

Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Курсовая работа

по дисциплине “Моделирование”

на тему “Организация дополнительных занятий по дисциплине

Программирование интернет-приложений”

Авторы: Калугина М.М, Р3302, Саржевский И.А. Р3302

Курсовая работа выполнена и защищена с оценкой _____

Дата защиты “ ____ ” _____ 20__ г.

Санкт-Петербург, 20__ г.

Содержание

Содержание	2
Цель работы	3
Введение	3
1. Выбор объекта исследования и разработка концептуальной модели	3
1.1 Выбор и описание объекта исследований	3
1.2 Разработка концептуальной модели	4
1.2.1 Характеристики заявок	4
1.2.2 Характеристики очереди	4
1.2.3 Характеристики приборов	4
1.2.4 Предположения и допущения	4
2. Разработка моделей	6
2.1. Разработка имитационной модели	6
2.1.1. Имитационная AnyLogic модель	6
2.1.2. Имитационная GPSS модель	7
Листинг GPSS модели	7
Описание GPSS модели	10
2.1.3. Сравнение результатов GPSS модели и AnyLogic модели	10
3. Анализ системы с заданными свойствами и определение критерия оптимальности	10
3.1 Анализ системы	11
3.1.1 Анализ длины очереди системы	11
3.2 Определение критерия эффективности	12
3.3 Варьирование значений для определения зависимости количества сдавших студентов и загрузку преподавателей	13
3.3.1 От количества дополнительных занятий	13
3.3.2 От времени проведения дополнительных занятий	15
3.3.3 От количества преподавателей	19
3.4 Критические значения характеристик для полученного критерия эффективности	23
3.4.1 От количества студентов	23
Выводы	24
Список использованной литературы	25

Цель работы

Комплексное исследование характеристик функционирования организации процесса приема лабораторных работ по дисциплине “Программирование интернет-приложений” в виде сетей массового обслуживания, с использованием имитационных методов и изучение свойств и закономерностей, присущих процессам, протекающим в них.

Введение

В ходе выполнения данной работы построена СеМО, описывающая процесс приема лабораторных работ у студентов на дополнительных занятиях по дисциплине “Программирование интернет-приложений”.

Разработана концептуальная модель, описывающая особенности и специфику выбранной предметной области и наиболее существенные аспекты структурно-функциональной организации системы, учет которых необходим для получения требуемых результатов.

Построена имитационная модель на базе AnyLogic, GPSS, сравнены результаты моделирования двух моделей, и проведены эксперименты с варьированием параметров.

Для данной системы сформирован критерий эффективности. Определены зависимости его значения от входных параметров и найден набор параметров, при котором достигается оптимальное значение критерия эффективности.

1. Выбор объекта исследования и разработка концептуальной модели

1.1 Выбор и описание объекта исследований

Объектом исследования является система дополнительных занятий по дисциплине “Программирование интернет-приложений” в университете ИТМО. При таком выборе объекта заявками будут являться студенты, желающие сдать лабораторные работы, приборами будут являться преподаватели, а очередями - очереди студентов на сдачу работ.

1.2 Разработка концептуальной модели

1.2.1 Описание заявок

Разные лабораторные работы предполагают разное среднее время сдачи, помимо этого у студентов с большим номером лабораторной работы относительный приоритет над студентами с более низким номером лабораторной работы. В таком случае, целесообразно разделить заявки на классы согласно номеру лабораторной работы. Стоит отметить, что успешно обработанные заявки при переходе между СМО становятся заявками следующего класса, так как успешная обработка сигнализирует об успешной сдаче лабораторной работы. Таким образом, успешно обработанные заявки самого высокого приоритета покидают систему. Они представляют студентов, успешно сдавших все лабораторные работы. Заявки, не покинувшие систему, пройдя через все СМО, представляют студентов, оставшихся с долгом.

1.2.2 Описание очереди

Каждая СМО [каждое отдельное дополнительное занятие] имеет общую очередь для всех типов заявок. По окончании дополнительного занятия каждая заявка, оставшаяся в очереди, переходит в следующую СМО, не меняя своего приоритета. Такие заявки отображают студентов, которым не удалось сдать работу на этом занятии.

1.2.3 Описание приборов

Количество приборов определяется количеством преподавателей на каждом дополнительном занятии. Время обработки каждой заявки зависит от класса конкретной заявки. С определенной вероятностью, зависящей от класса заявки, любая заявка может вернуться в очередь после обработки. Такие заявки соответствуют студентам, которым не удалось защитить работу на этой итерации. При успешной обработке, заявки переходят в следующую СМО, повышая свой класс, или выходят из системы в случае, если заявки уже имела максимальный класс.

1.2.4 Предположения и допущения

1. Поток студентов можно аппроксимировать гиперэкспоненциальным законом ($t_1 = 10$, $t_2 = 20$, $q = 0.2$), так как большинство студентов приходит на занятие примерно одновременно, т.е. с небольшими интервалами между прибытиями, в то же время, для учета опоздавших студентов принято решение все же использовать случайную величину, а не подавать все заявки одновременно.
2. Емкость накопителя неограничена.
3. Дисциплина обслуживания заявок - относительный приоритет.
4. Приоритет зависит от номера сдаваемой лабораторной работы: чем выше номер лабораторной, тем выше приоритет студента.

5. Чем выше номер лабораторной работы, тем больше времени требуется для ее сдачи, больше времени уходит на подготовку в случае неуспешной сдачи, меньше вероятность сдать работу.
6. С каждым подходом студента с конкретной лабораторной работой, увеличивает шанс успешной сдачи на 10%
7. Время обработки каждой заявки у преподавателя распределяется по экспоненциальному закону с математическим ожиданием, зависящим от номера лабораторной работы.
8. Время подготовки студента к повторной попытке сдачи лабораторной работы распределяется по экспоненциальному закону с математическим ожиданием, зависящим от номера лабораторной работы.
9. Студенты за одно дополнительное занятие могут сдать максимум одну лабу. При успешной сдаче лабораторной работы, студенты готовят следующую лабораторную работу на следующую дополнительную пару.
10. Студенты, которым не удалось успешно сдать лабораторную работу уходят готовиться и после подготовки возвращаются в очередь, увеличивая вероятность на успешную сдачу.
11. Студенты, сдавшие 4-ую лабораторную работу считаются успешно закрывшими предмет.
12. Количество дополнительных занятий может находиться в интервале от 3-х до 12. (Меньше 3-х доп. занятий делать нецелесообразно, так как студенты с 1 лабораторной могут сдать 4 лабораторные минимум за 4 дополнительных занятия. Верхней границей будем считать ситуацию, когда дополнительные занятия проводятся раз в неделю в течение одного семестра.)
13. Число преподавателей для проведения одного дополнительного занятия - от 1 до 4
14. Из практических данных считается, что количество должников по программированию интернет приложений располагается в интервале от 40 до 60. Для некоторых экспериментов моделирования будем использовать от 30 до 150 для получения более общих результатов.
15. Количество классов заявок: 4, равное числу лабораторных работ.
16. Первоначальные вероятности успешной сдачи 1, 2, 3, 4 лабораторных работ равны 0.8, 0.6, 0.5, 0.4 соответственно

2. Разработка моделей

2.1. Разработка имитационной модели

2.1.1. Имитационная AnyLogic модель

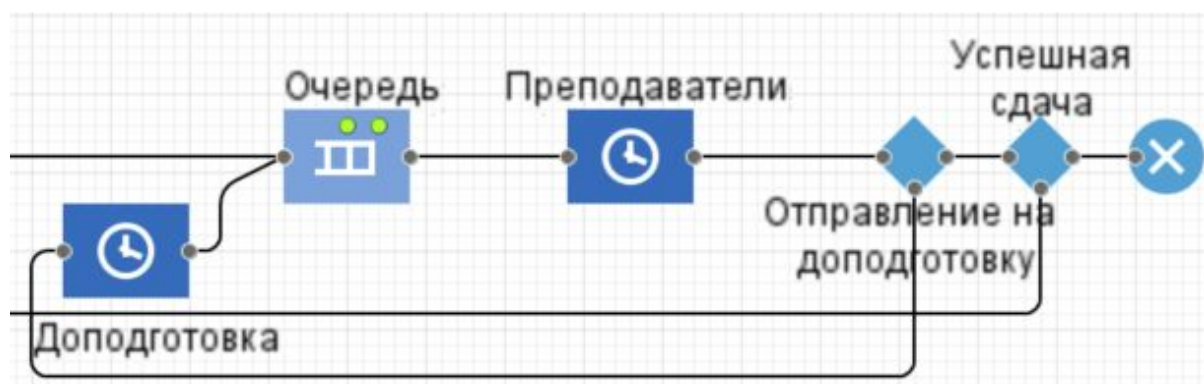


Рис. 1: Модель узла разработанной СеМО

На рис 1 представлен один узел СеМО. В представленном узле:

1. Очередь - неограниченный накопитель. Дисциплина обслуживания заявок - относительный приоритет. Чем выше лабораторная работа, тем выше приоритет.
2. Прибор - принимающие преподаватели. Время обработки заявки каждого студента на сдаче лабораторной работы зависит от номера лабораторной и распределяется по экспоненциальному закону с математическими ожиданиями, зависящими от номера работы -- чем выше номер, тем больше времени требуется на прием лабораторной работы.
3. Мультиплексор "Отправление на доподготовку" -- студенты успешно сдавшие лабораторную работу отправляются в следующий мультиплексор, студенты, не сдавшие лабораторную работу - отправляются готовиться и, после подготовки, вновь возвращаются в очередь. Время подготовки зависит от номера лабораторной работы и количества попыток сдать лабу (чем больше раз студент пытался сдать конкретную работу, тем больше шанс того, что он ее сдаст)
4. Мультиплексор "Успешная сдача" -- студенты, успешно сдавшие последнюю лабораторную работу отправляются в сток и считаются успешно закрывшими предмет. Студенты, успешно сдавшие лабораторную работу повышают номер своей лабораторной и отправляются в следующий узел сети - на следующее дополнительное занятие.

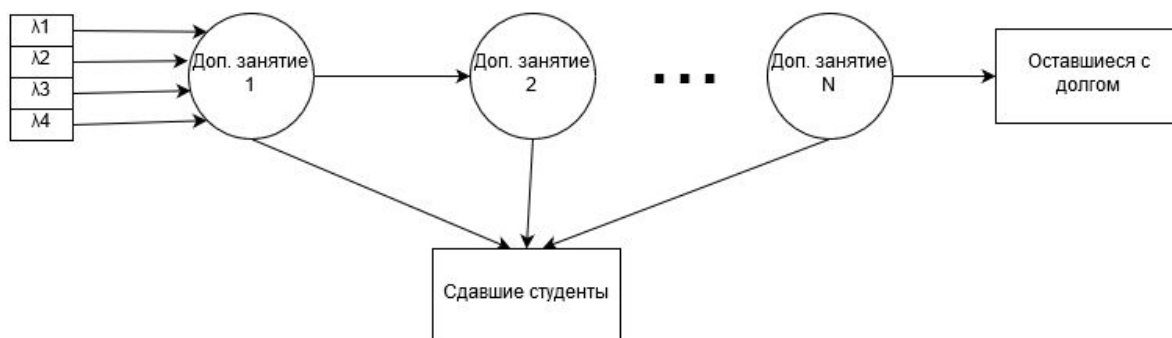


Рис. 2: Общая схема СеМО

На рис. 2 представлена схема полученной СеМО. Можно видеть, что сеть представляет из себя цепочку из N последовательных узлов, где N - количество дополнительных занятий, один из варьируемых параметров. Студенты, сдавшие последнюю лабораторную работу на любом из занятий считаются успешно закрывшими предмет и соответствующие заявки покидают сеть. Студенты, которым не удалось сдать все работы на момент завершения последнего занятия считаются оставшимися с долгом. Таким образом, ключевой характеристикой этой сети является отношение сдавших студентов к должникам, его необходимо максимизировать. В то же время, нельзя допустить низкого значения загрузки приборов в сети - такая ситуация сигнализирует о том, что время преподавателей расходуется неэффективно.

2.1.2. Имитационная GPSS модель

Была построена имитационная GPSS модель

Листинг GPSS модели

```
RN_H EQU 91 ; generator num for hyperexponential distribution
hyper_t1 EQU 1/20.46/60 ; exp means for hyperexponential distributions
hyper_t2 EQU 1/10.63/60
hyper_q EQU 0.19 ; hyperexponential q-parameter

; students count
c_lab1 EQU 25
c_lab2 EQU 15
c_lab3 EQU 10
c_lab4 EQU 5

; lab passing expoential delay distribution means
d_lab1 EQU 5.0
d_lab2 EQU 10.0
d_lab3 EQU 12.5
d_lab4 EQU 15.0

; lab succesfull passing probability
s_lab1 EQU 0.8
s_lab2 EQU 0.6
s_lab3 EQU 0.5
s_lab4 EQU 0.4
```

```

teachers      STORAGE      2          ; teachers count
lessons       FVARIABLE    8.0        ; lessons count
lesson_1      VARIABLE     180        ; lesson length

PREP  STORAGE      200      ; прибор для доподготовки
WAIT  STORAGE      1       ; прибор для ожидающих следующего занятия
WAIT_DOP      STORAGE     1

Tab1 TABLE P2,1,1,4

PROCEDURE hyper(RN_H, hyper_q, hyper_t1, hyper_t2) BEGIN
    if (uniform(1,0,1) > hyper_q) then return exponential(RN_H,0,hyper_t1);
    else return exponential(RN_H,0,hyper_t2);
END;

PROCEDURE setNewSuccProb(lab_num) BEGIN
    if (lab_num = 2) then return s_lab2;
    if (lab_num = 3) then return s_lab3;
    if (lab_num = 4) then return s_lab4;
    return 0;
END;

    GENERATE ,,,1,4          ; таймер для допов
    ASSIGN 2,10
    ASSIGN 4,0
    ASSIGN 5,V$lesson_1      ; длина одного допа
    ASSIGN 6,1               ; счетчик текущего допа
    TRANSFER      ALL,PASSED

*****
*      generating students      *
*****

    GENERATE      (hyper(RN_H, hyper_q, hyper_t1, hyper_t2)),,,c_lab1,0;
сгенерировали студентов с 1 лабой
    ASSIGN      1,d_lab1          ; в переменную 1 записано матожидание
    ASSIGN      2,1; в переменную 2 записан номер лабы (ASSIGN 2+,1 для
увеличение лабы)
    ASSIGN      3,0; в переменную 3 записано количество подходов с данной лабой
    ASSIGN      4,s_lab1; в переменную 4 записана вероятность сдать
лабораторную работу
    ASSIGN 5,0      ; в переменную 5 заносится системный 0
    TRANSFER      ALL,DOP
;

отправляем в очередь
    GENERATE      (hyper(RN_H, hyper_q, hyper_t1, hyper_t2)),,,c_lab2,1;
генерируем студентов со 2 лабой
    ASSIGN      1,d_lab2
    ASSIGN      2,2
    ASSIGN      3,0
    ASSIGN      4,s_lab2
    ASSIGN 5,0
    TRANSFER      ALL,DOP
    GENERATE      (hyper(RN_H, hyper_q, hyper_t1, hyper_t2)),,,c_lab3,2;
генератор студентов с 3 лабой

```



```

        ASSIGN      1,d_lab3
        ASSIGN      2,3
        ASSIGN      3,0
        ASSIGN      4,s_lab3
        ASSIGN 5,0
        TRANSFER    ALL,DOP
        GENERATE    (hyper(RN_H, hyper_q, hyper_t1, hyper_t2)),,,c_lab4,3
        ASSIGN      1,d_lab4
        ASSIGN      2,4
        ASSIGN      3,0
        ASSIGN      4,s_lab4
        ASSIGN 5,0
        TRANSFER    ALL,DOP

*****
*      generating students      *
*****

DOP      QUEUE     STDNTS                                ; очередь на сдачу

        ENTER      teachers                                ; начали сдавать
        DEPART     STDNTS
        TABULATE   Tab1
        ADVANCE    (Exponential(1,0,P1))                  ; задержка на сдачу
        LEAVE      teachers                                ; закончили сдавать

        TRANSFER   P4,FAILED,PASSED                        ; вероятность успешно сдать или
отправиться на доподготовку

TEST_PAS    ASSIGN 6+,1                                    ; увеличение счетчика допов
        TEST      NE      P6,V$lessons,END_DOP ; проверка, последний ли был доп
PASSED TEST  NE      P2,4,SUCC                            ; покидаем сеть если
сдали последнюю лабу
        ADVANCE    2
        PRIORITY   P2                                    ; обновляем приоритет
        ASSIGN     2+,1                                    ; инкрементируем номер лабораторной
        ASSIGN     4,(setNewSuccProb(P2))                ; обновить вероятность
сдачи
        ENTER      WAIT_DOP
        ADVANCE    P5                                    ; ждем, пока пройдет доп
        LEAVE      WAIT_DOP
        TEST      NE      P5,V$lesson_1,TEST_PAS        ; пропускаем студентов на следующий
доп
        TRANSFER   ,DOP

FAILED ASSIGN      4+,0.1                                    ; инкрементируем вероятность сдачи
        ASSIGN     3+,1                                    ; инкрементируем количество подходов
        ENTER      PREP
        ADVANCE    (Exponential(1,0,P1))                  ;
задержка на доподготовку
        TEST      E LS$lessonON,1,DOP

```

```

LEAVE PREP
TRANSFER ,DOP

SUCC TERMINATE ; покидаем сеть при сдаче последней работы

END_DOP TERMINATE
STOP 1,END_DOP

```

Описание GPSS модели

Генерируется одна заявка, которая считается таймером для дополнительных занятий и счетчиком количества занятий. В параметре P5 сохраняется длина дополнительного занятия, в параметре P6 хранится счетчик дополнительных занятий.

Генерируются заявки 4-х приоритетов, в зависимости от текущей лабораторной работы. У каждой заявки сохраняется математическое ожидание, номер текущей лабораторной работы, количество подходов с конкретной лабораторной работой, вероятность сдачи в переменные с P1 по P4 соответственно.

Заявки попадают в прибор teachers и находятся в нем в зависимости от текущей лабораторной работы. При успешной сдаче лабораторной работы у заявки увеличивается номер лабораторной работы, обновляется вероятность сдачи и заявки отправляются в очередь WAIT_DOP для ожидания следующего дополнительного занятия. Иначе заявки попадают в прибор PREP для дальнейшей подготовки (длительность которой также зависит от номера текущей лабораторной работы) и после подготовки вновь возвращаются в очередь STDNTS для ожидания сдачи с увеличением вероятности сдачи лабораторной работы.

Заявка-таймер один раз в lesson_I освобождает прибор, пропуская очередь WAIT_DOP на следующее дополнительное занятие. После, у заявки-таймера увеличивается счетчик занятий и она снова блокирует проход на следующее занятие на lesson_I времени.

2.1.3. Сравнение результатов GPSS модели и AnyLogic модели

Таблица 1.1 Сравнение результатов работы GPSS модели и AnyLogic модели

TEACHERS	LESSONS	LENGTH	STUDENTS	ANYLOGIC	GPSS	ANYLOGIC	GPSS
2	7	180	55	46	47	0,8363636364	0,8545454545
2	5	180	55	29	28	0,5272727273	0,5090909091
2	3	180	55	15	13	0,2727272727	0,2363636364
1	7	180	55	25	23	0,4545454545	0,4181818182

1	5	180	55	17	15	0,3090909091	0,2727272727
1	3	180	55	10	5	0,1818181818	0,0909090909
3	7	180	55	55	55	1	1
3	5	180	55	39	41	0,7090909091	0,7454545455
3	3	180	55	19	15	0,3454545455	0,2727272727
2	7	150	55	31	29	0,5636363636	0,5272727273
2	7	180	55	39	37	0,7090909091	0,6727272727
2	7	300	55	55	55	1	1
2	7	180	69	40	42	0,5797101449	0,6086956522
2	7	180	100	46	43	0,46	0,43
2	7	180	121	53	52	0,4380165289	0,4297520661

На рис 2.(3),2(4),2(5) представлено сравнение AnyLogic и GPSS моделей графически

При 2-х преподавателях, 180-минутном занятии и 55-ти студентах

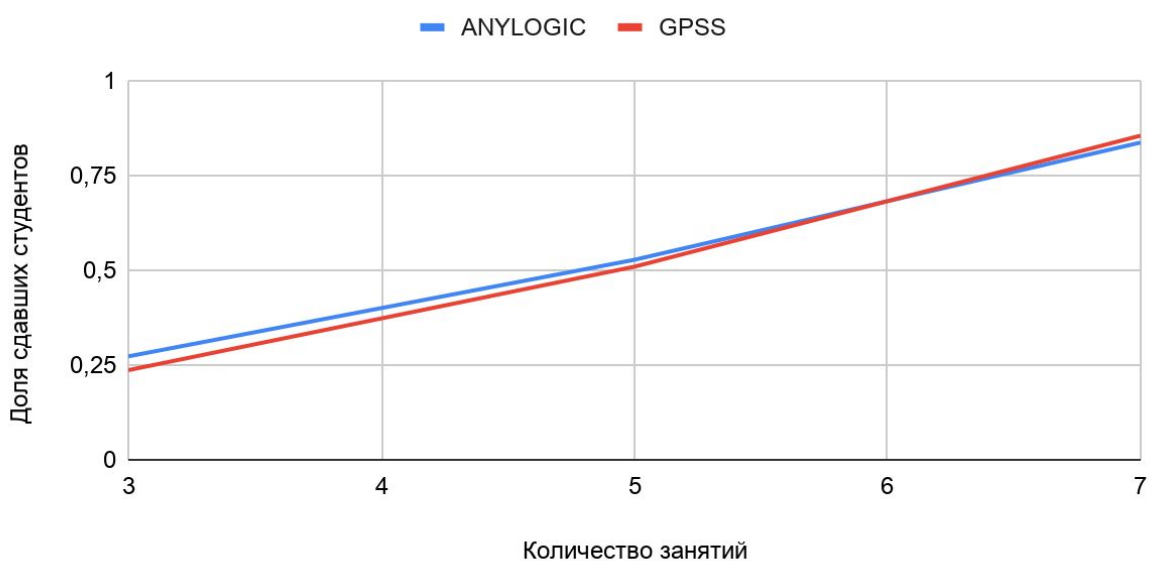


Рис 2.(3) Сравнение AnyLogic модели и GPSS при варьировании количества занятий

При 2-х преподавателях, 180-минутном занятии и 7 доп. занятиях

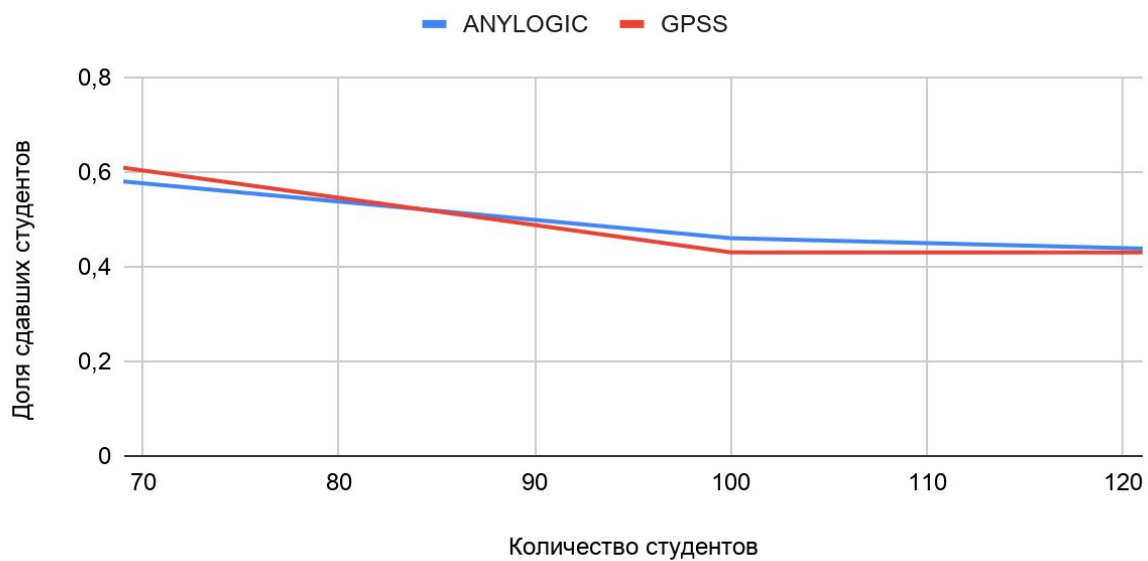


Рис 2(4) Сравнение AnyLogic модели и GPSS модели при варьировании количества студентов

При трех преподавателях, 180-минутном занятии и 55 студентах

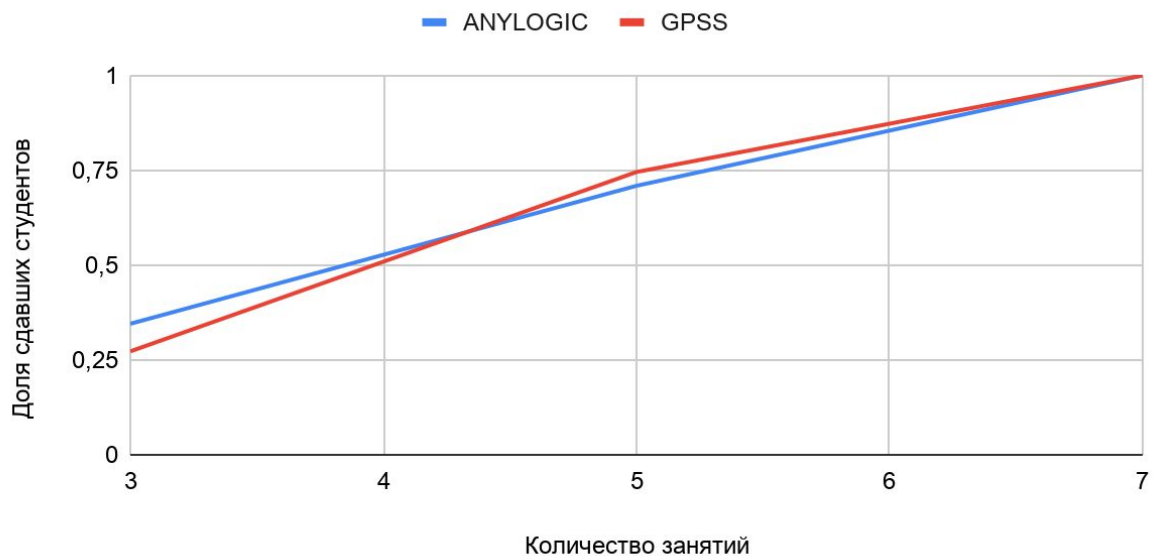


Рис 2(5) Сравнение AnyLogic модели и GPSS модели при варьировании количества занятий

Другие сравнительные графики выглядели бы аналогичным образом, т.к., видно из таблицы, сравнительные графики имеют такой же характер.

Системы при варьировании разных параметров показывают практически идентичные результаты. Для дальнейшего анализа системы нами была выбрана AnyLogic модель, так как программное обеспечение для имитационного моделирования AnyLogic является более гибкой: можно гибко настраивать отображаемые данные и для генерации таблиц можно использовать вывод текста на экран.

3. Анализ системы с заданными свойствами и определение критерия оптимальности

3.1 Анализ системы

3.1.1 Анализ длины очереди системы

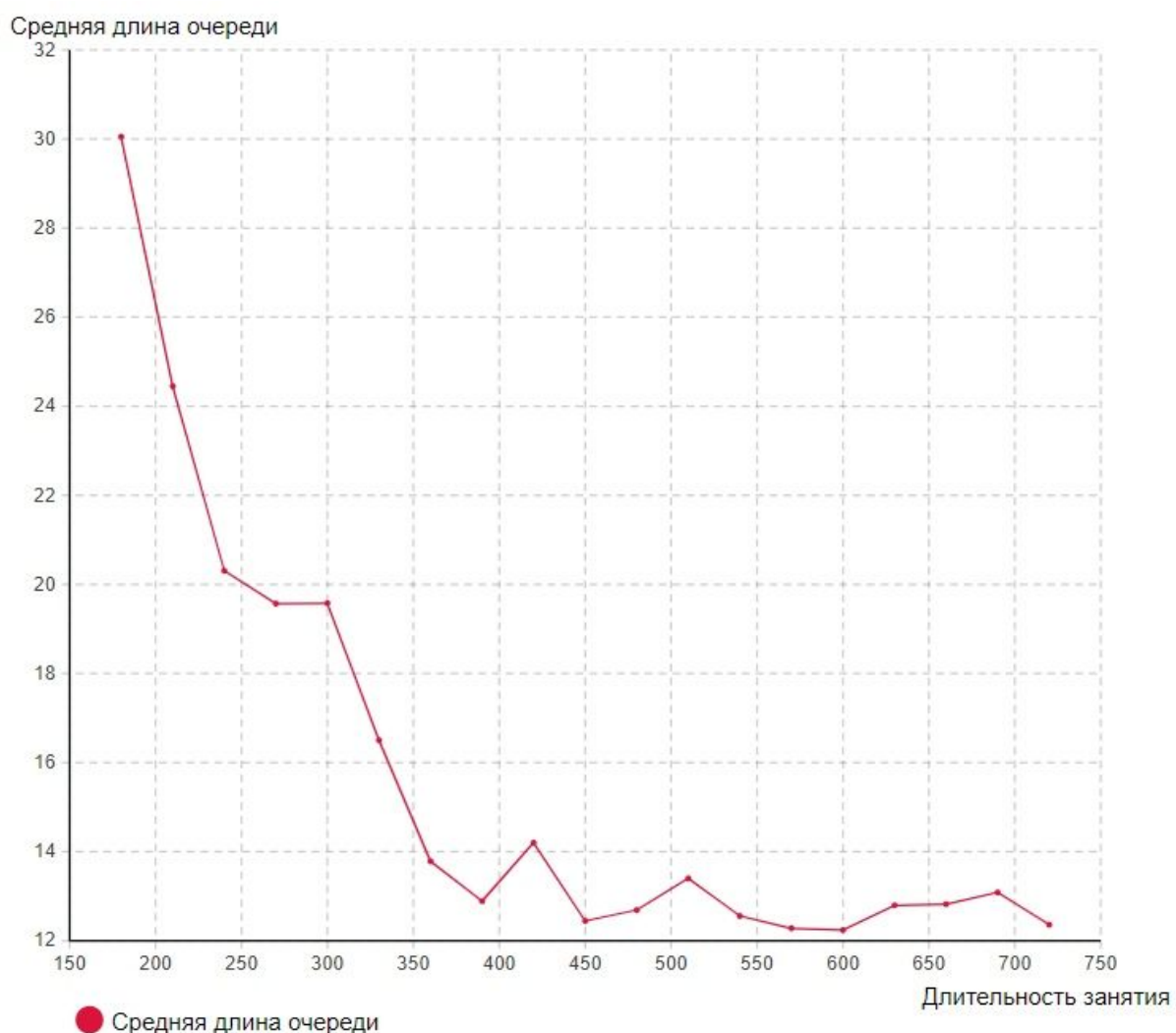


Рис.2(1) Зависимость средней длины очереди от длительности занятия

На рис.2(1) показана зависимость среднего размера очереди от длительности занятия при 7 дополнительных занятиях и 2-х преподавателях.

По рис.2(1) можем заметить, что при увеличении длительности занятия уменьшается средняя длина очереди, это происходит потому что количество успешно сдавших студентов для дополнительных занятий с большей длительностью занятий увеличивается, а значит, уменьшается общее количество студентов на занятиях.

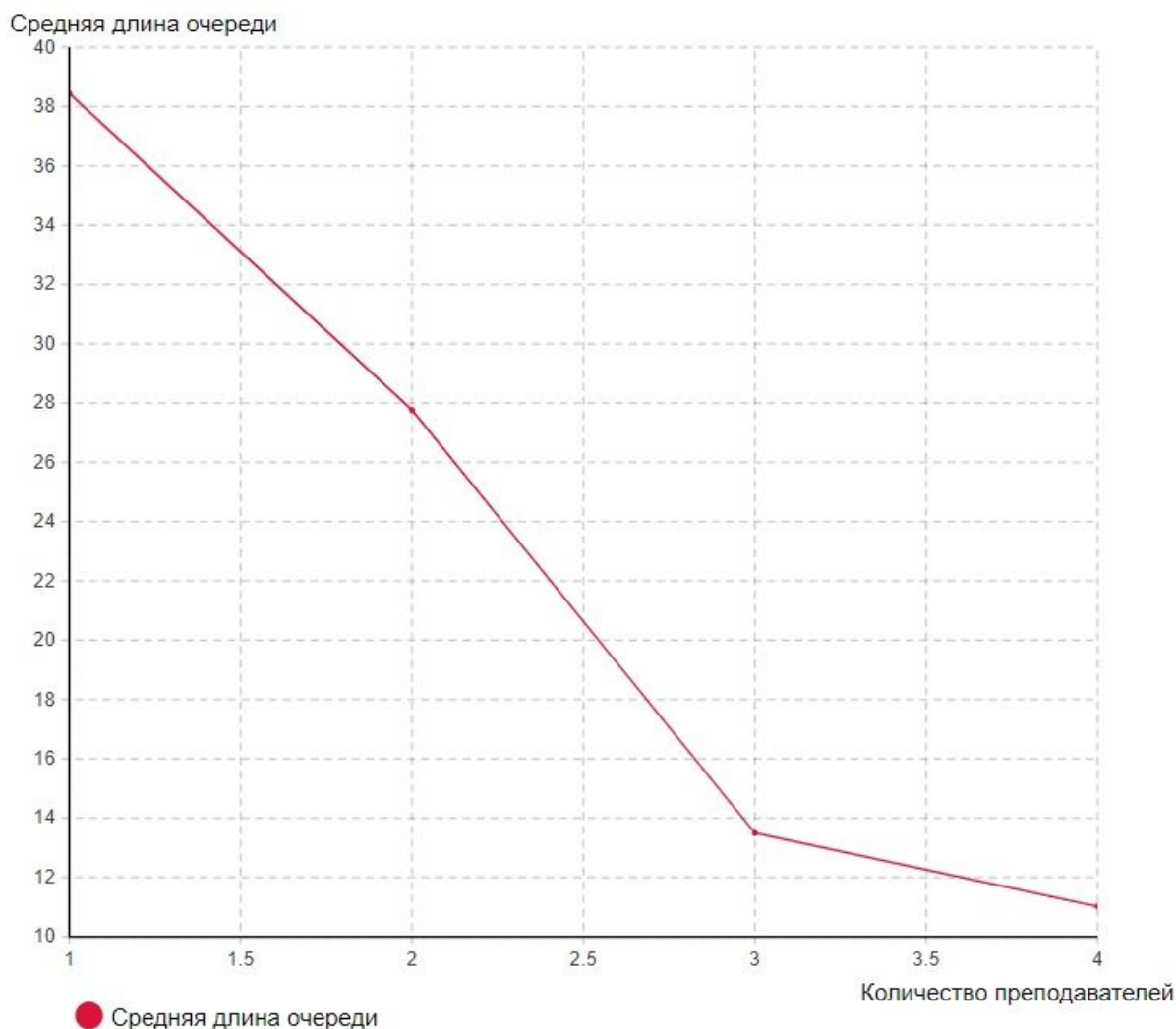


Рис.2(2) Зависимость средней длины очереди от количества преподавателей

На рисунке 2(2) показана зависимость средней длины очереди от количества принимающих преподавателей при 7-ми дополнительных занятиях, длящихся 180 минут.

При увеличении числа преподавателей, уменьшается средняя длина очереди, это происходит потому что количество успешно сдавших студентов для дополнительных занятий с большей длительностью занятий увеличивается, а значит, уменьшается общее количество студентов на занятиях.

Итог: средняя длина очереди уменьшается при изменении тех параметров, которые влияют на количество успешно закрывшихся студентов. Чем больше студентов, которые закрылись в срок, тем меньше средняя длина очереди.

3.2 Определение критерия эффективности

Для построения составного критерия эффективности в виде мультипликативного F , используется формула 1.

$$F_2 = \frac{\prod_{i=1}^k x_i}{\prod_{i=k+1}^K x_i}, \quad (1)$$

где x_1, x_2, \dots, x_n – частные показатели эффективности

Доля успешно закрывшихся студентов и значение минимальной загрузки преподавателей – две одинаково важных характеристики системы, исходя из прикладной области. Поэтому критерий эффективности будет зависеть от этих характеристик. Подставим и получим формулу для критерия эффективности (2)

$$F = \rho_{min} * n$$

где ρ_{min} – минимальная загрузка какого-либо узла в течении моделирования, n – отношение успешно закрывшихся студентов к общему количеству должников. Так как мы хотим максимизировать оба параметра, то имеет место задача максимизации данного критерия.

3.3 Варьирование значений для определения зависимости количества сдавших студентов и загрузку преподавателей

3.3.1 От количества дополнительных занятий

На рис. 2 показана зависимость доли успешно сдавших лабораторную работу и минимальная загрузка преподавателей на дополнительных занятиях. При длительности дополнительного занятия 180 минут и 2-х принимающих преподавателей.

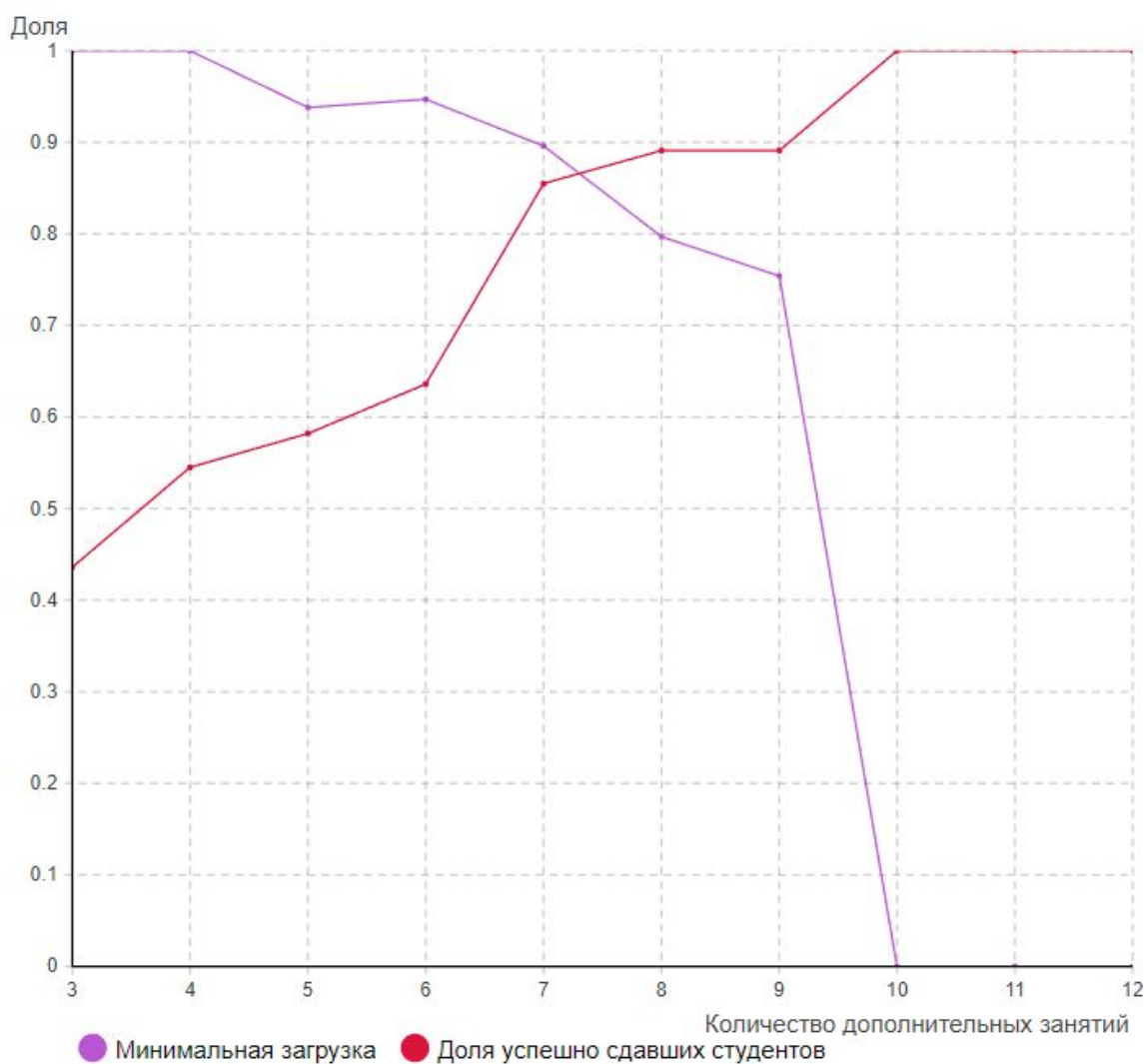


Рис 2. Зависимость минимальной загрузки, доли сдавших студентов от количества дополнительных занятий.

При данном времени дополнительного занятия и количества преподавателей можно заметить, что при проведении 3-х дополнительных занятий меньше половины должников закрываются успешно. При увеличении количества доп. занятий, количество успешно закрывшихся студентов, ожидаемо, возрастает.

При проведении 9 и более доп. занятий минимальная нагрузка преподавателей начинает стремительно уменьшаться, а значит, что на доп. занятиях от 9 и следующих времени, которое тратится на прием лабораторных работ меньше, чем длительность дополнительного занятия. При этом, начиная с 10 дополнительных занятий количество успешно закрывшихся студентов становится 100%. После 10, дальнейшее увеличение числа дополнительных занятий нецелесообразно. Минимальная нагрузка преподавателей, при этом, падает до 0, обозначая то, что никто не пришел на одно из занятий.

3.3.2 От времени проведения дополнительных занятий

На рис. 3 показана зависимость доли успешно сдавших лабораторную работу и минимальная нагрузка преподавателей на дополнительных занятиях. При количестве дополнительных занятий, равных 7 и 2-х принимающих преподавателей

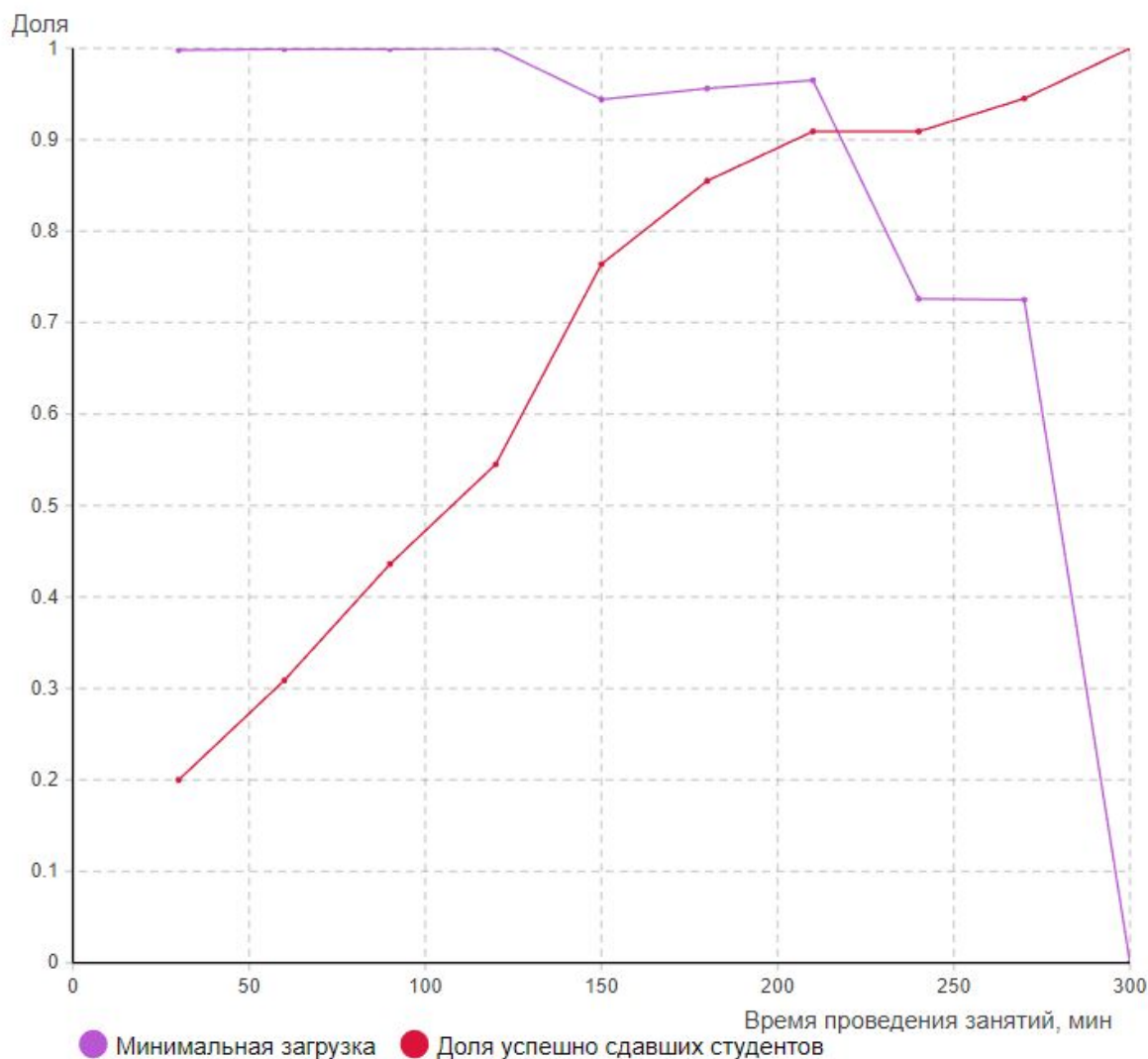


Рис. 3 зависимость доли успешно сдавших лабораторную работу и минимальная нагрузки от времени проведения дополнительного занятия.

Когда время проведения одного дополнительного занятия начинает превышать 200 минут, минимальная нагрузка начинает уменьшаться, а значит, что появляются такие моменты, когда все студенты сдали лабораторные работы, которые готовили к этой паре.

При небольшом времени длительности дополнительных занятий, количество успешно сдавших студентов небольшое. При 30-минутной длительности занятия - доля

закрывшихся студентов составляет 20% и растет с увеличением длительности занятия.

Можно заметить, что при длительности дополнительного занятия, равного 300 минутам все студенты успели закрыться, но минимальная загрузка при этом стремится к 0, что говорит о неэффективности данной системы.

Следующие 2 графика показывают зависимость при количестве дополнительных занятий, равных 5 (рис. 4) и 9 (рис. 5)

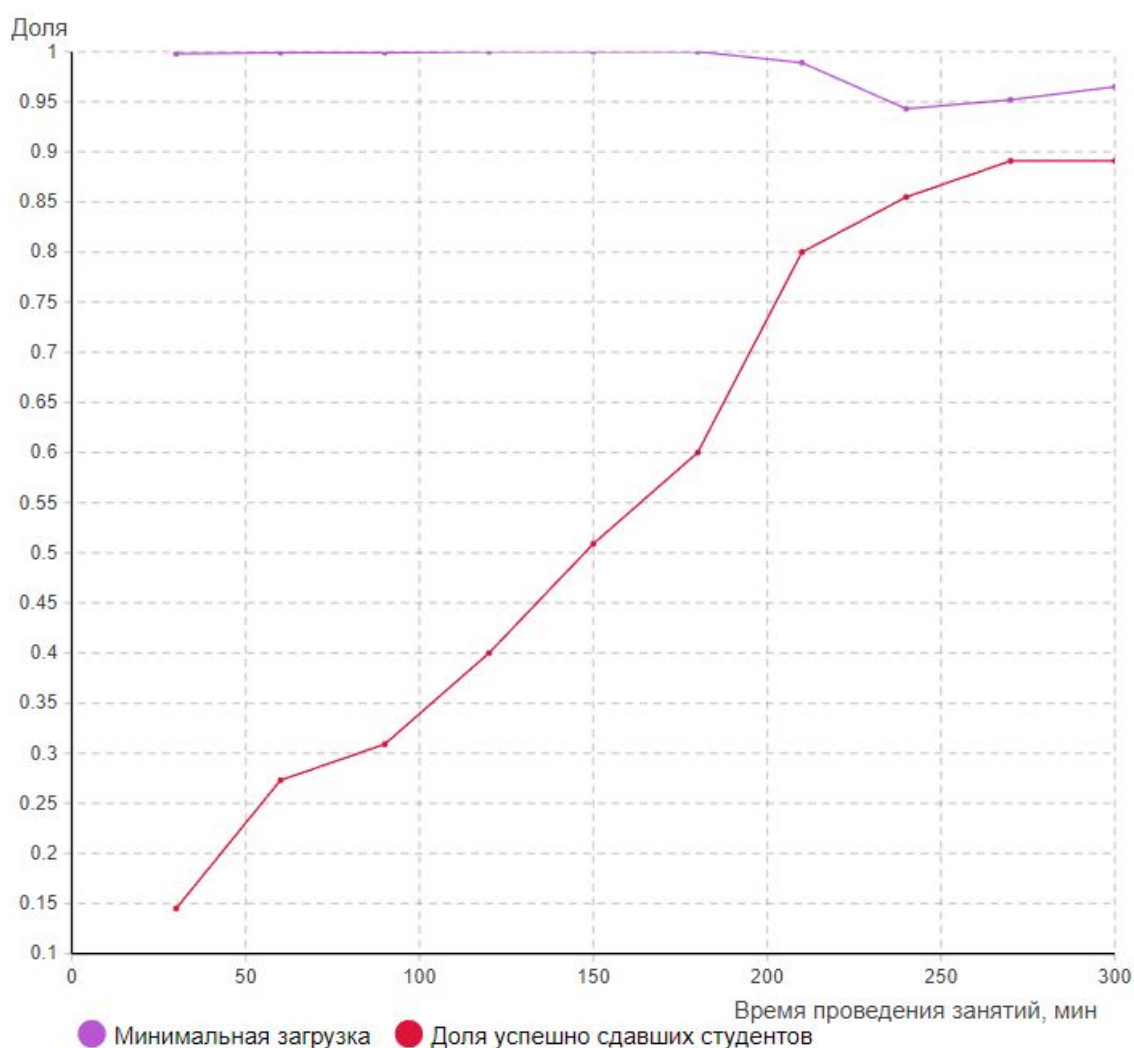


Рис. 4 зависимость доли успешно сдавших лабораторную работу и минимальная загрузки от времени проведения дополнительного занятия при 5 дополнительных занятиях.

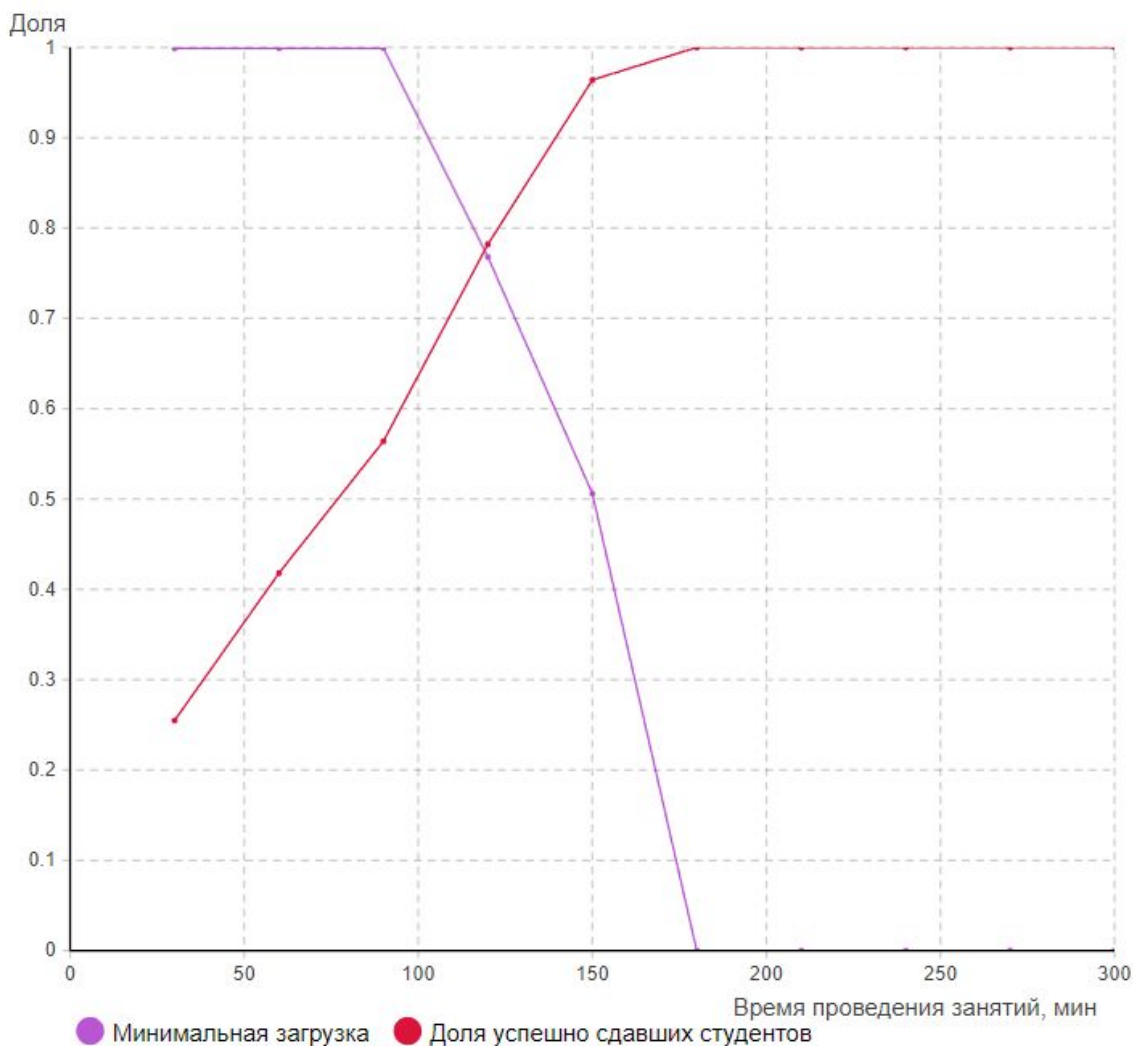


Рис. 5 зависимость доли успешно сдавших лабораторную работу и минимальная загрузки от времени проведения дополнительного занятия при 9 дополнительных занятиях.

Из рис. 4 можно сделать вывод, что даже увеличивая время проведения дополнительного занятия (считая, что больше 5 часов проводить занятие невозможно физически), невозможно добиться того, чтобы все студенты сдали лабораторную работу. При длительности дополнительного занятия, равного 180 минутам всего 60% студентов успешно закрывают все работы.

При этом из рисунка 10 следует, что уже при дополнительных занятиях, длящихся 90 минут минимальная загрузка начинает падать, а значит, что во время дополнительных занятий нет студентов, которые могли бы сдать лабораторную работу. При достижении 150 минут - минимальная загрузка составляет 0.5, а число успешно закрывшихся больше 90%. При длительности дополнительных занятий 180 минут минимальная загрузка падает до 0. На доп.занятие никто не пришел.

В таблице 1 показана зависимость минимальной загрузки от времени проведения занятия и количества доп. занятий. Если минимальная загрузка меньше 1, значит, что время преподавателей расходуется неэффективно - есть время, когда ни один студент не сдает лабораторную работу.

В таблице 2 показана зависимость доли закрывшихся студентов от времени проведения занятия и количества доп. занятий.

Таблица 1: Зависимость минимальной загрузки от времени проведения занятия и количества доп. занятий

Загрузка										
Количество доп. занятий	Время проведения занятия									
	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
3	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97
4	1	1	1	1	1	1	0,99	0,98	0,97	0,79
5	1	1	1	1	1	1	0,98	0,94	0,9	0,8
6	1	1	1	1	1	1	0,94	0,78	0,76	0,69
7	1	1	1	1	0,95	0,96	0,97	0,72	0,72	0
8	1	1	1	1	0,68	0	0	0	0	0
9	1	1	0,77	0,51	0	0	0	0	0	0
10	1	1	0,98	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 2: Зависимость доли закрывшихся студентов от времени проведения занятия и количества доп. занятий

Доля успешно закрывшихся студентов										
Количество доп. занятий	Время проведения занятия									
	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
3	0,15	0,2	0,25	0,31	0,37	0,38	0,4	0,48	0,51	0,65
4	0,15	0,21	0,26	0,32	0,38	0,52	0,54	0,56	0,63	0,74
5	0,15	0,28	0,31	0,4	0,51	0,6	0,8	0,86	0,89	0,89
6	0,17	0,28	0,46	0,54	0,64	0,71	0,83	1	1	1
7	0,2	0,31	0,44	0,54	0,77	0,86	0,91	0,91	0,95	1
8	0,22	0,34	0,54	0,65	0,78	0,86	1	1	1	1
9	0,23	0,43	0,57	0,78	0,96	1	1	1	1	1
10	0,25	0,49	0,56	0,78	0,8	1	1	1	1	1

Из таблицы 1 и таблицы 2 были получены частные показатели эффективности на их основе были подсчитаны значения критерия эффективности и занесены в таблицу 3.

Таблица 3: Зависимость значения критерия эффективности от соотношения количества дополнительных занятий и времени их проведения

Количество доп.занятий	Время проведения занятия									
	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
3	0,15	0,2	0,25	0,31	0,37	0,3762	0,396	0,4704	0,4998	0,6305
4	0,15	0,21	0,26	0,32	0,38	0,52	0,5346	0,5488	0,6111	0,5846
5	0,15	0,28	0,31	0,4	0,51	0,6	0,784	0,8084	0,801	0,712
6	0,17	0,28	0,46	0,54	0,64	0,71	0,7802	0,78	0,76	0,69
7	0,2	0,31	0,44	0,54	0,7315	0,8256	0,8827	0,6552	0,684	0
8	0,22	0,34	0,54	0,65	0,5304	0	0	0	0	0
9	0,23	0,43	0,4389	0,3978	0	0	0	0	0	0
10	0,25	0,49	0,5488	0	0	0	0	0	0	0

Из таблицы 3 видно, что лучшим соотношением количества дополнительных занятий и времени их проведения будет: 7 дополнительных занятий при длительности 210 минут. В этом случае 91% студентов успевают успешно закрыть предмет, а загрузка преподавателей составляет 0,97.

Также благоприятные соотношения: 7 доп.занятий по 180 минут, 5 занятий по 240 и 270 минут. и другие, отмеченные зеленым цветом.

3.3.3 От количества преподавателей

На рис. 6 показана зависимость доли успешно сдавших лабораторную работу и минимальная загрузка преподавателей на дополнительных занятиях от количества преподавателей. При 7 дополнительных занятий по 180 минут

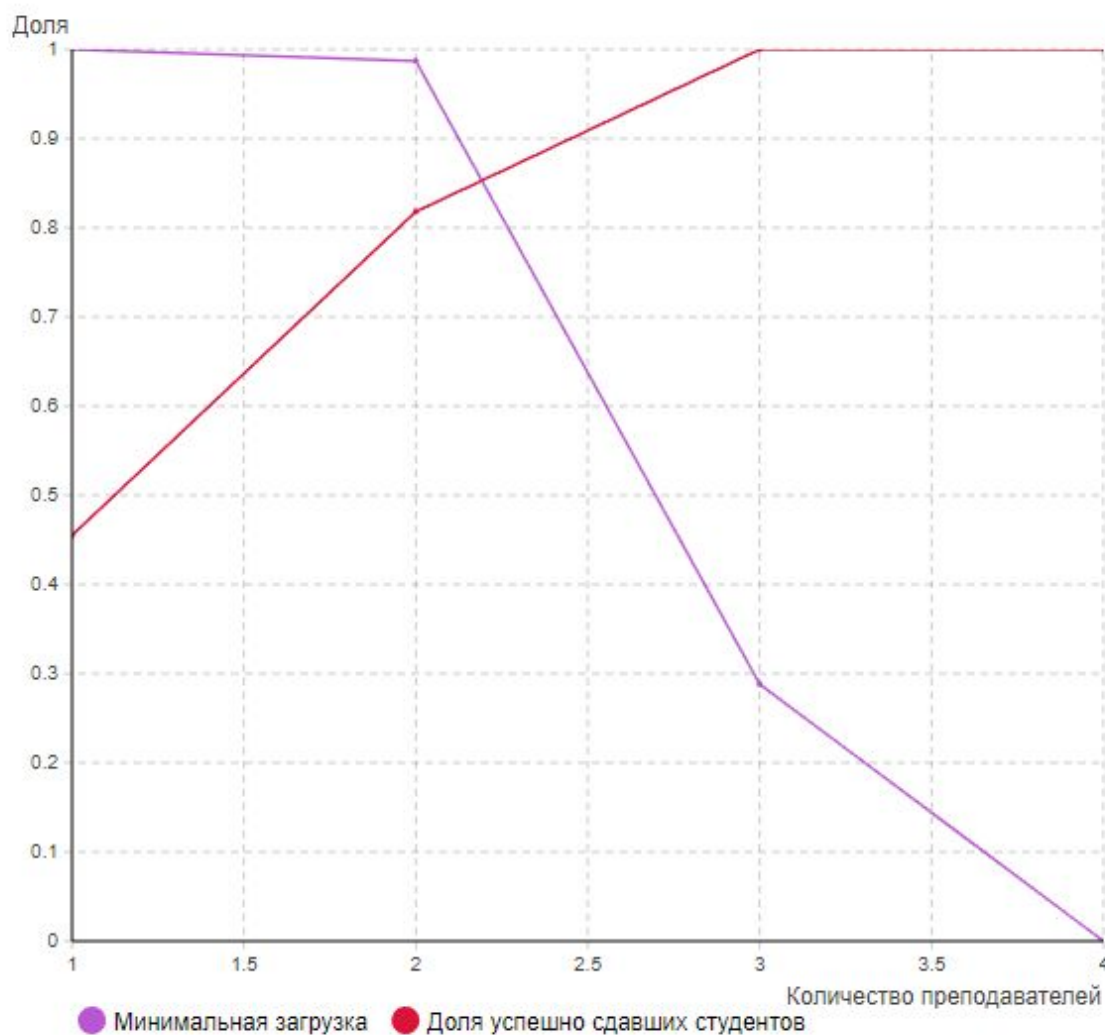


Рис.6. Зависимость доли успешно сдавших лабораторную работу и минимальная загрузка преподавателей на дополнительных занятиях от количества преподавателей

По графику заметно, что больше 2 преподавателей брать нецелесообразно. Т.к. минимальная загрузка преподавателей при таком количестве дополнительных занятий и времени их проведения, меньше 0.3.

При этом, если преподаватель будет 1, то количество успешно сдавших студентов будет меньше 50%

Для определения наилучших комбинаций времени проведения дополнительных занятий и их количества для одного преподавателя были составлены таблицы 4-6, аналогично таблицам 1-3

Таблица 4: Минимальное значение нагрузки преподавателя в зависимости от времени проведения доп.занятия и их количества с одним преподавателем

Минимальная нагрузка										
	Время проведения занятия									
Количество доп.занятий	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	0,96	0,89
10	1	1	1	1	1	1	1	1	0,95	0,86
11	1	1	1	1	1	1	0,92	0,9	0,86	0
12	1	1	1	1	1	1	0,89	0,87	0	0

Таблица 5: Доля успешно закрывшихся студентов при изменении количества доп.занятий и времени их проведения с одним преподавателем

Доля успешно закрывшихся студентов										
	Время проведения занятия									
Количество доп.занятий	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
3	0,04	0,05	0,14	0,15	0,2	0,29	0,3	0,31	0,35	0,41
4	0,04	0,11	0,17	0,18	0,27	0,31	0,32	0,32	0,4	0,43
5	0,11	0,13	0,2	0,24	0,36	0,4	0,4	0,4	0,47	0,54
6	0,1	0,14	0,24	0,27	0,38	0,44	0,46	0,51	0,52	0,58
7	0,12	0,2	0,24	0,33	0,35	0,52	0,54	0,55	0,58	0,69
8	0,12	0,27	0,34	0,35	0,46	0,49	0,57	0,6	0,69	0,77
9	0,1	0,29	0,34	0,42	0,52	0,58	0,6	0,77	0,78	0,92
10	0,13	0,2	0,33	0,49	0,53	0,58	0,62	0,69	0,8	0,92
11	0,17	0,28	0,41	0,46	0,55	0,62	0,78	0,8	1	1
12	0,19	0,28	0,4	0,54	0,58	0,69	0,78	0,95	1	1

Аналогично таблице 3 построим таблицу 6:

Таблица 6: Зависимость значения критерия эффективности от соотношения количества дополнительных занятий и времени их проведения

Количество доп.занятий	Время проведения занятия									
	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
3	0,04	0,05	0,14	0,15	0,2	0,29	0,3	0,31	0,35	0,41
4	0,04	0,11	0,17	0,18	0,27	0,31	0,32	0,32	0,4	0,43
5	0,11	0,13	0,2	0,24	0,36	0,4	0,4	0,4	0,47	0,54
6	0,1	0,14	0,24	0,27	0,38	0,44	0,46	0,51	0,52	0,58
7	0,12	0,2	0,24	0,33	0,35	0,52	0,54	0,55	0,58	0,69
8	0,12	0,27	0,34	0,35	0,46	0,49	0,57	0,6	0,69	0,77
9	0,1	0,29	0,34	0,42	0,52	0,58	0,6	0,77	0,7488	0,8188
10	0,13	0,2	0,33	0,49	0,53	0,58	0,62	0,69	0,76	0,7912
11	0,17	0,28	0,41	0,46	0,55	0,62	0,7176	0,72	0,86	0
12	0,19	0,28	0,4	0,54	0,58	0,69	0,6942	0,8265	0	0

Из таблицы 6 следует, что лучшее соотношение времени проведения доп. занятия и их количества для одного преподавателя будет: 11 дополнительных занятий по 270 минут.

Чуть менее эффективно: 12 доп. занятий по 240 минут, 9 доп.занятий по 300 минут и остальные пункты, помеченные зеленым

При этом проведение 7 допов по 210 минут двумя преподавателями все равно остается эффективнее.

После проведения экспериментов с моделями было выяснено, что оптимальная комбинация для проведения дополнительных занятий достигается при проведении 7 дополнительных занятий по 210 минут, с участием 2-х преподавателей. Наглядно это можно заметить на рисунке рис. 6.1 - из таблицы 6 можно видеть, что самое большое значение критерия эффективности при одном преподавателе достигается при 270-минутном занятии, аналогично из таблицы 3 видно, что пик критерия эффективности для двух преподавателей приходится на 210-минутное занятие. Смотря на сравнительную характеристику рисунка 6.1 видно, что максимальное значение красного графика, представляющего двух преподавателей все еще больше, чем максимальное значение синего графика, т.е. одного преподавателя.

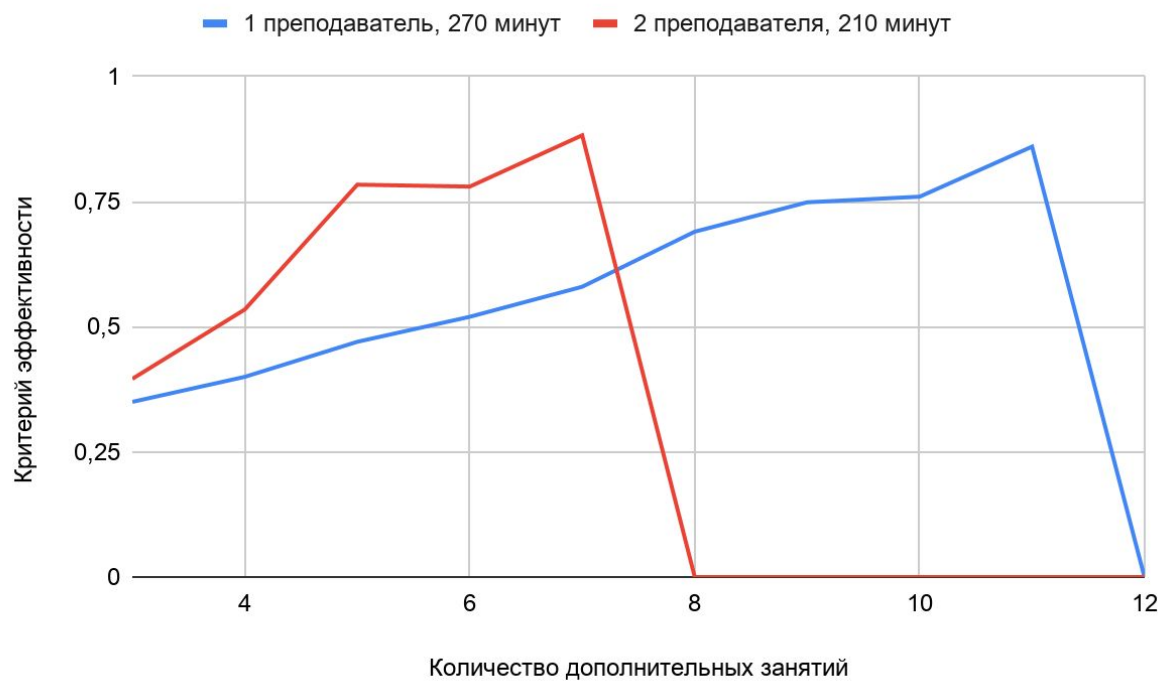


Рис. 6. Зависимость значения критерия эффективности от количества дополнительных занятий при одном преподавателе и 270-минутном занятии и при двух преподавателях и 210-минутном занятии

3.4 Критические значения характеристик для полученного критерия эффективности

3.4.1 От количества студентов

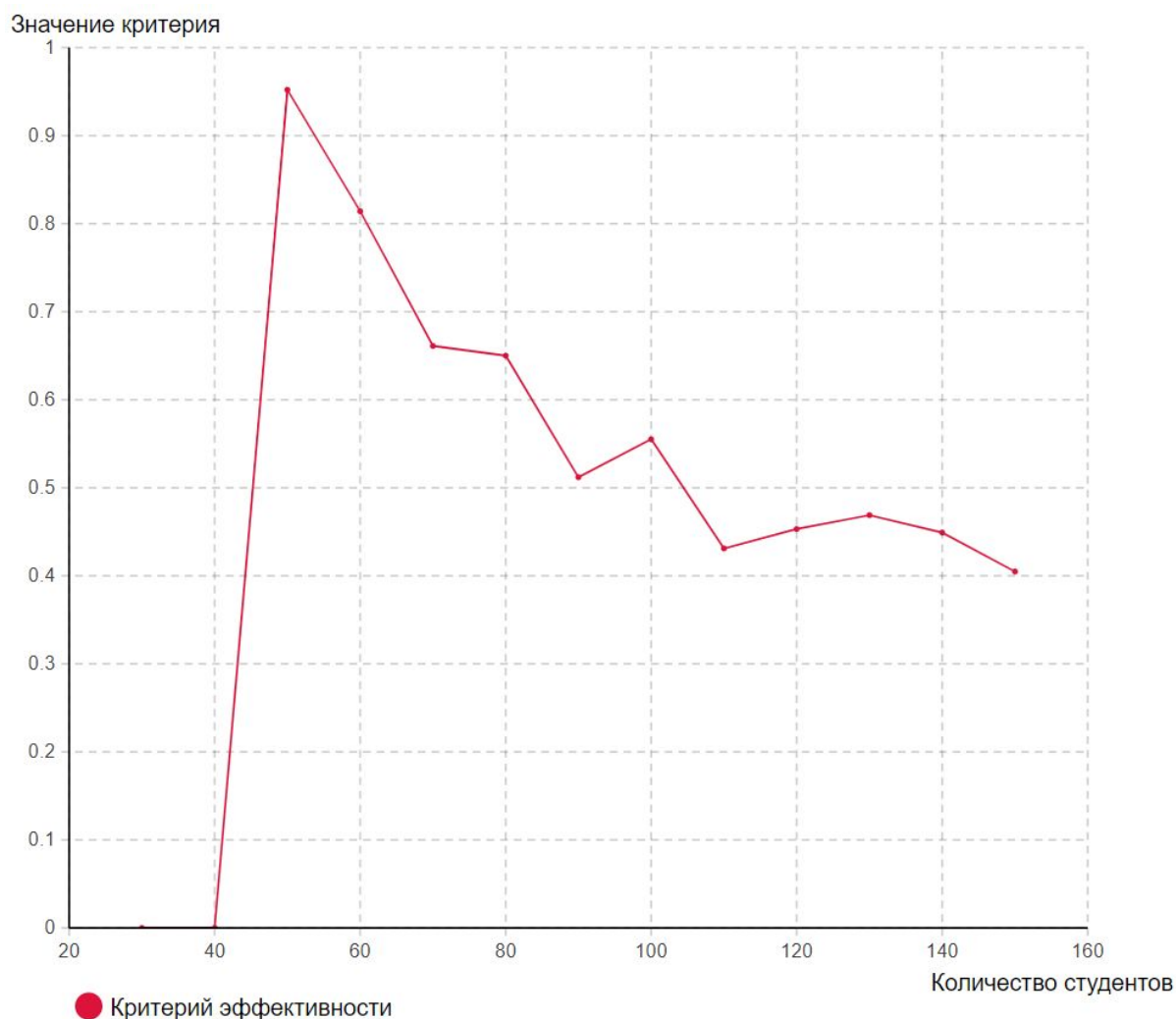


Рис. 7. Зависимость значения критерия эффективности от количества студентов

Из рисунка 7 можно сделать вывод, что пик критерия эффективности достигается на 55 студентах и, при увеличении количества студентов, начинает уменьшаться. При увеличении количества студентов до 70-ти значение критерия эффективности меньше 0.8. Такую систему можно считать неэффективной. Таким образом, найденные параметры (7 занятий, 2 преподавателя, 210 минут на занятие) будут эффективными при 50-70 студентах.

Выводы

1. Критерий эффективности определен как $F = \rho_{min} * n$. Так как доля успешно закрывшихся студентов и значение минимальной загрузки преподавателей - две одинаково важных характеристики системы, исходя из прикладной области.
2. При увеличении количества доп. занятий, количество успешно закрывшихся студентов возрастает. При достижении отметки, в которой большинство студентов закрылось успешно, минимальная загрузка преподавателей стремится к 0, а значит, на последние дополнительные занятия не приходят студенты, или приходит мало студентов и время преподавателей расходуется неэффективно.
3. При увеличении длительности дополнительного занятия увеличивается и количество успешно закрывшихся студентов. При достижении отметки, в которой большинство студентов закрылось успешно, минимальная загрузка преподавателей стремится к 0, а значит, на последние дополнительные занятия не приходят студенты, или приходит мало студентов и время преподавателей расходуется неэффективно.
4. Аналогичная ситуация с количеством преподавателей также увеличивается. При этом для исследуемой системы нецелесообразно использовать более 2-х преподавателей.
5. Оптимальная система достигается при проведении 7 дополнительных занятий, длительностью по 210 минут и 2-мя преподавателями для количества студентах в интервале от 55 до 70, при этом соотношении 91% студентов успевают успешно закрыть предмет.
6. При проведении дополнительных занятий одним преподавателем максимальный критерий эффективности достигается при проведении 11 дополнительных занятий по 270 минут, при этом соотношении 86% студентов успевают успешно закрыть предмет.

Список литературы

1. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
2. Алиев Т.И., Муравьева-Витковская Л.А., Соснин В.В. Моделирование: задачи, задания, тесты. – СПб: НИУ ИТМО, 2011. – 197 с.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Факультет программной инженерии и компьютерной техники
Группа Р3302

ЗАДАНИЕ
НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Студенту(ам) Калугиной М.М, Саржевскому И.А.

Руководитель Алиев Тауфик Измаилович, профессор, доктор технических наук

1. Наименование темы: “”Организация дополнительных занятий по дисциплине Программирование интернет-приложений”

2. Срок сдачи студентом законченной работы

3. Техническое задание и исходные данные к работе

4. Содержание курсовой работы (перечень подлежащих разработке вопросов)

5. Исходные материалы и пособия

7. Дата выдачи

задания _____

Руководитель _____

(подпись)

Задание принял к исполнению _____

(подпись)