответа . . . . .	14
4.2	Обработка экспериментальных данных . . . . .	14
4.2.1	Источник экспериментальных данных . . . . .	14
4.2.2	Обработка полученных данных . . . . .	15
4.2.3	Проверка предположения о гауссовости . . . . .	16
4.2.4	Оценка параметров модели по выборке . . . . .	16
4.2.5	Применение модели к реальным данным . . . . .	16
<b>5</b>	<b>Содержание выполненной работы</b>	<b>17</b>
5.1	Теоретическая часть работы . . . . .	17
5.2	Практическая часть работы . . . . .	17
5.2.1	Доработка системы дистанционного обучения . . . . .	17
5.2.2	Обработка экспериментальных данных . . . . .	18
<b>6</b>	<b>Заключение</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Экономический раздел</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>Охрана труда и окружающей среды</b>	<b>21</b>
8.1	Введение . . . . .	21
8.1.1	Необходимость защиты труда в объекте дипломной работы . . . . .	21
8.1.2	Характеристики рабочего помещения . . . . .	21
8.1.3	Характеристики оборудования . . . . .	21
8.2	Анализ условий труда . . . . .	22
8.2.1	Санитарно-гигиенические факторы . . . . .	22

8.2.2	Эргономика рабочего места . . . . .	26
8.2.3	Психофизиологические факторы . . . . .	27
8.3	Расчёт . . . . .	29
8.4	Вывод . . . . .	30

# Глава 1

## Введение

### 1.0.0.1 Актуальность дипломной работы

Задача анализа времени ответа студента в системах дистанционного обучения 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.

### 1.0.0.2 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.

### 1.0.0.3 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 студента обучающегося.

Основные задачи, которые решить 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 данных экспериментальной выборки
- обработка данных моделирования эксперимента для оценки параметров математической модели
- решение поставленной цели - поиск отклонений в новых данных, поступающих в систему дистанционного обучения, с помощью построенной математической модели

#### **1.0.0.4 Методы, используемые при написании дипломной работы**

При написании дипломной работы использованы следующие методы:

- анализ литературы
- моделирование

#### **1.0.0.5 Практическая значимость исследуемой проблемы**

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

#### **1.0.0.6 Краткое описание структуры**

Введение раскрывает актуальность, определяет степень научной разработки темы, объект, предмет, цель, задачи и методы 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. 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 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, которые студент предоставил 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, которые студент предоставил в течении теста - необходимо учитывать и время, которое студент затрачивает на решение задачи. Эти вопросы попытался решить 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 проблемы, был Терстоун (Thurstone) (1937). Он обратил своё внимание на поиск 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

**РИСУНОК**

График отражает зависимость между вероятностью правильного ответа и затраченным временем только для одного студента, т.е. не отражает распределение вероятности для группы студентов. Основной принцип, 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-вторых, 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 задачу теста, не должно зависеть от ответов на другие задач предполагаются независимыми друг от друга.

Таким образом, при изучении вопросов обучения студентов исторически возникли следующие задачи

- оценить способность каждого студента
- оценить скорость, с которой конкретный студент может решить предложенную задачу теста
- оценить время, которое может потребоваться студенту для полного прохождения теста
- сформировать список задач, который будет оптимальным для конкретного студента, исходя из его способностей

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 используется системой дистанционного обучения для адаптации индивидуального задания, которое формируется для 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 $j$
$\theta_j$	— 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
$\varepsilon_{ij}$	— 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  $\sigma_i^2$ , которая определяется параметрами задачи.

### 3.1.3 Отдельные модели для 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  $\theta$  как отношение

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

где  $\delta_i$  - 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  $\lambda$  - 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

Разнообразные исследования в области психологии [ССЫЛКА] 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 является случайной величиной. Основное предположение Теории ответов (ТО, Item Response Theory, IRT) состоит 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  $\beta_i^*$  - трудозатраты, которые требуются от студента для решения задачи  $i$  и  $\tau_j^*$  - 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, van der Linden предложил использовать для моделирования процесса обучения студента двухуровневую иерархическую модель. Модель имеет вид, представленный на диаграмме:

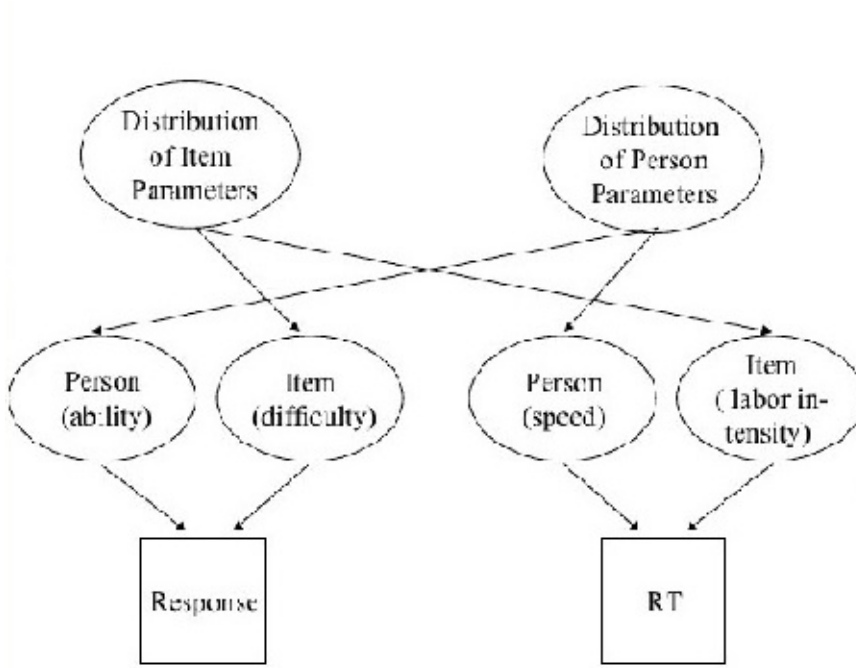


Рис. 3.1: Двухуровневая иерархическая модель

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  $\xi$  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  $\mu$  - вектор мат. ожиданий и  $\Sigma$  - ковариационная матрица для вектора  $\xi$

**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:

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

где  $\alpha_i = \sigma^{-1}$

В модели используются следующие обозначения:

- $\beta_i$  — временной параметр, индивидуальный для задачи  $i$
- $\tau_j$  — параметр времени, в течении которого студент реагирует на задачи теста
- $\varepsilon_{ij}$  — случайное отклонение
- $\mu$  — параметр времени, общий для всего пула задач и всех обучающихся

адаптация системы дистанционного обучения с использованием времени ответа обучающегося проходит с использованием модели (3.11)

### 3.2.2.2 Оценка параметров модели

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

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

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

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

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

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

и дисперсию

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

и, наконец, оценка для дисперсии случайного отклонения  $\varepsilon_{ij}$  имеет вид

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

### 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

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

т.к.

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

то получаем прогнозное время ответа студента на задачу

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

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 аберраций (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

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

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

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

### 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 Обработка 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

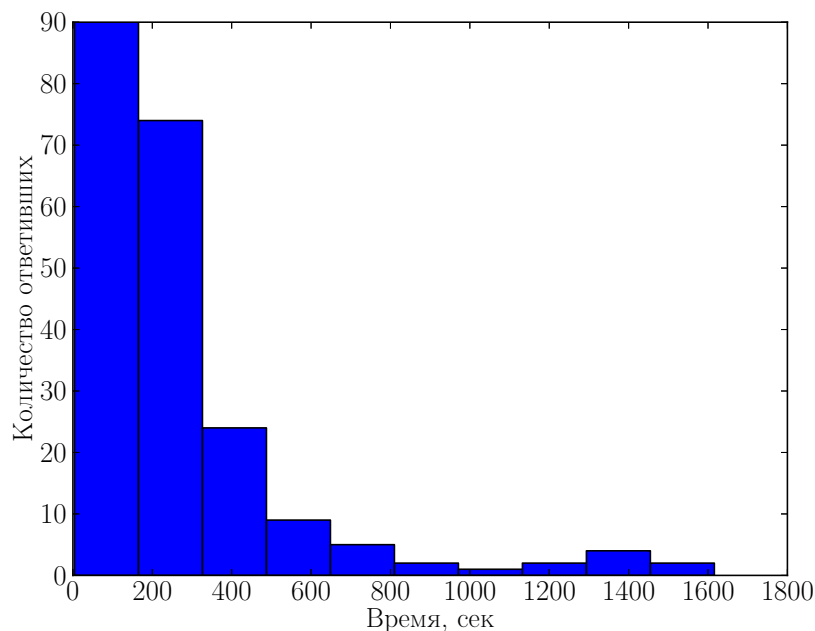


Рис. 4.1: Гистограмма времени ответа

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

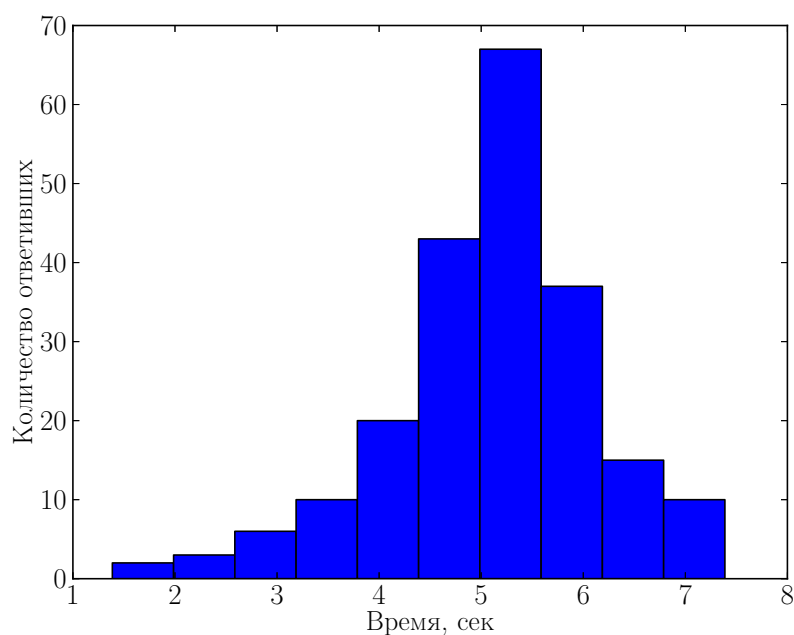


Рис. 4.2: Гистограмма времени ответа (логарифмический масштаб)



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 следующем пункте.

### 4.2.3 Проверка предположения о гауссовости

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

$$\begin{aligned} H_0 &: t_{ij} \sim N(\mu, \sigma^2) \\ H_1 &: t_{ij} \text{ имеет другое распределение} \end{aligned}$$

### 4.2.4 Оценка параметров модели по выборке

Проведём оценку параметров модели согласно пункту 3.2.2.2.

### 4.2.5 Применение модели к реальным данным

Используя данные оценки, полученные в пункте 4.2.4, продемонстрируем работу модели для выявления отклонений в поведении студентов.

# 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 ??.

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 проводила 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 в процессе обучения.

### 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

Результаты выполненной работы указаны в Главе ??

## Глава 6

## Заключение

Все результаты соответствуют поставленным задачам

## Глава 7

### Экономический раздел

## Глава 8

# Охрана труда и окружающей среды

### 8.1 Введение

#### 8.1.1 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

#### 8.1.2 Характеристики рабочего помещения

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

- *длина*, м : 10
- *ширина*, м : 15
- *площадь*, м<sup>2</sup> : 150
- *высота*, м : 5
- *рабочих мест*, шт. : 20
- *площадь на одного студента*, м<sup>2</sup>. : 7,5
- *объём на одного студента*, м<sup>3</sup>. : 37,5

#### 8.1.3 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

Комплектующее	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

## 8.2 Анализ условий труда

### 8.2.1 Санитарно-гигиенические факторы

#### 8.2.1.1 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 ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». Учебные аудитории согласно ГОСТу относятся к помещениям 2-ой категории. Вторым нормативным документом является ГОСТ 12.01.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

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: (из ГОСТа получены оптимальные показатели):

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.

#### 8.2.1.2 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.

#### 8.2.1.3 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.

#### 8.2.1.4 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 морфологических 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 перепонок 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 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:

$$N = 20 \log \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{p_0} = 20 \log \left( \frac{0.01 + 0.02 + 0.001}{2 \cdot 10^{-4}} \right) =$$

$$= 20 \log \frac{0.031}{2 \cdot 10^{-4}} = 44 \text{ дБ}$$

Проверим полученный результат на соответствие ГОСТ

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

Таким образом, фактический уровень шума соответствует нормативному.

#### 8.2.1.5 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).

Среднегеометрические частоты 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.

#### 8.2.1.6 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.

#### 8.2.2 Эргономика рабочего места

Требования к эргономике рабочего места закреплены в санитарно-эпидемиологических нормах (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03). 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.

### 8.2.3 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.

## 8.3 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 м<sup>3</sup>/ч. Исходя из этой нормы, рассчитаем величину кондиционирования по формуле (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, м<sup>3</sup>/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, С

$t_{in}$  - температура воздуха, подаваемого в помещение

$t_l$  - температура воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, С

$c$  - теплоемкость воздуха, равная 1,006 кДж/(кгС)

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

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

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 ккал/час

Таким образом, получаем избыточный тепловой поток

$$Q = Q_{ob} + Q_l = 13 + 58 = 72\text{Вт}$$

Рассчитаем требуемую величину кондиционирования:

$$L = L_{w,z} + \frac{3.6Q - cL_{w,z}(t_{w,z} - t_{in})}{c(t_l - t_{in})} = 2 + \frac{3.6 \cdot 72 \cdot 3600 - 1006 \cdot 2 \cdot (22 - 19)}{1006(24 - 19)} = 186$$

Согласно произведённым расчётам и ГОСТ 26963—86 «Кондиционеры бытовые автономные. Общие технические условия», необходимо выбрать следующий кондиционер: тип КВ1 и климатическое исполнение УЗ, обозначение климатического исполнения по ГОСТ 15150-69 «Исполнение для различных климатических районов».

## 8.4 Вывод

Помещение, которое используется для обучения студентов с использованием системы СДО отвечает условиям безопасности труда - это подтверждается проведёнными расчётами.

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

# Литература

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