

Проект «Инженерные кадры Зауралья»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет» (КГУ)

Кафедра «Автомобильный транспорт и автосервис»

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ
АВТОМОБИЛЬНОГО СЕРВИСА**

Методические указания
к выполнению практических работ
для студентов направления 190600.62

Курган 2014

Кафедра: «Автомобильный транспорт и автосервис»

Дисциплина: «Проектирование предприятий автомобильного транспорта»
(направление 190600.62).

Составил: канд. техн. наук, доцент В.Н. Шабуров.

Утверждены на заседании кафедры «25» сентября 2014 г.

Рекомендованы методическим советом университета в рамках проекта «Инженерные кадры Зауралья» «20» декабря 2013 г.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ:

СТОА – станция технического обслуживания автомобилей;
АТП – автотранспортное предприятие;
СМО – система массового обслуживания;
ТО – техническое обслуживание;
Д – диагностирование;
Р – ремонт;
ТР – текущий ремонт;
ПК – персональный компьютер;
ПТБ – производственно-техническая база.

ОБЩАЯ МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Практические работы по дисциплине проводятся с целью практического освоения теоретического материала и закрепления знаний, полученных в лекционных курсах.

Учебно-методическое руководство студентами осуществляет преподаватель.

Материальное, программное и методическое обеспечение работ:

- компьютерный класс;
- программы «ОПТИМ-S», Excel;
- нормативно-справочные материалы [1; 4].

В начале каждого занятия студенты знакомятся с теоретическими вопросами и методическими указаниями по проведению работы. Преподаватель проверяет правильность усвоения студентами теории и методики, контролирует качество выполнения работы студентами, даёт указания по устранению допущенных ими ошибок.

Отчет по практической работе должен содержать необходимые расчеты и используемые при этом формулы с пояснениями, таблицы и рисунки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛА ПОСТОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ АВТОСЕРВИСА

1 Цель работы

Приобретение студентами основных понятий об автотранспортных предприятиях как элементов систем массового обслуживания (СМО).

2 Общие положения

Традиционные детерминированные методы определения числа постов на основе средних значений показателей не отвечают современным требованиям экономики. Рыночные отношения и наличие конкуренции требуют изменения в подходе к определению потребности в ПТБ предприятий автосервиса. Как избыток, так и недостаток рабочих постов ТО и Р приводит к потерям прибыли, к общему ухудшению эффективности работы предприятия. Поэтому при проектировании, реконструкции и техническом перевооружении предприятий автосервиса необходимы такие методы, которые позволяют, используя экономические критерии, присущие рыночным отношениям (минимум издержек, максимум дохода или прибыли), определять оптимальное число постов.

В связи с этим, в последнее время все больше используется математический аппарат теории массового обслуживания с оценкой надежности функцио-

нирования системы обслуживания и оптимизации числа постов в ней.

При таком подходе определения постов на СТОА положено понимание системы ТО и Р автомобилей как системы массового обслуживания (СМО).

Основные понятия, структура и классификация СМО

СМО – это системы, в которых моменты поступления заявок на обслуживание и продолжительность обслуживания являются переменными и случайными. Как СМО могут рассматриваться склады запасных частей и агрегатов, топливозаправочные колонки АЗС и др.

СМО состоят из следующих элементов: входящего потока заявок, очереди, обслуживающих аппаратов (для системы ТО и Р – постов) и выходящего потока требований (рисунок 1.1).

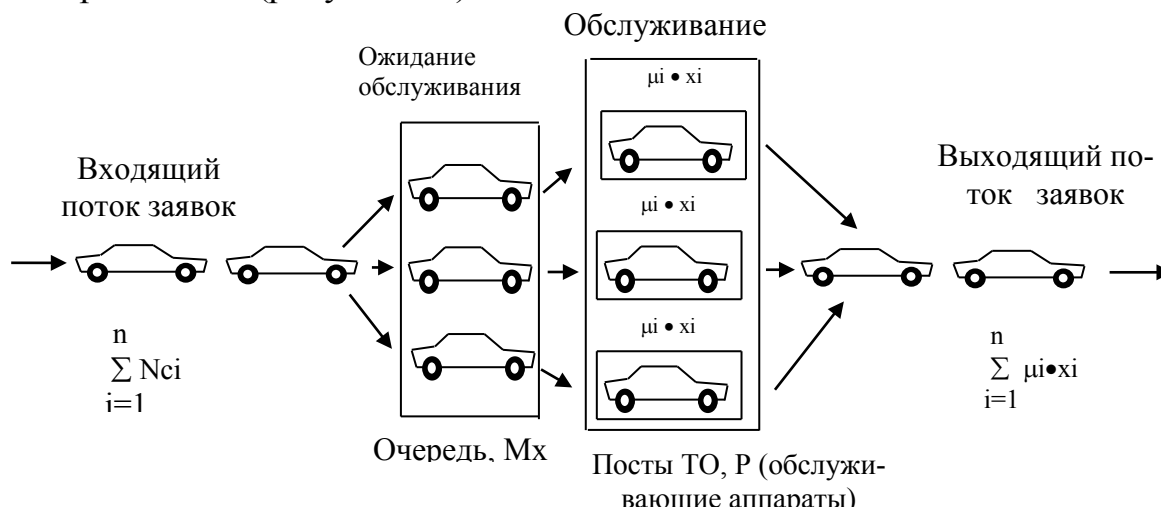


Рисунок 1.1 – Структура СМО автомобилей

Под заявкой понимается запрос на проведение ТО и Р автомобиля.

Входящий поток заявок представляет собой совокупность заявок от парка автомобилей на проведение технических воздействий. Так как возникновение потребности в ремонте и ТО носит случайный характер (формируются на основе случайных событий: отказа и случайных пробегов), то процесс поступления заявок (автомобилей) на СТОА является вероятностным.

Установлено, что поток заявок является пуассоновским, т.е. вероятность поступления в СМО в промежуток времени 0-t (например, за сутки) k заявок подчиняется закону Пуассона:

$$P_k = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda \cdot t}, \quad (1.1)$$

где λ – плотность потока заявок, заяв./сутки.

Статистическим аналогом λ является среднесуточная программа обслуживания или ремонтов, т.е. $\lambda = N_c$.

Суммарный входящий поток заявок от всего парка в СМО в сутки:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = \sum_{i=1}^n Nc_i, \quad (1.2)$$

где n – количество ТО, Д, Р (подсистем СМО).

Входящий поток заявок для подсистемы:

$$\lambda_i = Nc_i, \quad (1.3)$$

где i – вид обслуживания УМР, ТО, ... Р.

Среднесуточная программа Р может быть найдена по формуле:

$$Nc_i = \frac{A \cdot L_c}{L_p}, \quad (1.4)$$

где L_p – наработка на отказ (средняя периодичность Р), км;

L_c – среднесуточный пробег автомобиля, км

$$L_p = \frac{1}{\Omega} \cdot K_p, \quad (1.5)$$

где Ω – параметр потока отказов, отк./1000 км;

K_p – коэффициент совмещения ремонтов (0,5 – 4).

Ожидание обслуживания характеризуются очередью (Mx), образующейся (рисунок 1.1) в результате недостаточной пропускной способности подсистем СМО или ее в целом.

Обслуживающие аппараты (посты) выполняют основную функцию систем – удовлетворение заявок на ТО и ремонт. Посты в зонах могут быть универсальными и специализированными.

Производительность каждого поста характеризуется интенсивностью обслуживания на нем μ_i , обл./сутки, и средней продолжительностью обслуживания – t_i , суток.

Время обслуживания является величиной случайной и, как установлено, распределение его продолжительности подчиняется экспоненциальному закону. Вероятность обслуживания за время t :

$$F(t) = 1 - e^{-\mu \cdot t}. \quad (1.6)$$

Для расчета интенсивности и среднего времени обслуживания можно использовать существующую нормативную базу. В этом случае вводятся их обозначения со звездочкой $\mu_i^* = \mu^*i$ и $t_i = t_i^*$.

Для ТО и Д (суток):

$$t_i^* = \frac{t_{ni}}{Pn_i \cdot Ci \cdot Tc_i}, \quad (1.7)$$

где t_{ni} – скорректированная нормативная трудоемкость ТО.

Для Р (суток):

$$t_{p}^{*} = \frac{t'_{np} \cdot L_p \cdot K_{\partial} \cdot K_i}{C_p \cdot T_{cmP} \cdot P_{nP}}, \quad (1.8)$$

где t'_{np} – скорректированная удельная нормативная трудоемкость постовых работ P, чел.-ч/1000 км;

K_{∂} – коэффициент диагностирования (0,8-1);

K_i – коэффициент использования рабочего времени поста (1-1,5).

$$t'_{np} = \frac{t'_{nP} \cdot B_n}{100}, \quad (1.9)$$

где t'_{nP} – скорректированная удельная нормативная трудоемкость P;

B_n – доля постовых работ, %.

Интенсивность обслуживания и средняя продолжительность обслуживания связаны между собой следующей зависимостью:

$$\mu_i^* = \frac{1}{t_i^*}. \quad (1.10)$$

Выходящий поток заявок описывается как:

$$\sum_{i=1}^n \mu_i \cdot X_i, \quad (1.11)$$

где X_i – число постов в i -той подсистеме

Выходящий поток из одной подсистемы может являться входящим в другую. СМО классифицируется согласно схеме, представленной на рисунке 1.2.

В системах без потерь автомобиль, поступающий в нее, находится там до тех пор, пока не будет обслужен. Заявка для СМО не теряется, очередь может возрастать неограниченно (зоны ТО и Р в АТП).

В системах с потерями при занятости постов автомобиль немедленно покидает ее, т.е. является потерянным. Очередь в этом случае не образуется.

В системах с ограничением ожидания поступивший в нее автомобиль при занятости постов становится в очередь, но находится в ней ограниченное время; после чего, если не поступает на обслуживание, покидает систему. (Система оказания услуг на предприятиях автосервиса).

В одноканальных системах (подсистемах) все автомобили обслуживаются на одном посту, линии. В многоканальных – могут быть обслужены на любом свободном из нескольких одинаковых постов, линий.

В однофазовых СМО автомобиль обслуживается на одном посту за одну установку (универсальные посты).

В многофазовых – последовательно на нескольких разнотипных (специализированных) постах. Примером СМО с многофазовым обслуживанием является поточная линия ТО.

Различают еще системы с приоритетом и без него; замкнутые и открытые; с взаимопомощью и без взаимопомощи.



Рисунок 1.2 – Классификация СМО автомобилей

В СМО с приоритетом часть заявок удовлетворяется вне очереди (автомобили скорой медицинской помощи, пожарные автомобили и др.).

Замкнутыми называются системы, в которых входящий поток заявок зависит от количества обслуженных автомобилей.

В системах без взаимопомощи пропускная способность постов и линий постоянна и не зависит от простоя других постов и линий. В системах с взаимопомощью пропускная способность постов зависит от занятости других таких же постов.

В настоящее время хорошо разработан и доведен до практического применения математический аппарат для расчета систем обслуживания автомобилей как СМО без потерь и с ограничением ожидания, одно- или многоканальной; однофазовой; с обслуживанием на однотипных постах; с поступлением в нее относительно неограниченного числа заявок. Т.е. в данных методических указаниях рассматривается только расчет и оптимизация универсальных или отдельных однотипных специализированных постов, но не линий ТО.

Условие функционирования СМО

СМО минимально (без роста очереди) будет справляться с поступающим потоком заявок при следующем соотношении между входящим потоком заявок в систему и ее производительностью:

для системы:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i < \sum_{i=1}^n \mu_i \cdot X_i, \quad (1.12)$$

для подсистемы:

$$\lambda_i < \mu_i \cdot X_i. \quad (1.13)$$

Следовательно, условие начала эффективной работы системы может быть сформулировано так: поступающий поток заявок на ТО и Р должен быть меньше ее пропускной способности.

Проведем некоторые преобразования неравенства (13), а именно – разделим правую и левую части на μ_i :

$$\lambda_i / \mu_i < X_i, \quad (1.14)$$

$$\text{обозначим: } \lambda_i / \mu_i < \rho,$$

где ρ – приведенная плотность потока заявок (на пропускную способность одного поста).

Физически ρ – среднее число заявок, поступающее в систему за среднее время обслуживания t_i .

Итак, при $X_i > \rho$ система будет справляться с работой, а при $X_i < \rho$ – нет, очередь будет расти. Следовательно, минимальное необходимое технологическое число постов (X_T) должно быть чуть больше приведенной плотности потока заявок. Практически оно ограничивается условием:

$$0,2 \leq (X_T - \rho) \leq 1,0.$$

Среднее число постов ТО, Д и Р, рассчитываемое традиционными методами, и является минимально необходимым числом постов – X_T , но оно не является оптимальным.

В практических расчетах приведенную плотность потока заявок для зон ТО, Д, Р можно находить:

$$\rho = Nc_i / \mu_i^*. \quad (1.15)$$

Приближенно принимать:

$$\rho = X_T - 0,7, \quad (1.16)$$

где X_m – число постов, рассчитанное традиционным способом.

Таким образом мы видим, что на сегодняшний день применение аппарата СМО для расчета показателей функционирования предприятий автомобильного транспорта и оптимизационных расчетов нашло широкое применение.

3 Порядок выполнения работы

1 Получить у преподавателя индивидуальное задание на практическую работу.

2 Охарактеризовать СМО в соответствии с ранее рассмотренной классификацией (рисунок 1.2)

3 Определить по статистическим или нормативным показателям параметры СМО (плотность потока заявок, интенсивность обслуживания, приведенная плотность потока заявок).

4 Оформить отчет по работе.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛА ПОСТОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ АВТОСЕРВИСА

1 Цель работы

Приобретение студентами навыков, определение параметров загрузки, производительности и эффективности СМО, оптимизации числа постов с применением компьютерной техники.

2 Общие положения

Рыночные отношения и наличие конкуренции требуют изменения в подходе к определению потребности в ПТБ предприятий автосервиса. Поэтому современные методы определения мощности (числа постов) предприятия автосервиса предполагают оптимизацию принимаемых по экономическим критериям решений с применением компьютера. При этом для описания объекта проектирования используются вероятностные модели, а сама система обслуживания рассматривается как система массового обслуживания (СМО).

В данной работе рассматриваются только расчет и оптимизация универсальных или отдельных однотипных специализированных постов, но не поточных линий. Такие предприятия автосервиса или их участки классифицируются как СМО с ограничением очереди, однофазовая, многоканальная.

При составлении математической модели функционирования системы приняты допущения: поток заявок на обслуживание является неограниченным, простейшим и описывается законом Пуассона. Продолжительность ремонта описывается показательным законом распределения случайных величин.

Основные расчетные зависимости, используемые при оптимизации числа универсальных постов, приведены ниже и на схеме алгоритма (рисунок 2.1).

Параметры загрузки системы

Вероятность того, что все посты свободны:

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^{X-1} \frac{\rho^k}{K!} + \frac{\rho^X}{(X-1)!(X-\rho)} \right]^{-1}, \quad (2.1)$$

где K – количество требований на обслуживание, поступающих за время t (сутки), K принимает значения от 0 до $(X-1)$;

X – число постов.

Вероятность того, что все посты заняты:

$$P = P_0 \frac{\rho^X}{(X-1)!(X-\rho)}. \quad (2.2)$$

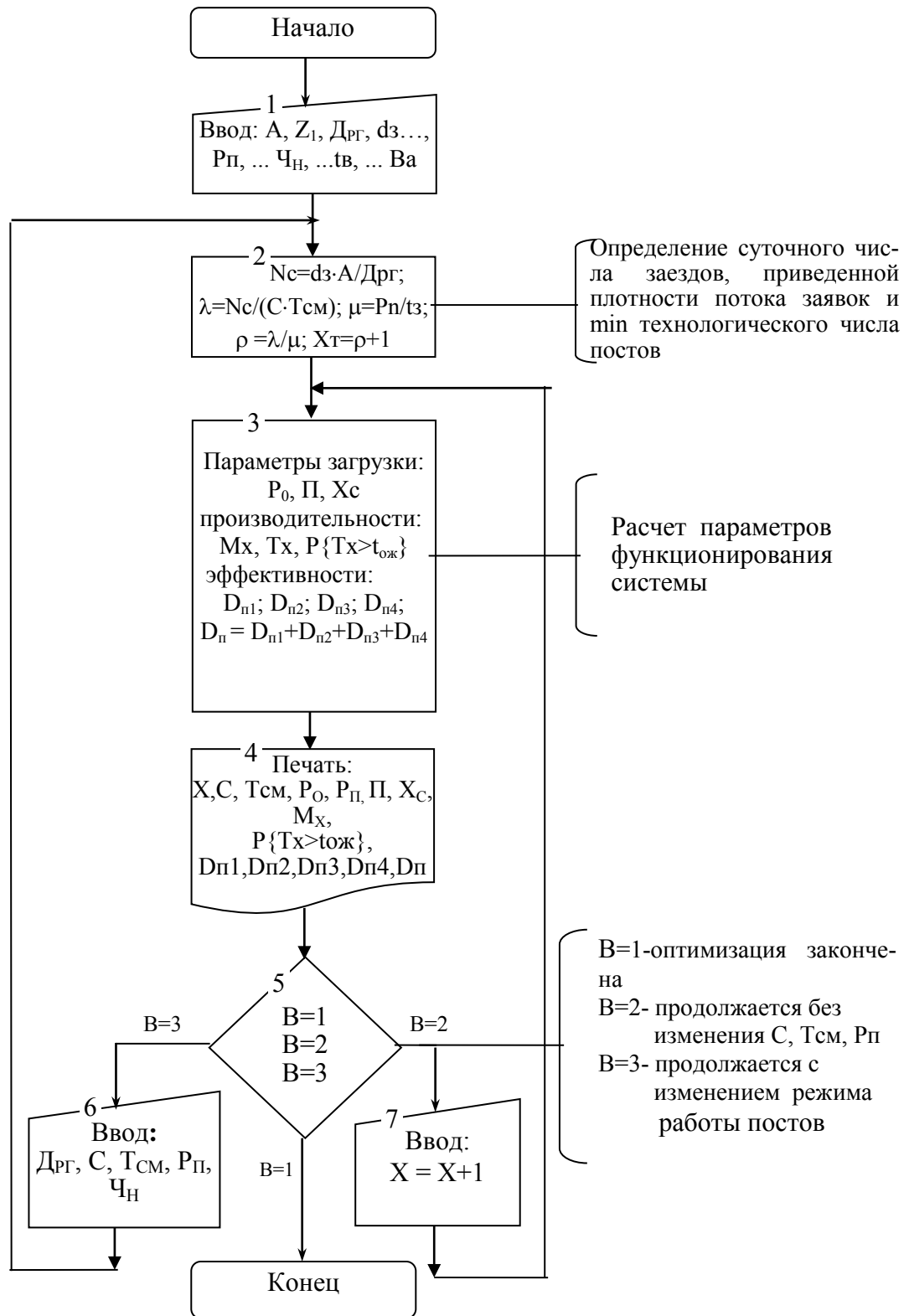


Рисунок 2.1 – Схема алгоритма оптимизации числа постов обслуживания

Вероятность того, что все посты заняты:

$$P = P_0 \frac{\rho^X}{(X-1)!(X-\rho)} \tag{2.2}$$

Среднее число свободных постов:

$$X_c = P_o \sum_{k=0}^{X-1} \frac{\rho^k}{K!} \cdot (X - k). \quad (2.3)$$

Параметры производительности системы.

Средняя длина очереди:

$$M_x = \frac{\Pi \cdot \rho}{X - \rho}. \quad (2.4)$$

Среднее время обслуживания:

$$T_x = \frac{\Pi}{\mu \cdot (X - \rho)}. \quad (2.5)$$

Вероятность того, что время ожидания в очереди будет больше заданного:

$$P\{T_x > t_{ожс}\} = \Pi \cdot e^{-\mu \cdot (X - \rho) \cdot t_{ожс}}. \quad (2.6)$$

Параметры эффективности работы системы:

$$\begin{aligned} D_{n1} &= M_x \cdot P\{T_x > t_{ожс}\} \cdot Z_1, \\ D_{n2} &= X_c \cdot Z_1, \\ D_{n3} &= X_3 \cdot (1 - F(t_g)) \cdot 0,03 \cdot Z_1, \\ D_{n4} &= X \cdot Z_2, \\ D_n &= D_{n1} + D_{n2} + D_{n3} + D_{n4}, \end{aligned} \quad (2.7)$$

где D_{n1} – потери дохода из-за того, что часть автомобилей покидает очередь, не дождавшись постановки на обслуживание, руб./дн./1 заезд;

D_{n2} – потери дохода от простоя постов, руб./дн./1 заезд;

D_{n3} – потери дохода от штрафных санкций (неустойка) из-за того, что обслуживание выполнено с превышением времени, указанного в договоре, руб./дн./1 заезд;

D_{n4} – затраты на содержание постов, руб./дн./1 заезд;

X_3 – среднее число занятых постов.

Условия выплаты неустойки и ее размер устанавливаются «Правилами оказания услуг...» [4]. Сумма взысканной потребителем неустойки за каждый день (час) просрочки договора составляет 3% от цены услуги (заказа), если ее величина не указана в договоре.

Затраты на содержание одного поста в день, руб./1 пост:

$$Z_2 = \frac{\sum C_a}{D_{pe}} + P_n \cdot K_d \cdot K_H \cdot C_p \cdot C \cdot T_{cm}, \quad (2.8)$$

где K_o, K_n – коэффициенты дополнительных выплат и за работу в ночное время.

Суммарные амортизационные отчисления, руб./1 авт.:

$$\sum C_{ам} = 0,026 \cdot H_3 + 0,103 \cdot H_o + 0,272 \cdot H_n. \quad (2.9)$$

За критерий оптимизации приняты суммарные потери дохода при функционировании системы (D_n).

Сущность оптимизации числа постов обслуживания заключается в подборе такого их числа, при котором минимизируются потери дохода предприятия; т.е. целевая функция оптимизации имеет вид:

$$D_n = M_x \cdot P\{T_x > t_{ож}\} \cdot Z_1 + X_c \cdot Z_1 + X_3 \cdot [1 - F(t_6)] \cdot 0,03 \cdot Z_1 + X \cdot Z_2 \rightarrow \min \quad (2.10)$$

В связи со сложностью и многовариантностью расчетов оптимизация числа постов выполняется только на компьютере.

3 Порядок выполнения работы

- 1 Выбрать исходные данные для расчета (приложение А).
- 2 Используя программу «ОПТИМ-S», в соответствии с алгоритмом (рисунк 2.1) определить оптимальное число постов.
- 3 Изменив (при необходимости) режим работы предприятия ($D_{РГ}$, C , $T_{СМ}$, P_n), можно выполнить оптимизацию числа постов для других условий его работы.
- 4 Оформить отчет по работе.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТОА

1 Цель работы

Приобретение студентами навыков, определение параметров функционирования СТОА

2 Общие положения

В данной работе студент, применяя метод статистического моделирования, должен, определить числовые характеристики функционирования станции технического обслуживания с параметрами, приведенными в задании на проектирование. Период моделирования (рабочий день, определенное количество часов, несколько рабочих дней и т.д.), студент должен согласовать с преподавателем. Непременным условием при выборе периода моделирования, является то, чтобы за этот период на станции было обслужено не менее 10 заявок.

В результате расчета студент должен определить:

- вероятность полного простоя станции;
- вероятность полной загрузки станции;

- вероятности занятости каждого канала станции;
- вероятность отказа станции;
- среднее число занятых каналов;
- среднюю длину очереди на обслуживание;
- среднее время ожидания в очереди;
- суммарное время пребывания заявки на станции.

При этом подразумевается, что поток заявок на станцию поступает с плотностью λ , указанной в задании, поток относится к классу простейших пуассоновских, а время обслуживания автомобилей распределено по показательному закону со средним значением M_f на один автомобиль.

Последовательность решения разберем на следующем примере.

Пример. На станцию технического обслуживания, имеющей в своем распоряжении два канала ($n=2$) и два места ожидания в очереди ($m=2$), поступает поток заявок с плотностью $\lambda=1,5$ автомобилей в час. Время обслуживания составляет в среднем $M_f=2,5$ часа на один автомобиль. Применяя метод статистического моделирования, требуется определить числовые характеристики функционирования станции за один 10-часовой рабочий день. При моделировании промежутка времени Δt_1 между двумя последовательно поступающими автомобилями воспользоваться следующей выборкой случайных чисел № 33 (таблица Б2 приложения Б). При моделировании времени, затрачиваемого на обслуживание поступающих машин Δt_2 , использовать данные из второй выборки случайных чисел № 45.

Решение.

Строим граф состояний рассматриваемой станции. На рисунке 3.1 кружками показаны все возможные состояния станции ($X_0...X_4$), K – число занятых каналов, S – число занятых мест ожидания обслуживания. Так, состояние X_0 – состояние полного простоя станции, когда все каналы свободны ($K=0$) и свободны все места ожидания ($S=0$). Состояние X_4 – состояние полной загрузки станции, когда оба канала обслуживания заняты ($K=2$) и нет свободных мест ожидания ($S=2$). Стрелки показывают интенсивность перехода станции из состояния в состояние.

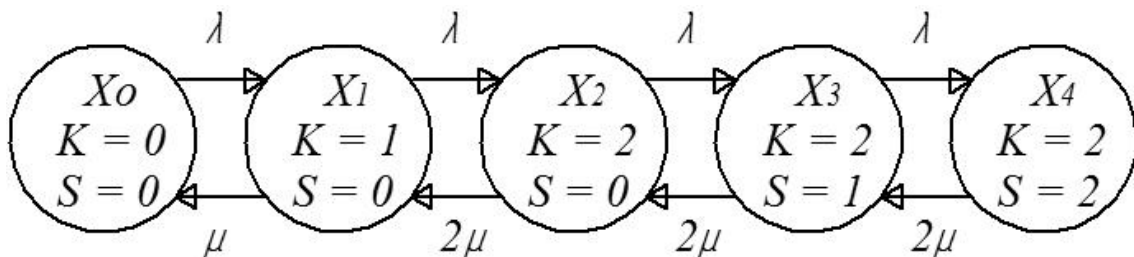


Рисунок 3.1 – Граф состояний СТОА, имеющей в своем распоряжении два канала обслуживания и два места ожидания в очереди

Моделируем моменты поступления на СТОА заявок, для чего подставляем значения первой выборки случайных чисел в формулу 3.1.

$$\Delta t_{1i} = \frac{-2,3}{\lambda} \lg y_i, \quad (3.1)$$

где y_i – i -е число первой выборки случайных чисел.

Так, для первого случайного число $y_1=0,381$ получаем:

$$\Delta t_{11} = \frac{-2,3}{2,5} \lg 0,381 = 0,64 \text{ час.}$$

Аналогично находим $\Delta t_{12} = 0,63$, $\Delta t_{13} = 0,60$ и т.д., данные расчета, заносим в таблицу Б2 приложения Б.

Зная промежутки времени между двумя пребывающими автомобилями, вычисляем моменты их прибытия на СТОА. Для первого автомобиля момент прибытия $t_1 = \Delta t_{11} = 0,64$ часа, для второй машины – $t_2 = \Delta t_{11} + \Delta t_{12} = 0,64 + 0,63 = 1,27$ часа. Аналогично ведется расчет для всех оставшихся автомобилей.

Полученные моменты прибытия автомобилей (заявок) откладываем на соответствующей оси графика (рисунок Б1 приложения Б).

Моделируем время, расходуемое на обслуживание каждой очередной заявки, предварительно определив по формуле интенсивность процесса обслуживания μ .

$$\mu = \frac{1}{M_i}. \quad (3.2)$$

$$\mu = \frac{1}{2,5} = 0,4 \text{ авт./час.}$$

Для моделирования используем формулу и случайные числа y_i из второй выборки:

$$\Delta t_{2i} = \frac{-2,3}{\mu} \lg y_i. \quad (3.3)$$

Для первого случайного числа $y_1=0,441$ получаем

$$\Delta t_{21} = \frac{-2,3}{0,4} \lg 0,441 = 2,05 \text{ часа.}$$

Аналогично находим $\Delta t_{22}=1,4$; $\Delta t_{23}=1,2$ и т.д.

Полученные значения заносим в таблицу Б2 приложения Б.

Учитывая моменты прибытия автомобилей и расходуемое на их обслуживание время, вычисляем моменты начала и конца обслуживания каждой заявки (таблица Б2 приложения Б).

Полученные значения откладываем на соответствующих осях графика. Оси графика, обозначенные через X, представляют собой временные характеристики нахождения станции в каждом из состояний, выраженных графом на рисунке Б.1.

На основании построенного графика вычисляем оценки вероятностей P_0, P_1, P_2, P_3 и P_4 каждого из состояний по формуле

$$P_i = \frac{T_i}{T_{\text{сум}}}, \quad (3.4)$$

где T_i – время пребывания станции в i -м состоянии;
 $T_{\text{сум}}$ – суммарное время работы станции за период моделирования (в рассматриваемом примере 10 часов).

И тогда :

$$P_0 = T_0/T_{\text{сум}} = (0,64)/10 = 0,064$$

(вероятность полного простоя станции);

$$P_1 = T_1/T_{\text{сум}} = (0,63)/10 = 0,063$$

(вероятность того, что занят только один канал);

$$P_2 = T_2/T_{\text{сум}} = (0,60+0,08)/10 = 0,068$$

(вероятность того, что заняты одновременно оба канала станции);

$$P_3 = T_3/T_{\text{сум}} = (0,04+0,20+0,11+0,27+0,01)/10 = 0,063$$

(вероятность того, что заняты оба рабочих канала и один пост ожидания);

$$P_4 = T_4/T_{\text{сум}} = (0,78+0,39+3,47+1,34+1,44)/10 = 0,742$$

(вероятность того, что заняты оба рабочих канала и оба поста ожидания, т.е. полной загрузки станции).

Проверяем правильность выполненных расчетов:

$$0,064+0,063+0,068+0,063+0,742 = 1,0 \text{ – расчет выполнен верно.}$$

Определяем вероятность отказа СТОА. Из общего числа прибывших на станцию автомобилей за 10-часовой рабочий день (23 автомобилей) 14 получили отказ. Следовательно вероятность отказа $P_{\text{отк}} = 14/23 = 0,61$.

Вычисляем среднее число занятых каналов по следующей формуле:

$$M_k = \sum_{k=1}^{k=n} K \cdot P_k + \sum_{s=1}^{s=m} P_{n+s}. \quad (3.5)$$

Для нашего примера

$$M = 1 \cdot P_1 + 2 \cdot P_2 + 2 \cdot (P_3 + P_4) = 1 \cdot 0,063 + 2 \cdot 0,068 + 2 \cdot (0,063 + 0,742) = 1,81 \text{ каналов.}$$

Вычисляем среднюю длину очереди по формуле:

$$M_s = + \sum_{s=1}^{s=m} S \cdot P_{n+s}. \quad (3.6)$$

Для рассматриваемого примера

$$M_s = 1 \cdot P_3 + 2 \cdot P_4 = 1 \cdot 0,063 + 2 \cdot 0,742 = 1,55 \text{ заявок.}$$

Расчитаем среднее время ожидания автомобилей в очереди на обслуживание по формуле:

$$t_{\text{ср.ож}} = \frac{\sum_{s=1}^{s=m} T_{n+s}}{N - N_{\text{отк}}}, \quad (3.7)$$

где N – общее количество заявок;

$N_{\text{отк}}$ – количество отказанных заявок .

Для рассматриваемого примера

$$t_{\text{ср.ожид.}} = (T_3 + T_4) / (23 - 14) = (0,63 + 7,42) / 9 = 0,89 \text{ часа}$$

Среднее время обслуживания по результатам моделирования.

$$t_{\text{ср.обсл}} = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta t_{2i}}{N - N_{\text{отк}}}. \quad (3.8)$$

Для данного примера $t_{\text{ср.обсл}} = (2,05 + 2,01 + \dots + 1,55) / 9 = 2,69$ часа.

Вычисляем суммарное время пребывания заявки на СТОА следующим образом:

$$t_{\text{сумм.}} = t_{\text{ср.ожид.}} + t_{\text{ср.обсл}}, \quad (3.9)$$

$$t_{\text{сумм.}} = 2,69 + 0,89 = 3,59 \text{ часа.}$$

Задача решена.

График, как было показано выше, строится в процессе расчета. Рекомендуется оформлять его на листе миллиметровой бумаги достаточного формата, чтобы все построения хорошо просматривались.

Для данной задачи график представлен на рисунке Б1 приложения Б.

3 Порядок выполнения работы

- 1 Получить у преподавателя номера выборок для моделирования функционирования СТОА (приложение Б).
- 2 Определить параметры функционирования СТОА.
- 3 Проанализировать результаты, рекомендуется изменить количество рабочих постов или мест ожидания и повторить расчет.
- 4 Оформить отчет по работе, с построением графика состояния СТОА.

Список литературы

- 1 Рыбин, Н. Н. Справочные материалы к курсовому и дипломному проектированию по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» [Текст] : учебное пособие / Н. Н. Рыбин. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 1997. – 102 с.
- 2 Рыбин, Н. Н. Предприятия автосервиса: Производственно-техническая база [Текст] : учеб. пособие / Н. Н. Рыбин. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2006. – 149 с.
- 3 Зарубкин, В. А. Оптимизация системы ТО и ремонта автомобилей в АТП [Текст] / В. А. Зарубкин. – М. : ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1976. – 126 с.
- 4 Правила: оказания услуг (выполнения работ) по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств [Текст]. Постановление Правительства РФ от 11.04.01 г. № 290. // Российская газета. – 2001. – 25 апреля.

Приложение А
(обязательное)

Таблица А1 – Перечни исходных данных для практической работы № 2

Наименование	Единицы измерения	Обозначение
1 Количество автомобилей в сфере обслуживания предприятия	авт.	A
2 Средняя стоимость услуг 1-го авт-заезда	руб./заезд	Z ₁
3 Средняя трудоёмкость услуг 1-го авт.-заезда	чел.-ч	t ₃
4 Количество заездов 1-го автомобиля в год на данную услугу	заездов	d ₃
5 Число дней работы в году	дн.	D _{рг}
6 Число смен работы предприятия	смен	C
7 Продолжительность смены	ч.	T _{см}
8 Среднее число рабочих на 1-ом посту	чел.	P _п
9 Число часов работы в ночное время	ч.	Ч _н
10 Удельная стоимость зданий	руб./1 раб. пост	H _з
11 Удельная стоимость оборудования	руб./1 раб. пост	H _о
12 Удельная стоимость приборов и дорогостоящего инструмента	руб./1 раб. пост	H _п
13 Часовая тарифная ставка рабочего	руб./ч	C _р
14 Установленный срок выполнения услуги	сут.	t _в
15 Длина автомобиля	м	L _А
16 Ширина автомобиля	м	B _А

Приложение Б
(обязательное)

Таблица Б1 – Случайные числа с равномерным распределением

1	0,001	0,892	0,738	0,543	0,900	0,600	0,445	0,807	0,327	0,559	0,170	0,860	0,386	0,018	0,981
2	0,544	0,910	0,927	0,203	0,884	0,337	0,918	0,577	0,219	0,455	0,715	0,182	0,074	0,907	0,229
3	0,258	0,308	0,876	0,137	0,598	0,567	0,846	0,220	0,660	0,577	0,851	0,243	0,050	0,306	0,114
4	0,657	0,551	0,521	0,493	0,898	0,326	0,790	0,619	0,587	0,479	0,429	0,156	0,376	0,609	0,460
5	0,077	0,754	0,533	0,079	0,357	0,581	0,809	0,696	0,005	0,626	0,245	0,050	0,827	0,901	0,022
6	0,450	0,832	0,063	0,608	0,667	0,689	0,674	0,109	0,501	0,137	0,595	0,218	0,567	0,758	0,290
7	0,408	0,327	0,014	0,338	0,545	0,889	0,965	0,912	0,558	0,618	0,557	0,526	0,330	0,089	0,909
8	0,821	0,466	0,398	0,478	0,671	0,099	0,386	0,535	0,395	0,379	0,784	0,839	0,352	0,813	0,826
9	0,929	0,702	0,100	0,358	0,923	0,618	0,634	0,970	0,252	0,722	0,313	0,180	0,216	0,032	0,823
10	0,217	0,782	0,199	0,045	0,410	0,522	0,322	0,754	0,740	0,097	0,108	0,244	0,563	0,202	0,674
11	0,064	0,055	0,370	0,759	0,490	0,391	0,539	0,638	0,920	0,212	0,801	0,514	0,824	0,385	0,223
12	0,664	0,415	0,611	0,162	0,137	0,705	0,901	0,965	0,261	0,084	0,444	0,474	0,767	0,095	0,919
13	0,235	0,786	0,553	0,761	0,813	0,517	0,664	0,421	0,130	0,848	0,306	0,160	0,227	0,692	0,120
14	0,390	0,354	0,349	0,579	0,107	0,795	0,642	0,671	0,444	0,339	0,142	0,382	0,873	0,798	0,231
15	0,603	0,089	0,479	0,315	0,642	0,106	0,020	0,937	0,987	0,597	0,492	0,102	0,472	0,015	0,176
16	0,571	0,514	0,510	0,915	0,419	0,567	0,193	0,462	0,630	0,451	0,768	0,709	0,022	0,721	0,056
17	0,228	0,266	0,719	0,465	0,004	0,297	0,475	0,908	0,785	0,885	0,107	0,227	0,956	0,662	0,884
18	0,635	0,324	0,368	0,599	0,216	0,743	0,611	0,413	0,018	0,970	0,921	0,832	0,757	0,670	0,368
19	0,955	0,679	0,959	0,545	0,678	0,596	0,414	0,174	0,977	0,643	0,935	0,137	0,954	0,774	0,382
20	0,198	0,788	0,533	0,380	0,210	0,249	0,136	0,206	0,072	0,935	0,384	0,163	0,241	0,884	0,454
21	0,347	0,050	0,722	0,083	0,213	0,645	0,995	0,188	0,842	0,794	0,854	0,442	0,326	0,371	0,737
22	0,857	0,163	0,783	0,209	0,881	0,084	0,127	0,619	0,052	0,204	0,352	0,727	0,750	0,911	0,223
23	0,958	0,055	0,398	0,346	0,437	0,268	0,246	0,051	0,465	0,101	0,955	0,410	0,594	0,092	0,845
24	0,174	0,948	0,253	0,220	0,899	0,955	0,504	0,205	0,057	0,146	0,905	0,167	0,408	0,170	0,231
25	0,118	0,408	0,687	0,915	0,012	0,940	0,300	0,887	0,344	0,154	0,167	0,355	0,948	0,684	0,466

Продолжение таблицы Б1

26	0,036	0,412	0,039	0,360	0,892	0,008	0,431	0,617	0,885	0,547	0,845	0,549	0,790	0,059	0,604
27	0,421	0,601	0,720	0,240	0,983	0,543	0,909	0,922	0,289	0,252	0,825	0,251	0,458	0,123	0,549
28	0,682	0,519	0,375	0,977	0,364	0,026	0,863	0,514	0,674	0,563	0,163	0,942	0,240	0,826	0,961
29	0,372	0,710	0,422	0,285	0,682	0,071	0,041	0,606	0,340	0,788	0,167	0,329	0,037	0,546	0,979
30	0,735	0,018	0,877	0,586	0,864	0,523	0,453	0,282	0,410	0,253	0,327	0,946	0,133	0,254	0,899
31	0,258	0,824	0,132	0,901	0,894	0,370	0,002	0,159	0,336	0,925	0,088	0,441	0,476	0,742	0,362
32	0,148	0,650	0,678	0,144	0,148	0,278	0,916	0,061	0,519	0,744	0,935	0,275	0,495	0,698	0,246
33	0,381	0,386	0,407	0,945	0,893	0,760	0,341	0,594	0,707	0,669	0,627	0,481	0,465	0,190	0,538
34	0,771	0,209	0,073	0,675	0,595	0,249	0,780	0,989	0,600	0,637	0,679	0,311	0,993	0,157	0,690
35	0,534	0,611	0,248	0,168	0,116	0,045	0,743	0,276	0,048	0,356	0,859	0,672	0,951	0,408	0,318
36	0,002	0,548	0,829	0,012	0,529	0,839	0,635	0,628	0,334	0,184	0,161	0,863	0,737	0,028	0,336
37	0,602	0,547	0,051	0,315	0,320	0,034	0,863	0,494	0,647	0,346	0,390	0,483	0,080	0,517	0,473
38	0,441	0,598	0,726	0,707	0,680	0,486	0,972	0,055	0,939	0,128	0,800	0,277	0,240	0,065	0,265
39	0,685	0,730	0,093	0,755	0,276	0,420	0,683	0,863	0,762	0,213	0,503	0,936	0,532	0,147	0,331
40	0,479	0,076	0,243	0,124	0,053	0,906	0,875	0,541	0,839	0,497	0,060	0,696	0,511	0,292	0,578
41	0,414	0,580	0,290	0,334	0,785	0,870	0,252	0,858	0,284	0,268	0,062	0,350	0,251	0,424	0,265
42	0,188	0,001	0,540	0,323	0,297	0,351	0,910	0,607	0,275	0,845	0,377	0,678	0,705	0,456	0,342
43	0,857	0,543	0,055	0,500	0,648	0,989	0,405	0,960	0,022	0,755	0,995	0,884	0,105	0,127	0,469
44	0,324	0,295	0,741	0,937	0,405	0,343	0,459	0,959	0,509	0,431	0,271	0,471	0,613	0,769	0,616
45	0,441	0,447	0,754	0,036	0,538	0,621	0,216	0,567	0,585	0,378	0,782	0,767	0,094	0,128	0,889
46	0,800	0,642	0,432	0,482	0,469	0,394	0,563	0,926	0,616	0,535	0,341	0,153	0,785	0,900	0,354
47	0,597	0,561	0,587	0,265	0,924	0,487	0,820	0,321	0,111	0,972	0,866	0,754	0,886	0,085	0,264
48	0,200	0,068	0,656	0,160	0,826	0,846	0,570	0,031	0,283	0,514	0,689	0,570	0,177	0,705	0,274
49	0,021	0,189	0,643	0,344	0,739	0,512	0,462	0,858	0,266	0,760	0,105	0,138	0,693	0,002	0,845
50	0,428	0,595	0,079	0,954	0,011	0,321	0,864	0,559	0,772	0,916	0,614	0,208	0,627	0,464	0,073

Приложение Б
(обязательное)

Таблица Б1 – Случайные числа с равномерным распределением

1	0,001	0,892	0,738	0,543	0,900	0,600	0,445	0,807	0,327	0,559	0,170	0,860	0,386	0,018	0,981
2	0,544	0,910	0,927	0,203	0,884	0,337	0,918	0,577	0,219	0,455	0,715	0,182	0,074	0,907	0,229
3	0,258	0,308	0,876	0,137	0,598	0,567	0,846	0,220	0,660	0,577	0,851	0,243	0,050	0,306	0,114
4	0,657	0,551	0,521	0,493	0,898	0,326	0,790	0,619	0,587	0,479	0,429	0,156	0,376	0,609	0,460
5	0,077	0,754	0,533	0,079	0,357	0,581	0,809	0,696	0,005	0,626	0,245	0,050	0,827	0,901	0,022
6	0,450	0,832	0,063	0,608	0,667	0,689	0,674	0,109	0,501	0,137	0,595	0,218	0,567	0,758	0,290
7	0,408	0,327	0,014	0,338	0,545	0,889	0,965	0,912	0,558	0,618	0,557	0,526	0,330	0,089	0,909
8	0,821	0,466	0,398	0,478	0,671	0,099	0,386	0,535	0,395	0,379	0,784	0,839	0,352	0,813	0,826
9	0,929	0,702	0,100	0,358	0,923	0,618	0,634	0,970	0,252	0,722	0,313	0,180	0,216	0,032	0,823
10	0,217	0,782	0,199	0,045	0,410	0,522	0,322	0,754	0,740	0,097	0,108	0,244	0,563	0,202	0,674
11	0,064	0,055	0,370	0,759	0,490	0,391	0,539	0,638	0,920	0,212	0,801	0,514	0,824	0,385	0,223
12	0,664	0,415	0,611	0,162	0,137	0,705	0,901	0,965	0,261	0,084	0,444	0,474	0,767	0,095	0,919
13	0,235	0,786	0,553	0,761	0,813	0,517	0,664	0,421	0,130	0,848	0,306	0,160	0,227	0,692	0,120
14	0,390	0,354	0,349	0,579	0,107	0,795	0,642	0,671	0,444	0,339	0,142	0,382	0,873	0,798	0,231
15	0,603	0,089	0,479	0,315	0,642	0,106	0,020	0,937	0,987	0,597	0,492	0,102	0,472	0,015	0,176
16	0,571	0,514	0,510	0,915	0,419	0,567	0,193	0,462	0,630	0,451	0,768	0,709	0,022	0,721	0,056
17	0,228	0,266	0,719	0,465	0,004	0,297	0,475	0,908	0,785	0,885	0,107	0,227	0,956	0,662	0,884
18	0,635	0,324	0,368	0,599	0,216	0,743	0,611	0,413	0,018	0,970	0,921	0,832	0,757	0,670	0,368
19	0,955	0,679	0,959	0,545	0,678	0,596	0,414	0,174	0,977	0,643	0,935	0,137	0,954	0,774	0,382
20	0,198	0,788	0,533	0,380	0,210	0,249	0,136	0,206	0,072	0,935	0,384	0,163	0,241	0,884	0,454
21	0,347	0,050	0,722	0,083	0,213	0,645	0,995	0,188	0,842	0,794	0,854	0,442	0,326	0,371	0,737
22	0,857	0,163	0,783	0,209	0,881	0,084	0,127	0,619	0,052	0,204	0,352	0,727	0,750	0,911	0,223
23	0,958	0,055	0,398	0,346	0,437	0,268	0,246	0,051	0,465	0,101	0,955	0,410	0,594	0,092	0,845
24	0,174	0,948	0,253	0,220	0,899	0,955	0,504	0,205	0,057	0,146	0,905	0,167	0,408	0,170	0,231
25	0,118	0,408	0,687	0,915	0,012	0,940	0,300	0,887	0,344	0,154	0,167	0,355	0,948	0,684	0,466

Продолжение таблицы Б1

26	0,036	0,412	0,039	0,360	0,892	0,008	0,431	0,617	0,885	0,547	0,845	0,549	0,790	0,059	0,604
27	0,421	0,601	0,720	0,240	0,983	0,543	0,909	0,922	0,289	0,252	0,825	0,251	0,458	0,123	0,549
28	0,682	0,519	0,375	0,977	0,364	0,026	0,863	0,514	0,674	0,563	0,163	0,942	0,240	0,826	0,961
29	0,372	0,710	0,422	0,285	0,682	0,071	0,041	0,606	0,340	0,788	0,167	0,329	0,037	0,546	0,979
30	0,735	0,018	0,877	0,586	0,864	0,523	0,453	0,282	0,410	0,253	0,327	0,946	0,133	0,254	0,899
31	0,258	0,824	0,132	0,901	0,894	0,370	0,002	0,159	0,336	0,925	0,088	0,441	0,476	0,742	0,362
32	0,148	0,650	0,678	0,144	0,148	0,278	0,916	0,061	0,519	0,744	0,935	0,275	0,495	0,698	0,246
33	0,381	0,386	0,407	0,945	0,893	0,760	0,341	0,594	0,707	0,669	0,627	0,481	0,465	0,190	0,538
34	0,771	0,209	0,073	0,675	0,595	0,249	0,780	0,989	0,600	0,637	0,679	0,311	0,993	0,157	0,690
35	0,534	0,611	0,248	0,168	0,116	0,045	0,743	0,276	0,048	0,356	0,859	0,672	0,951	0,408	0,318
36	0,002	0,548	0,829	0,012	0,529	0,839	0,635	0,628	0,334	0,184	0,161	0,863	0,737	0,028	0,336
37	0,602	0,547	0,051	0,315	0,320	0,034	0,863	0,494	0,647	0,346	0,390	0,483	0,080	0,517	0,473
38	0,441	0,598	0,726	0,707	0,680	0,486	0,972	0,055	0,939	0,128	0,800	0,277	0,240	0,065	0,265
39	0,685	0,730	0,093	0,755	0,276	0,420	0,683	0,863	0,762	0,213	0,503	0,936	0,532	0,147	0,331
40	0,479	0,076	0,243	0,124	0,053	0,906	0,875	0,541	0,839	0,497	0,060	0,696	0,511	0,292	0,578
41	0,414	0,580	0,290	0,334	0,785	0,870	0,252	0,858	0,284	0,268	0,062	0,350	0,251	0,424	0,265
42	0,188	0,001	0,540	0,323	0,297	0,351	0,910	0,607	0,275	0,845	0,377	0,678	0,705	0,456	0,342
43	0,857	0,543	0,055	0,500	0,648	0,989	0,405	0,960	0,022	0,755	0,995	0,884	0,105	0,127	0,469
44	0,324	0,295	0,741	0,937	0,405	0,343	0,459	0,959	0,509	0,431	0,271	0,471	0,613	0,769	0,616
45	0,441	0,447	0,754	0,036	0,538	0,621	0,216	0,567	0,585	0,378	0,782	0,767	0,094	0,128	0,889
46	0,800	0,642	0,432	0,482	0,469	0,394	0,563	0,926	0,616	0,535	0,341	0,153	0,785	0,900	0,354
47	0,597	0,561	0,587	0,265	0,924	0,487	0,820	0,321	0,111	0,972	0,866	0,754	0,886	0,085	0,264
48	0,200	0,068	0,656	0,160	0,826	0,846	0,570	0,031	0,283	0,514	0,689	0,570	0,177	0,705	0,274
49	0,021	0,189	0,643	0,344	0,739	0,512	0,462	0,858	0,266	0,760	0,105	0,138	0,693	0,002	0,845
50	0,428	0,595	0,079	0,954	0,011	0,321	0,864	0,559	0,772	0,916	0,614	0,208	0,627	0,464	0,073

Таблица Б2 – Расчет моментов начала и конца обслуживания автомобилей

Номер машины	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№ 33	0,381	0,386	0,407	0,945	0,893	0,760	0,341	0,594	0,707	0,669	0,627	0,481
№ 45	0,441	0,447	0,754	0,036	0,538	0,621	0,216	0,567	0,585	0,378	0,782	0,767
Dt1i	0,64	0,63	0,60	0,04	0,08	0,18	0,72	0,35	0,23	0,27	0,31	0,49
Dt2i	2,05	2,01	0,70	8,29	1,55	1,19	3,82	1,42	1,34	2,43	0,61	0,66
Поступление	0,64	1,27	1,87	1,91	1,99	2,17	2,89	3,24	3,47	3,74	4,05	4,54
Начало	0,64	1,27	2,69	3,28	Отказ	Отказ	3,39	Отказ	7,21	8,55	Отказ	Отказ
Конец	2,69	3,28	3,39	11,57			7,21		8,55	10,98		

Продолжение таблицы Б2

Номер машины	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
№ 33	0,465	0,190	0,538	0,38	0,39	0,41	0,94	0,89	0,76	0,34	0,59	0,71
№ 45	0,094	0,128	0,889	0,44	0,45	0,75	0,04	0,54	0,62	0,22	0,57	0,59
Dt1i	0,51	1,11	0,41	0,64	0,63	0,60	0,04	0,08	0,18	0,72	0,35	0,23
Dt2i	5,91	5,13	0,30	2,05	2,01	0,70	8,29	1,55	1,19	3,82	1,42	1,34
Поступление	5,05	6,16	6,57	7,21	7,84	8,44	8,48	8,56	8,74	9,46	9,81	10,04
Начало	Отказ	Отказ	Отказ	10,98	Отказ	Отказ	Отказ	11,57	Отказ	Отказ	Отказ	Отказ
Конец				13,03				13,12				

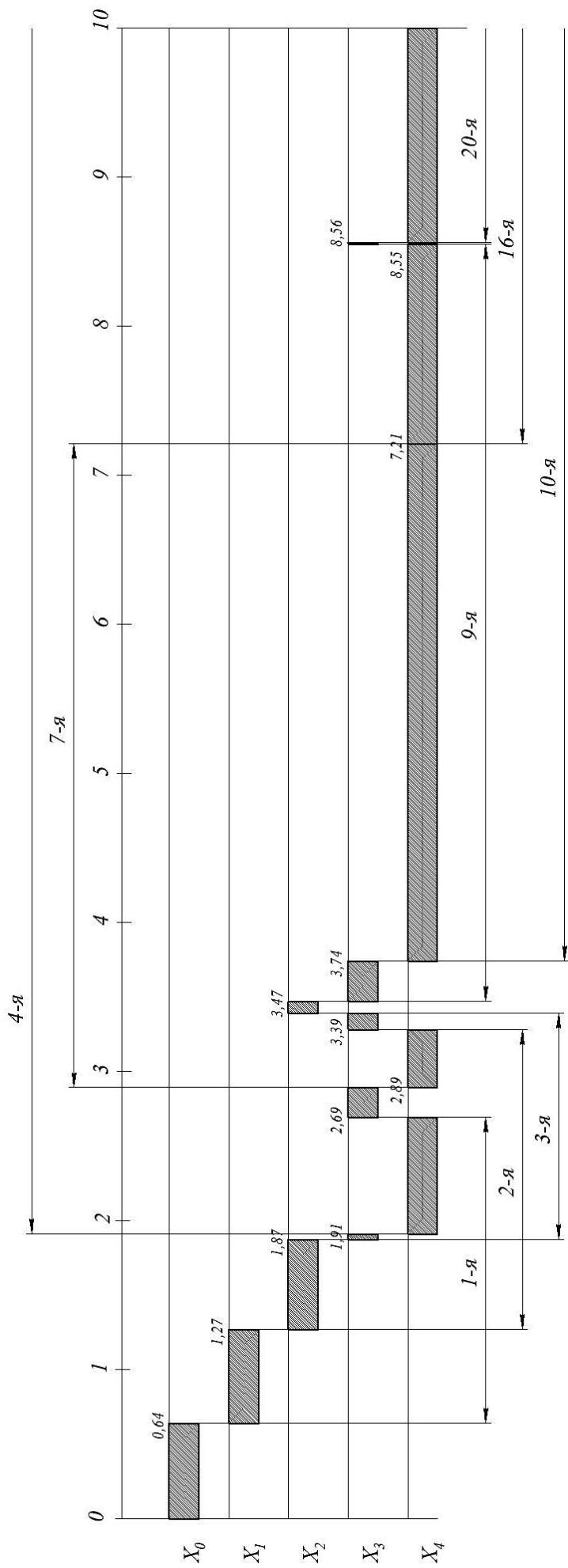


Рисунок Б1 – График расчета времени состояний СТОА

Шабуров Виктор Николаевич

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ
АВТОМОБИЛЬНОГО СЕРВИСА**

Методические указания
к выполнению практических работ
для студентов направления 190600.62

Редактор Е.А. Могутова

Подписано в печать 08.12.14	Формат 60x84 1/16	Бумага 65 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ.л. 1,5	Уч-изд. л. 1,5
Заказ 310	Тираж 50	Не для продажи

РИЦ Курганского государственного университета.
640000, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.