

Содержание

1 Построение концептуальной модели.....	5
1.1 Постановка задачи моделирования.....	5
1.2 Анализ задачи моделирования.....	5
1.3 Исходная информация, характеризующая поведение системы.....	8
1.4 Определение параметров и переменных моделей.....	9
1.5 Установление основного содержания модели.....	12
1.6 Обоснование критериев моделирования и проверка достоверности концептуальной модели.....	14
2 Алгоритмизация модели и системы.....	14
2.1 Построение логической схемы работы производственного подразделения.....	14
2.2 Получение математических соотношений для описания функционирования системы.....	15
2.3 Выбор вычислительных средств для моделирования.....	16
3 Регрессионный анализ работы системы.....	17
3.1 Результаты вычислительного эксперимента.....	17
3.2 Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии.....	19
3.3 Оценка адекватности математической модели.....	23
4 Оптимизации производственного процесса зоны.....	27
Заключение.....	33
Список литературы.....	34
Приложения А.....	35

					ГОАС - ТР - Honda-Civic - 256/22-ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Цедрик			Оптимизация работы зоны ТР дорожной ОАС на дороге 1 категории	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Коваленко				3	35	
Н. Контр.					Белорусско-Российский университет гр. АВТ-201			
Утверд.								

Введение

Моделирование представляет собой процесс замещения объекта исследования некоторой его моделью и проведение исследований на модели с целью получения необходимой информации об объекте. Модель – это физический или абстрактный образ моделируемого объекта, удобный для проведения исследований и позволяющий адекватно отображать интересующие исследователя физические свойства и характеристики объекта. Удобство проведения исследований может определяться различными факторами: лёгкостью и доступностью получения информации, сокращением сроков и уменьшением материальных затрат на исследование.

Методы моделирования в той или иной степени используются во всех сферах человеческой деятельности. Это относится, в том числе и к сфере управления различными системами, основными являются процессы принятия решений на основе полученной информации. Процесс моделирования предполагает наличие объекта моделирования, модели исследования. Моделирование обеспечивает снижение времени на оценку предполагаемых решений, составление альтернативных вариантов. Перспективность имитационного моделирования возрастает с повышением быстродействия и оперативной памяти ЭВМ, с развитием математического обеспечения, с совершенствованием банков данных и устройств для систем моделирования.

					ГОАС - ТР - Honda-Civic - 256/22-ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Построение концептуальной модели

1.1 Постановка задачи моделирования

Основной общей задачей моделирования является оптимизация работы зоны ТР дорожной ОАС на дороге 1 категории. Такую оптимизацию можно осуществить различными путями:

- путем повышения пропускной способности участка, характеризуемой средним временем обслуживания, средним временем ожидания в очереди и другими показателями;
- путем оптимизации затрат на обслуживание, которые определяются такими факторами, как оснащение оборудованием, экономичность используемого оборудования и другими.

Для реализации задачи моделирования целесообразнее всего использовать систему массового обслуживания (СМО). С ее помощью мы сможем установить зависимость между входным потоком заявок, производительностью системы и успешностью ее функционирования.

Так как при моделировании будем использовать СМО, то при решении задачи необходимо:

- сформировать поток входных данных;
- провести с помощью ЭВМ эксперимент при различных входных данных, характеристиках системы;
- получив результаты эксперимента (выходные данные), провести регрессионный анализ, т. е. получить аналитическую зависимость;
- оценить адекватность полученной модели;
- произвести экономический расчет при различном числе рабочих постов и выбрать оптимальное число постов.

1.2 Анализ задачи моделирования

Факторы, влияющие на работу системы, можно условно разделить на 2 категории: внутренние и внешние. К внешним факторам относятся: модель обслуживаемых автомобилей, среднегодовой пробег автомобилей, число заездов на ОАС в год, средняя трудоемкость ТР.

Внутренние факторы, характеризующие работу системы, следующие:

- 1) Количество рабочих постов в данной зоне. Число рабочих постов должно быть таким, чтобы не было простоев постов и в то же время было минимизировано время ожидания обслуживания (простой автомобилей в очереди);
- 2) Оснащенность постов технологическим оборудованием;
- 3) Количество рабочих на посту. Чем больше количество рабочих, тем выше пропускная способность поста;

					ГОАС - ТР - Honda-Civic - 256/22-ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4) Уровень механизации;

5) Дни работы в году. Принимаем 305 рабочих дней в году.

Как уже было упомянуто, для проведения моделирования будем использовать СМО, т. к. она наиболее точно может описать поведение системы. Основными характеристиками СМО являются: абсолютная пропускная способность, относительная пропускная способность, вероятность обслуживания заявки, среднее время ожидания в очереди и др.

В таблице 1.1 представим характеристику факторов, влияющих на работу зоны ТР.

Таблица 1.1 – Факторы, влияющих на работу зоны ТР

Наименование критерия эффективности	Единица измерения	Сим-вол	Описание фактора	Диапазон изменения
Внешние				
1. Модель обслуживаемых автомобилей	Легковые автомобили	-	Модель автомобиля характеризуется комплексом показателей качества	-
2. Среднегодовой пробег автомобилей	км	$L_{г}$	Характеризует интенсивность эксплуатации; степень использования автомобиля	$8000 \leq L_{г} \leq 14000$
3. Число заездов на ОАС в год	раз	d	Характеризует интенсивность эксплуатации	$2 \leq d \leq 4$
4. Категория дороги	Тр. ед.	1	Характеризуется интенсивностью движения	1...5
5. Средняя трудоемкость ТР	чел.-час	$t_{тр}$	Характеризует надежность и ремонтпригодность автомобиля	$0,1 \leq t_{тр} \leq 3,0$
Внутренние				
1. Количество рабочих постов	Ед.	$X_{п}$	Характеризует пропускную способность зоны ТР	$1 \leq X_{п} \leq 17$
2. Количество смен	Ед.	C	Характеризует сколько смен может работать при равномерной нагрузке	$1 = C \leq 2$
3. Количество рабочих на посту	чел.	$P_{п}$	Характеризует производительность поста	$1 \leq P_{п} \leq 3$
4. Дни работы в году зоны	дней	Дрг	Характеризует интенсивность использования календарного времени	305
5. Время смены	час.	$T_{см}$	Характеризует степень использования поста	8

В таблице 1.2 представим основные критерии эффективности, влияющих на работу зоны ТР.

Таблица 1.2 – Основные критерии эффективности работы зоны ТР

Наименование критерия эффективности	Единица измерения	Символ	Описания критерия	Расчетная формула
1	2	3	4	5
1. Абсолютная пропускная способность	авто/час	A	Характеризует работу зоны, скорость выполнения работ	$A = \lambda \cdot q$
2. Относительная пропускная способность	%	q	Характеризует загруженность постов	$Q = A_{обс} / A_{пост}$
3. Среднее время ожидания в очереди	ч	Тож	Характеризует продолжительность нахождения автомобиля в зоне ожидания	$Тож = \sum тож_i / n$
4. Капитальные вложения	у.е.	Кв	Характеризует количество денежных знаков затраченных для эффективной работы зоны ТР	-
5. Затраты на содержание зоны	у.е.	Ссод	Характеризуют затраты на содержание зоны ТР	-
5. Вероятность отказа в обслуживании	-	Ротк	Характеризует численную меру возможности наступления события	$Ротк = 1 - q$
6. Затраты на выполнение одного технического воздействия	у.е.	С Σ	Характеризует сумму затрат для эффективности работы зоны ТР	$С_{\Sigma} = С_{сод} + Кв$

В качестве независимых факторов принимаем количество рабочих дней в году ОАС (305 рабочих дней), время работы зоны (8 часов), количество смен работы зоны (2).

При первом моделировании в качестве основных критериев выбираем:
- среднее число занятых каналов;

- среднее число заявок в системе;

В качестве зависимых факторов при первом моделировании принимаем количество рабочих на посту ТР.

При втором моделировании в качестве основных критериев выбираем:

- число обслуженных заявок;

- среднее время ожидания в очереди.

В качестве зависимых факторов при втором моделировании принимаем количество постов.

1.3 Исходная информация, характеризующая поведение системы

Определим общее суточное поступление автомобилей.

$$N_c = \frac{I_\partial \cdot P}{100}, \quad (1.1)$$

где I_∂ - интенсивность движения на автодороге в зависимости от ее категории;

P - частота заездов в процентах;

По исходным данным суточная интенсивность движения:

$$I_\partial = 13500 \text{ авт./сут.},$$

Для легковых автомобилей принимаем $P=4\%$;

$$N_c = 13500 \cdot 4 / 100 = 540 \text{ авт./сут.},$$

Число универсальных постов зоны ТР дорожной ОАС определяется по формуле:

$$X = \frac{\tau_n}{R_n}, \quad (1.2)$$

где τ_n - такт поста;

R_n - ритм поста.

$$\tau_n = \frac{\tau_{ТР}}{P_n} + t_{nz}, \quad (1.3)$$

					ГОАС - ТР - Honda-Civic - 256/22-ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где τ_{TP} - трудоемкость одного ТР, $\tau_{TP}=2$ чел.-ч.;

P_n - число рабочих одновременно работающих на посту, $P_n = 2$ чел.;

t_n - время на перемещение автомобиля, $t_n=0,05$ ч.

$$R_n = \frac{T_{см} \cdot C}{N_{TP}}, \quad (1.4)$$

где $T_{см}$ - время работы смены, $T_{см}=8$ ч;

N_{TP} - суточная программа работ;

C - число смен зоны ТР, $C=2$ смены.

$$N_{TP} = \frac{N_c \cdot k_{TP}}{100}, \% \quad (1.5)$$

Тогда:

$$\tau_n = \frac{2}{2} + 0,05 = 1,05 \text{ ч},$$

$$N_{TP} = \frac{540 \cdot 10}{100} = 54,$$

$$R_n = \frac{8 \cdot 2}{54} = 0,296,$$

$$X = \frac{1,05}{0,296} = 3,54.$$

Принимаем $X_D = 4$ поста.

					ГОАС - ТР - Honda-Civic - 256/22-ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.4 Определение параметров и переменных моделей

В таблице 1.3 представим характеристику параметров и переменных модели зоны ТР.

Таблица 1.3 – Характеристика параметров и переменных модели зоны ТР

Наименование параметров зоны ТР	Определение и краткая характеристика	Символ обозначения	Единица измерения	Диапазон изменения
Параметр модели зоны ТР				
1.1 Число постов зоны	Характеризует производственную мощность зоны ТР	X_{II}	ед.	0-1
1.2 Число рабочих на посту	Характеризует интенсивность работ на посту	P_{II}	чел.	1...3
1.3 Время работы зоны	Характеризует длительность работы зоны в течение календарных суток	T_3	час.	8
1.4 Дни работы в году	Характеризует продолжительность работы зоны ТР в течение календарного года	D_{PT}	дни	305
Входные переменные модели зоны ТР				
2.1 Интенсивность поступления автомобилей	Характеризуется как среднее количество автомобилей, поступающих в зону ТР в единицу времени	λ	авт/ч	0- N_c
Выходные переменные зоны ТР				
3.1 Интенсивность обслуживания	Характеризует производительность работ на посту	μ	1/час	0-60

Наиболее характерными параметрами систем, работающих как многоканальные системы массового обслуживания, является интенсивность поступления λ и интенсивность обслуживания μ .

Интенсивность поступления:

$$\lambda = \frac{N_{TP}}{T_{cm} \cdot C}, (1.6)$$

$$\lambda = \frac{54}{8 \cdot 2} = 3,375 \frac{авт}{ч},$$

$$\lambda_{-1} = \frac{54-2}{8 \cdot 2} = 3,25 \frac{авт}{ч},$$

$$\lambda_{+1} = \frac{54+2}{8 \cdot 2} = 3,5 \frac{авт}{ч}.$$

Интенсивность обслуживания – среднее число обслуженных автомобилей в единицу времени.

$$\mu = \frac{1}{\tau_n}, (1.7)$$

$$\mu = \frac{1}{1,05} = 0,953 \frac{авт}{ч}.$$

Потоки обслуживания и поступления носят вероятностный характер, как правило, описываемый нормальным законом распределения с коэффициентом вариации $v = 0,1 \dots 0,33$. Принимаем: $v_\lambda = 0,2$, $v_\mu = 0,2$.

Для них рассчитаем среднеквадратическое отклонение:

$$\sigma_\lambda = \lambda \cdot v_\lambda, (1.8)$$

$$\sigma_\mu = \mu \cdot v_\mu, (1.9)$$

$$\sigma_\lambda = 3,375 \cdot 0,2 = 0,675 \frac{авт}{ч},$$

$$\sigma_\mu = 0,953 \cdot 0,2 = 0,1906 \frac{авт}{ч}.$$

Далее строится матрица спектра плана. Для получения λ_{-1} и λ_{+1} изменим суточную программу соответственно $N_c \pm 2$.

Для получения значений μ_{-1} и μ_{+1} изменим число рабочих, одновременно работающих на посту (соответственно 1 и 3 человека).

					ГОАС - ТР - Honda-Civic - 256/22-ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.5 Установления основного содержания модели

Зона ТР относится к системе массового обслуживания. Работа системы массового обслуживания заключается в следующем. В данную систему в случайный момент времени поступают заявки на обслуживание, они оформляются в контрольно-техническом пункте (КТП).

Далее автомобиль поступает в зону ТР, где проводятся следующие работы:

- контрольные работы: контроль технического состояния деталей, аппаратов, узлов и агрегатов, обеспечивающих работоспособность подвижного состава, безопасность дорожного движения, электро- и пожаробезопасность, контроль подвижного состава в целом;
- уборочно-моечные работы;
- смазочные, очистительные и заправочные работы.

После прохождения зоны ЕО автомобиль поступает в зону Д, где проводится диагностирование либо отдельных узлов и агрегатов, либо технического состояния автомобиля в целом, после чего автомобиль направляется в зону ТО-1 либо в зону ожидания если пост ТО-1 занят, после освобождения поста ТО-1 на него поступает автомобиль. Далее автомобиль передается в зону хранения, откуда передается заказчику через КТП.

Схема движения автомобиля в зоне ТР представлена на рисунке 1.1.

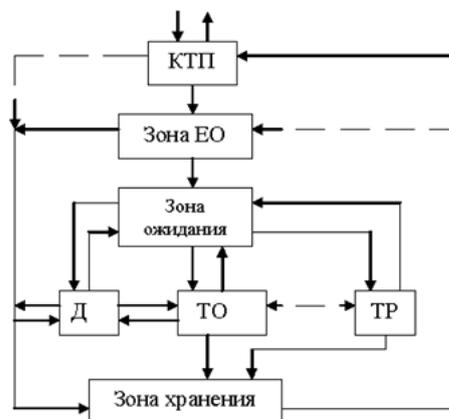


Рисунок 1.1 – Схема движения автомобиля в зоне ТР

1.6 Обоснование критериев моделирования и проверка достоверности концептуальной модели

Зону ТР ОАС относим к системе массового обслуживания. Работа системы массового обслуживания заключается в следующем. В данную систему в случайный момент времени поступают заявки на обслуживание, которое осуществляется на соответствующих постах, после чего заявки

покидают систему. Работа системы массового обслуживания характеризуется: пропускной способностью, то есть числом поступивших и обслуженных заявок средним числом заявок в очереди, средним временем ожидания в очереди, средним временем пребывания в системе.

В качестве критериев моделирования принимаем абсолютную пропускную способность, среднее время ожидания в очереди, относительная пропускная способность.

Среднее время нахождения в системе – критерий, характеризуемый средним временем пребывания автомобиля в системе за определённый промежуток времени.

Среднее время ожидания в очереди – критерий, характеризуемый средним временем пребывания автомобилей в очереди за определённый промежуток времени.

Абсолютная пропускная способность характеризуется средним числом заявок, которую может обслужить система массового обслуживания в единицу времени.

Относительная пропускная способность – отношение числа обслуженных заявок к количеству заявок поступивших в систему.

Вероятность обслуживания характеризуется законом распределения, который характеризуется коэффициентом вариации.

Также систему массового обслуживания характеризуют: среднее число заявок в очереди, среднее число заявок в системе, среднее время ожидания в очереди, среднее время пребывания в системе. Эти критерии характеризуют эффективность работы системы.

Критерии моделирования: число постов, число рабочих на посту, время работы зоны ТР, суточное поступление автомобилей, трудоемкость одного воздействия, дни работы в году, интенсивность поступления автомобилей в зону ТР, интенсивность обслуживания.

Критерии моделирования должны иметь экономические и технико-экономические показатели. Критерии отвечающие экономическим и технико-экономическим показателям приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Значимые критерии моделирования

Критерии моделирования	Обозначение	Единицы измерения
Абсолютная пропускная способность	A	авт./час
Относительная пропускная способность,	q	авт./час
Вероятность обслуживания	$P_{обсл}$	-
Число обслуживаемых автомобилей,	$N_{обс}$	авт.
Среднее время пребывания в системе	t_{cp}	ч

С помощью этих критериев решаются задачи оптимизации работы зоны ТР, позволяют смоделировать зону и получить показатели ее работы. Эти критерии характеризуют эффективность работы системы.

2 Алгоритмизация модели системы

2.1 Построение логической схемы работы зоны ТР

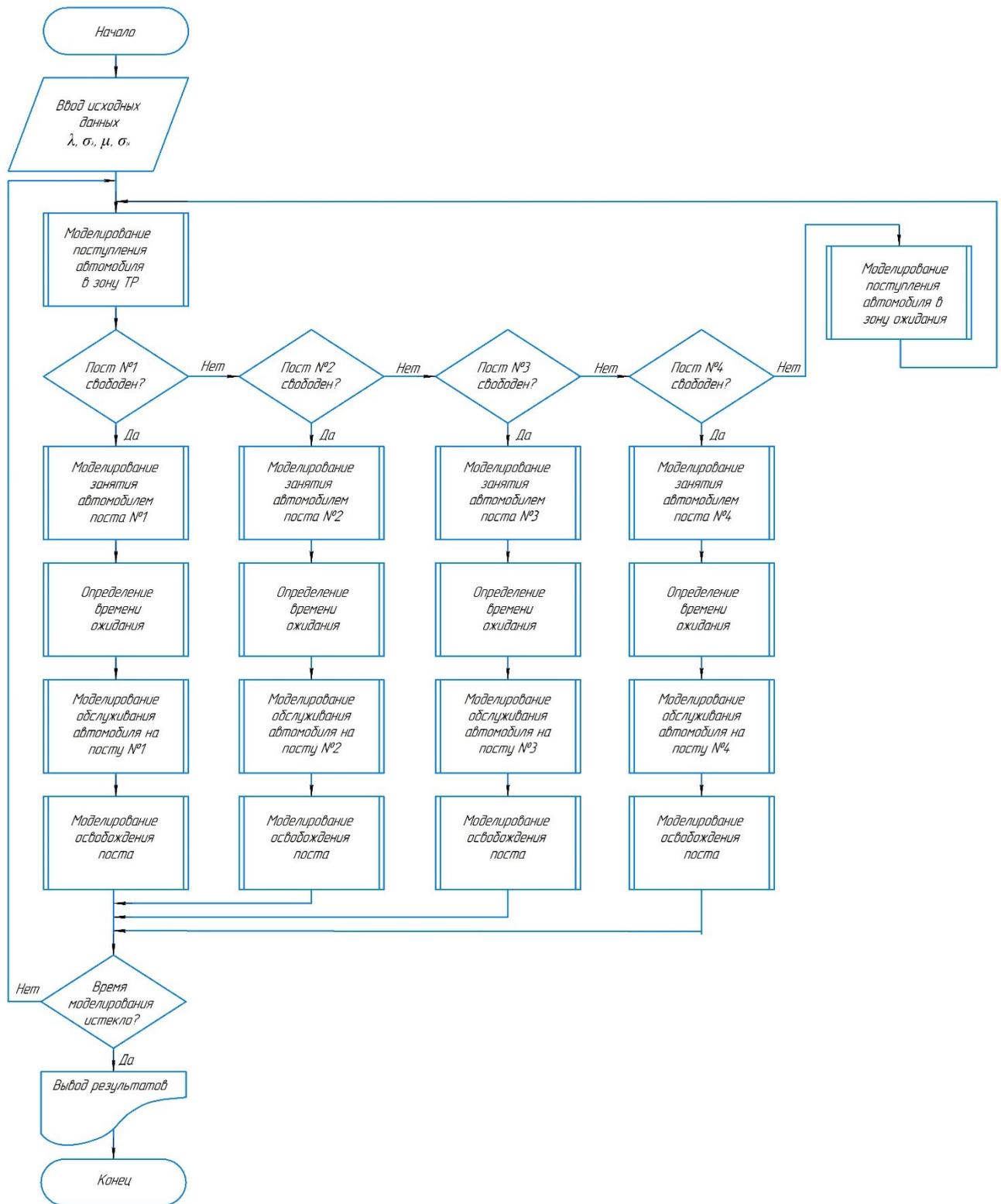


Рисунок 2.1 – Схема алгоритма моделирования работы зоны ТР

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2.2 Получение математических соотношений для описания функционирования системы

Из анализа уравнения Эрланга для систем массового обслуживания с ожиданием при установившемся режиме работы, вероятности нахождения системы в состоянии:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_k = \frac{\frac{a^k}{k!}}{\sum_{k=0}^n \frac{a^k}{k!} + \frac{a^n}{n!} \sum_{s=1}^m \left(\frac{a}{n}\right)^s}, \quad \text{при } a \leq k \leq n \\ P_{n+s} = \frac{\frac{a^n}{n!} \left(\frac{a}{n}\right)^s}{\sum_{k=0}^n \frac{a^k}{k!} + \frac{a^n}{n!} \sum_{s=1}^m \left(\frac{a}{n}\right)^s} \quad \text{при } 1 \leq s \leq m \end{array} \right. \quad (2.1)$$

где $a = \frac{\lambda}{\mu}$ - новая переменная.

Уравнения (2.2) получают путём анализа уравнения Эрланга, при котором определяется закономерность поведения вероятностей.

Вероятность отказа в обслуживании наступит при занятии всех постов и всех мест в очереди.

$$P_{отк.} = P_{n+m} = \frac{a^n \left(\frac{a}{n}\right)^m}{n! \left(\frac{a}{n}\right)^m} / \left(\sum_{k=0}^m \frac{a^k}{k!} + \frac{a^n}{n!} \sum_{s=1}^m \left(\frac{a}{n}\right)^s \right). \quad (2.2)$$

Вероятность обслуживания будет равна:

$$P_{обсл.} = 1 - P_{отк.} = 1 - P_{n+m}. \quad (2.3)$$

Относительная пропускная способность будет равна:

$$q = P_{обсл.} = 1 - P_{отк.}. \quad (2.4)$$

$$q = 1 - \frac{\frac{a^n}{n!} \left(\frac{a}{n}\right)^m}{\sum_{k=0}^n \frac{a^k}{k!} + \frac{a^n}{n!} \sum_{s=1}^m \left(\frac{a}{n}\right)^s}. \quad (2.5)$$

2.3 Выбор вычислительных средств для моделирования

Решение поставленной задачи обеспечивает персональный компьютер, оснащённый процессором AMD Intel i5 с установленной памятью 8,00 ГБ, 64-разрядной операционной системой, операционной системой Windows 10, монитором VGA.

В связи с использованием процессора с высокой тактовой частотой используем модулятор DOSbox.

Вводим команды:

```
mount c: c:\sim
c:
simsim
```

После чего модулятор DOSbox запускает программу simsim и проводим серию экспериментов.

3 Регрессионный анализ работы системы

3.1 Результаты вычислительного эксперимента

Регрессионный анализ необходим для получения математических соотношений между используемыми в модели параметрами или факторами и показателями эффективности работы системы. Необходимое число опытов N для полно-факторного эксперимента.

$$N = V^n \quad (3.1)$$
$$N = 2^2 = 4$$

где V – число уровней варьирования, $V = 2$;

n – число значимых факторов, $n = 2$

За число учитываемых факторов целесообразно принять такие комплексные факторы как средняя интенсивность поступления автомобилей λ и среднюю интенсивность обслуживания автомобилей μ .

Составленная матрица спектра плана приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Матрица спектра плана

N	X_0	$X_1(\lambda)$	$X_2(\mu)$
1	+	-	-
2	+	+	-
3	+	-	+
4	+	+	+

Построим матрицу спектра плана. Для получения λ_{-1} и λ_{+1} изменим суточную программу соответственно $N_c \pm 2$.

Для получения значений μ_{-1} и μ_{+1} изменим число рабочих, одновременно работающих на посту (соответственно 1 и 3 человека).

Результаты расчёта сведём в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результат расчёта

	-1	0	+1
λ	3,25	3,375	3,5
μ	0,488	0,953	1,397
σ_λ	0,65	0,675	0,7
σ_μ	0,098	0,191	0,279

В соответствии с матрицей спектра плана проводим эксперимент с использованием программы «simsim.exe». Накопители, используемые в модели,

не ограничиваем по ёмкости и времени ожидания. В качестве основных критериев эффективности, принимаем среднее время нахождения в системе, среднее число занятых каналов, среднее время ожидания в очереди.

Результаты эксперимента представим в таблице 3.3.

При этом время моделирования T_m рассчитывалось по формуле:

$$T_{mod} = T_{cm} \cdot C \cdot \frac{D_{pz}}{12} \quad (3.2)$$

$$T_{mod} = 8 \cdot 2 \cdot \frac{305}{12} = 407 \text{ ч.}$$

В результате проведения опыта получили некоторые значения функции отклика. Представим их в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Матрица спектра плана и функции отклика для каждого опыта

N	X_0	$X_1(\lambda)$	$X_2(\mu)$	$X_3(\lambda \cdot \mu)$	X_z	X_c
1	1	3,25	0,488	1,586	3,059	3,794
2	1	3,5	0,488	1,708	2,992	3,235
3	1	3,25	1,397	4,540	1,001	1,001
4	1	3,5	1,397	4,890	1,025	1,026

Результаты эксперимента представим в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты эксперимента

Критерии моделирования	Обозначение	Единицы измерения	1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7
Абсолютная пропускная способность	A	авт/час	1,528	1,489	1,521	1,521
Относительная пропускная способность	q	авт/час	0,997	0,993	0,995	0,998
Вероятность обслуживания	$P_{обсл}$	-	0,997	0,993	0,955	0,998
Число обслуженных автомобилей	$N_{обс}$	авт.	622	606	619	619
Среднее время пребывания в системе	t_{cp}	ч	2,621	2,290	0,755	0,773
Среднее время ожидания в очереди	$t_{ож}$	ч	0,526	0,194	0,001	0,001

Окончание таблицы 3.4

1	2	3	4	5	6	7
Среднее число занятых каналов	X_z	-	3,059	2,992	1,001	1,025
Среднее число заявок в очереди	X_o	-	0,735	0,244	0,001	0
Среднее число заявок в системе	X_c	-	3,794	3,235	1,001	1,026

3.2 Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии

Общий вид уравнения регрессии:

$$y = b_0 x_0 + b_1 \lambda + b_2 \mu + b_3 \lambda \mu \quad (3.3)$$

где b_0, b_1, b_2, b_3 - коэффициенты линейного уравнения регрессии.

Определение коэффициентов уравнения регрессии осуществляется по матричному уравнению:

$$B = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot Y \quad (3.4)$$

где X - матрица спектра плана;

X^T - транспонированная матрица спектра плана;

Y - матрица результатов эксперимента.

Таким образом, последовательно перемножая обратную матрицу $(X^T X)^{-1}$ на транспонированную матрицу X^T и на матрицу результатов Y , можно определить значения коэффициентов $b_0, b_1, \dots, b_j, \dots, b_n$.

Для нахождения среднего числа занятости каналов коэффициенты регрессии будут равны:

$$X = \begin{vmatrix} 1 & 3,25 & 0,488 & 1,586 \\ 1 & 3,5 & 0,488 & 1,708 \\ 1 & 3,25 & 1,397 & 4,54 \\ 1 & 3,5 & 1,397 & 4,89 \end{vmatrix};$$

$$X^T = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 3,25 & 3,5 & 3,25 & 3,5 \\ 0,488 & 0,488 & 1,397 & 1,397 \\ 1,586 & 1,708 & 4,54 & 4,89 \end{vmatrix};$$

$$\begin{vmatrix} 21,492 & -19,956 & -7,492 & 6,956 \end{vmatrix}$$

$$Y = \begin{vmatrix} 3,059 \\ 2,992 \\ 1,001 \\ 1,025 \end{vmatrix} ;$$

$$b_0 = 5,668;$$

$$b_1 = -0,463;$$

$$b_2 = -3,561;$$

$$b_3 = 0,399.$$

Для нахождения среднего числа заявок в системе коэффициенты регрессии будут равны:

$$X = \begin{vmatrix} 1 & 3,25 & 0,488 & 1,586 \\ 1 & 3,5 & 0,488 & 1,708 \\ 1 & 3,25 & 1,397 & 4,54 \\ 1 & 3,5 & 1,397 & 4,89 \end{vmatrix} ;$$

$$X^T = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 3,25 & 3,5 & 3,25 & 3,5 \\ 0,488 & 0,488 & 1,397 & 1,397 \\ 1,586 & 1,708 & 4,54 & 4,89 \end{vmatrix} ;$$

$$(X^T \cdot X)^{-1} = \begin{vmatrix} 21,492 & -19,956 & -7,492 & 6,956 \\ -6,140 & 1,586 & 4,540 & 2,140 \\ - & - & - & - \\ 15,353 & 14,253 & 15,353 & -14,253 \\ 4,386 & -4,386 & -4,386 & 4,386 \end{vmatrix} ;$$

$$Y = \begin{vmatrix} 3,794 \\ 3,235 \\ 1,001 \\ 1,026 \end{vmatrix} ;$$

$$b_0 = 16,622;$$

$$b_1 = -3,486;$$

$$b_2 = -11,396;$$

$$b_3 = 2,561.$$

Для определения значимости коэффициентов уравнения регрессии необходимо их сравнить с половиной доверительного интервала δ . Коэффициенты уравнения регрессии значимы, если половина доверительного интервала разброса коэффициентов $\delta \leq b_j$. Если это условие не выполняется, то коэффициент незначим. Стоящий при нём фактор не оказывает влияния на критерий эффективности и его можно исключить из уравнения регрессии.

$$\delta = S_{b_j} \cdot t(\alpha; k_2), \quad (3.5)$$

где S_{b_j} – среднеквадратическое отклонение коэффициента;

$t(\alpha; k_2)$ – критерий Стьюдента;

α – уровень значимости, $\alpha = 0,05$;

k_2 – число степеней свободы, $k_2 = 2$;

$t_{\alpha}(0,05;2) = 4,3$

$$S_{b_j}^2 = \frac{S_{ост}^2}{N}, \quad (3.6)$$

где $S_{ост}$ - остаточная дисперсия

$$S_{ост}^2 = \frac{1}{N - n} \cdot \sum_{i=1}^N (y_i - y_{ip})^2, \quad (3.7)$$

где y_{ip} - рассчитанное по уравнению регрессии значение критерия эффективности в i -ой точке спектра плана.

Расчётные значения для среднего числа занятости каналов:

$$X_{3,1} = 5,668 \cdot 1 + (-0,463) \cdot 3,25 + (-3,561) \cdot 0,488 + 0,399 \cdot 1,586 = 3,06;$$

$$X_{3,2} = 5,668 \cdot 1 + (-0,463) \cdot 3,5 + (-3,561) \cdot 0,488 + 0,399 \cdot 1,708 = 2,99;$$

$$X_{3,3} = 5,668 \cdot 1 + (-0,463) \cdot 3,25 + (-3,561) \cdot 1,397 + 0,399 \cdot 4,54 = 1;$$

$$X_{3,4} = 5,668 \cdot 1 + (-0,463) \cdot 3,5 + (-3,561) \cdot 1,397 + 0,399 \cdot 4,89 = 1,03.$$

Расчётные значения для среднего числа заявок в системе:

$$X_{c,1} = 16,622 \cdot 1 + (-3,486) \cdot 3,25 + (-11,396) \cdot 0,488 + 2,561 \cdot 1,586 = 3,79;$$

$$X_{c,2} = 16,622 \cdot 1 + (-3,486) \cdot 3,5 + (-11,396) \cdot 0,488 + 2,561 \cdot 1,708 = 3,24;$$

					ГОАС - ТР - Honda-Civic - 256/22-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

$$X_{c3} = 16,622 \cdot 1 + (-3,486) \cdot 3,25 + (-11,396) \cdot 1,397 + 2,561 \cdot 4,54 = 1;$$

$$X_{c4} = 16,622 \cdot 1 + (-3,486) \cdot 3,5 + (-11,396) \cdot 1,397 + 2,561 \cdot 4,89 = 1,03.$$

По формуле (3.7) определим остаточную дисперсию.

Для среднего числа занятости каналов остаточная дисперсия будет равна:

$$S_{ост.}^2 = \frac{1}{2} \cdot i$$

Для среднего числа заявок в системе остаточная дисперсия будет равна:

$$S_{ост.}^2 = \frac{1}{2} \cdot i$$

По формуле (3.6) определим квадрат среднеквадратического отклонения коэффициента.

Для среднего числа занятости каналов S_{bj}^2 равно:

$$S_{bj} = \frac{0,000015}{4} = 0,00000375.$$

Для среднего числа заявок в системе S_{bj}^2 равно:

$$S_{bj} = \frac{0,000029}{4} = 0,00000725.$$

По формуле (3.5) определим половину доверительного интервала δ .

Для абсолютной пропускной способности δ равна:

$$\delta = \sqrt{0,00000375} \cdot 4,3 = 0,0083.$$

Для числа обслуженных автомобилей δ равна:

$$\delta = \sqrt{0,00000725} \cdot 4,3 = 0,0116.$$

Сравним коэффициенты первого уравнения регрессии с половиной доверительного интервала: $5,668 > 0,0083$; $|-0,463| > 0,0083$; $|-3,561| > 0,0083$; $0,399 > 0,0083$. Отсюда следует, что коэффициенты b_0, b_1, b_2, b_3 значимы.

Уравнение регрессии для среднего числа занятости каналов принимает вид:

$$X_s = 5,668 - 0,463 \cdot \lambda - 3,561 \cdot \mu + 0,399 \cdot \lambda \cdot \mu.$$

					ГОАС - ТР - Honda-Civic - 256/22-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Сравним коэффициенты второго уравнения регрессии с половиной доверительного интервала: $16,622 > 0,0116$; $|-3,486| > 0,0116$; $|-11,396| > 0,0116$; $2,561 > 0,0116$.

Отсюда следует, что коэффициенты b_0, b_1, b_2, b_3 значимы.

Уравнение регрессии для среднего числа заявок в системе имеет вид:

$$X_c = 16,622 - 3,486 \cdot \lambda - 11,396 \cdot \mu + 2,561 \cdot \lambda \cdot \mu.$$

3.3 Оценка адекватности математической модели

Уравнение регрессии должно адекватно описывать поведение реальной системы. Степень адекватности, соответственно, точность регрессионной модели оценивается с помощью критерия Фишера. Если опытный критерий $F_{оп} \geq F_T$ табличному критерию, то модель адекватна и наоборот.

$$F_T(\alpha; k_1; k_2) \leq F_{оп}, \quad (3.8)$$

где $K_1 = N - 1 = 4 - 1 = 3$ – число степеней свободы.

$$F_T(0,05; 3; 2) = 19,3.$$

$$F_{оп} = \frac{S_y^2}{S_{ост}^2}, \quad (3.9)$$

где S_y^2 – дисперсия среднего:

$$S_y^2 = \frac{1}{N - 1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2, \quad (3.10)$$

где \bar{y} – среднее значение функции отклика

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N}. \quad (3.11)$$

Для среднего числа занятости каналов способности \bar{y} равно:

$$\bar{y} = \frac{3,059 + 2,992 + 1,001 + 1,025}{4} = 2,019.$$

Для среднего числа заявок в системе \bar{y} равно:

					ГОАС - ТР - Honda-Civic - 256/22-ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\bar{y} = \frac{3,794 + 3,235 + 1,001 + 1,026}{4} = 2,264.$$

По формуле (3.10) определим дисперсию воспроизводимости.

Для среднего числа занятости каналов S_y^2 равно:

$$S_y^2 = \frac{1}{3} \cdot i$$

Для среднего числа заявок в системе S_y^2 равно:

$$S_y^2 = \frac{1}{3} \cdot i$$

По формуле (3.9) определим опытное значение критерия Фишера.

Для среднего числа занятости каналов $F_{оп}$ равно:

$$F_{оп} = \frac{1,3509}{0,000015} = 90060.$$

Для среднего числа заявок в системе $F_{оп}$ равно:

$$F_{оп} = \frac{2,13718}{0,000029} = 73695,862.$$

Сравним опытное и табличное значения критерия Фишера соответственно для среднего числа занятости каналов, среднего числа заявок в системе.

$$F_T = 19,3 < F_{оп} = 90060 \Rightarrow \text{модель адекватна};$$

$$F_T = 19,3 < F_{оп} = 73695,862 \Rightarrow \text{модель адекватна}.$$

Обе модели адекватны.

т.к. модель адекватна, то, анализируя уравнение регрессии, получим лучшие значения λ и μ , соответствующие оптимальному значению критерия эффективности.

Для среднего числа занятости каналов:

$$X_s = 5,668 - 0,463 \cdot \lambda - 3,561 \cdot \mu + 0,399 \cdot \lambda \cdot \mu.$$

$$GRAD = \frac{\partial q}{\partial \lambda} \cdot i + \frac{\partial q}{\partial \mu} \cdot j$$

					ГОАС - ТР - Honda-Civic - 256/22-ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$GRAD = -0,463 \cdot i - 3,561 \cdot j$$

Процесс определения области экстремума сведем в таблицу 3.5:

Таблица 3.5 – Процесс определения области экстремума

Этапы процесса	λ	μ	X^3
1. Основной уровень значения факторов	3,375	0,953	0,905
2. Интервалы варьирования факторов	0,125	0,465	-
3. Величина шага изменения факторов	(-) 0,031	(-) 0,116	-
4. Значение факторов на первом шаге	3,343	0,836	0,918
5. Значение факторов на втором шаге	3,312	0,72	0,929
6. Значение факторов на третьем шаге	3,281	0,604	0,940
7. Значение факторов на четвертом шаге	3,25	0,488	0,952

Получаем оптимальные значения интенсивности поступления и обслуживания для среднего числа занятости каналов:

$$\lambda_{opt} = 3,25 \cdot \mu_{opt} = 0,488.$$

Для среднего числа заявок в системе:

$$X_c = 16,622 - 3,486 \cdot \lambda - 11,396 \cdot \mu + 2,561 \cdot \lambda \cdot \mu.$$

$$GRAD = \frac{\partial q}{\partial \lambda} \cdot i + \frac{\partial q}{\partial \mu} \cdot j$$

$$GRAD = -3,486 \cdot i - 11,396 \cdot j$$

Процесс определения области экстремума сведем в таблицу 3.6:

Таблица 3.6 – Процесс определения области экстремума

Этапы процесса	λ	μ	X^c
1. Основной уровень значения факторов	3,375	0,953	138,710
2. Интервалы варьирования факторов	0,125	0,465	-
3. Величина шага изменения факторов	(-) 0,031	(-) 0,116	-
4. Значение факторов на первом шаге	3,343	0,836	155,332
5. Значение факторов на втором шаге	3,312	0,72	160,813
6. Значение факторов на третьем шаге	3,281	0,604	197,150
7. Значение факторов на четвертом шаге	3,25	0,488	210,262

Получаем оптимальные значения интенсивности поступления и обслуживания для среднего числа заявок в системе:

$$\lambda_{opt} = 3,25. \mu_{opt} = 0,488.$$

4 Оптимизации производственного процесса зоны

Используемая в настоящее время методика определения числа постов в производственных зонах не позволяет выбирать их оптимальное количество. Для решения этой задачи необходимо использовать имитационные модели производственных подразделений.

Для оптимизации производственного процесса необходимо вычислить суммарные затраты, связанные с ним. При этом расчёты проведём для различного числа обслуживаемых каналов для того, чтобы после сравнения затрат выбрать оптимальное число каналов на участке.

$$C_{\Sigma i} = \frac{1}{12 \cdot N_{\text{ОБСЛ.}i}} (C_{\text{ПР.}i} + C_{\text{ЭК.}i} + E_H \cdot K_B), \quad (4.1)$$

где $C_{\Sigma i}$ - суммарные затраты;

$C_{\text{ПР.}i}$ - затраты, связанные с простоем автомобиля;

$C_{\text{ЭК.}i}$ - затраты на содержание производственного участка;

K_B - капитальные вложения в создание производственного участка;

$N_{\text{ОБСЛ.}i}$ - число обслуживаний за период моделирования;

E_H - нормативный коэффициент капвложений, $E_H = 0,13$.

Проведём моделирование системы на компьютере для 1,2,3,4,5 постов. Результаты моделирования представим в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Значения, полученные в ходе моделирования для выбранного числа постов

Число постов	1	2	3	4	5
Число обслуженных заявок $N_{\text{ОБСЛ.}}$	363	609	625	633	629
Среднее время ожидания в очереди $T_{\text{ОЖ.}}$, ч	83,713	0,480	0,036	0,006	0

Имея эти значения найдём затраты, связанные с простоем автомобиля:

$$C_{\text{ПР}} = 12 \cdot T_{\text{ОЖ.}} \cdot D_{\text{ЧАС.}} \cdot N_{\text{ОБСЛ.}i}, \quad (4.2)$$

где $D_{\text{ЧАС.}}$ – плата за 1 час использования автомобиля, $D_{\text{час}} = 4 \text{ у. е.}$

$$C_{\text{ПР1}} = 12 \cdot 83,713 \cdot 4 \cdot 363 = 1458615,31;$$

$$C_{\text{ПР}2} = 12 \cdot 0,480 \cdot 4 \cdot 609 = 14031,36;$$

$$C_{\text{ПР}3} = 12 \cdot 0,036 \cdot 4 \cdot 625 = 1080;$$

$$C_{\text{ПР}4} = 12 \cdot 0,006 \cdot 4 \cdot 633 = 182,304;$$

$$C_{\text{ПР}5} = 0.$$

Эксплуатационные затраты на содержание производственного участка:

$$C_{\text{ЭК.}i} = C_{\text{ЗП.}i} + C_{\text{СОД.}i}, \quad (4.3)$$

где $C_{\text{ЗП.}i}$ - зарплата ремонтных рабочих;

$C_{\text{СОД.}i}$ - затраты на содержание рабочих постов.

Затраты на зарплату ремонтных рабочих:

$$C_{\text{ЗП.}i} = P \cdot X_{\text{П.}i} \cdot S \cdot \Phi_{\text{РГ}} \cdot \beta \cdot c, \quad (4.4)$$

где P – число рабочих на одном посту, $P_{\text{п}}=2$;

$X_{\text{П.}i}$ - моделируемое число постов;

S – часовая тарифная ставка рабочего, $S=0,4$ у.е.;

$\Phi_{\text{РГ}}$ - годовой фонд времени рабочего, $\Phi_{\text{РГ}} = 1840$ ч;

β - коэффициент доплат, $\beta = 1,75$;

c – коэффициент сменности, $c = 2$.

По формуле (4.4) рассчитаем $C_{\text{ЗП.}i}$:

$$C_{\text{ЗП.}1} = 2 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 1840 \cdot 1,75 \cdot 2 = 5152 \text{ у.е.};$$

$$C_{\text{ЗП.}2} = 2 \cdot 2 \cdot 0,4 \cdot 1840 \cdot 1,75 \cdot 2 = 10304 \text{ у.е.};$$

$$C_{\text{ЗП.}3} = 2 \cdot 3 \cdot 0,4 \cdot 1840 \cdot 1,75 \cdot 2 = 15456 \text{ у.е.};$$

$$C_{\text{ЗП.}4} = 2 \cdot 4 \cdot 0,4 \cdot 1840 \cdot 1,75 \cdot 2 = 20608 \text{ у.е.};$$

$$C_{\text{ЗП.}5} = 2 \cdot 5 \cdot 0,4 \cdot 1840 \cdot 1,75 \cdot 2 = 25760 \text{ у.е.}$$

Затраты на содержание рабочих постов:

$$C_{\text{СОД.}i} = A_i + C_{\text{Э.}i}, \quad (4.5)$$

где A_i - амортизационные отчисления на ремонт и замену оборудования;

$C_{\text{Э.}i}$ - эксплуатационные затраты на электроэнергию, воду, сжатый воздух и т.д.

$$A_i = C_{\text{ОП}} \cdot X_{\text{П}} \cdot A_0, \quad (4.6)$$

					ГОАС - ТР - Honda-Civic - 256/22-ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где $C_{оп.}$ - стоимость оборудования одного поста, $C_{он}=10850$ у. е.
 A_o - коэффициент амортизационных отчислений, $A_o = 0,148$.

$$C_{эi} = 0,1 \cdot C_{опi} \cdot X_{пи}, \quad (4.7)$$

По формуле (4.7) определим $C_{эi}$:

$$\begin{aligned} C_{э1} &= 0,1 \cdot 10850 \cdot 1 = 1085 \text{ у. е.}; \\ C_{э2} &= 0,1 \cdot 10850 \cdot 2 = 2170 \text{ у. е.}; \\ C_{э3} &= 0,1 \cdot 10850 \cdot 3 = 3255 \text{ у. е.}; \\ C_{э4} &= 0,1 \cdot 10850 \cdot 4 = 4340 \text{ у. е.}; \\ C_{э5} &= 0,1 \cdot 10850 \cdot 5 = 5425 \text{ у. е.} \end{aligned}$$

По формуле (4.6) определим A_i :

$$\begin{aligned} A_1 &= 10850 \cdot 0,148 \cdot 1 = 1605,8 \text{ у. е.}; \\ A_2 &= 10850 \cdot 0,148 \cdot 2 = 3211,6 \text{ у. е.}; \\ A_3 &= 10850 \cdot 0,148 \cdot 3 = 4817,4 \text{ у. е.}; \\ A_4 &= 10850 \cdot 0,148 \cdot 4 = 6423,2 \text{ у. е.}; \\ A_5 &= 10850 \cdot 0,148 \cdot 5 = 8029 \text{ у. е.} \end{aligned}$$

По формуле (4.5) определим $C_{сод.i}$:

$$\begin{aligned} C_{сод.1} &= 1605,8 + 1085 = 2690,8 \text{ у. е.}; \\ C_{сод.2} &= 3211,6 + 2170 = 5381,6 \text{ у. е.}; \\ C_{сод.3} &= 4817,4 + 3255 = 8072,4 \text{ у. е.}; \\ C_{сод.4} &= 6423,2 + 4340 = 10763,2 \text{ у. е.}; \\ C_{сод.5} &= 8029 + 5425 = 13454 \text{ у. е.} \end{aligned}$$

По формуле (4.3) определим $C_{эк.i}$:

$$\begin{aligned} C_{эк1} &= 5152 + 2690,8 = 7842,8 \text{ у. е.}; \\ C_{эк.2} &= 10304 + 5381,6 = 15685,6 \text{ у. е.}; \\ C_{эк.3} &= 15456 + 8072,4 = 23528,4 \text{ у. е.}; \\ C_{эк.4} &= 20608 + 10763,2 = 31371,2 \text{ у. е.}; \\ C_{эк.5} &= 25760 + 13454 = 39214 \text{ у. е.} \end{aligned}$$

Капитальные затраты определяются суммой стоимостей приобретения и монтажа оборудования, а также стоимость строительства производственного участка $C_{зд.i}$.

$$K_{Вi} = 1,25 \cdot C_{оп} \cdot X_{пи} + C_{здi}, \quad (4.8)$$

					ГОАС - ТР - Honda-Civic - 256/22-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

где $C_{зди}$ - стоимость зданий, сооружений при определённом числе постов.

$$C_{зди} = K_{зд} \cdot X_{пi} \cdot F_{п}, \quad (4.9)$$

где $K_{зд}$ - стоимость строительства 1 м^2 производственного участка,
 $K_{зд} = 300 \text{ у.е.}$;

$F_{п}$ - площадь одного рабочего поста.

$$F_{п} = f_a \cdot K_{п}, \quad (4.10)$$

где f_a - площадь автомобиля Honda Civic в плане, $f_a = 4,39 \cdot 1,69 = 7,419 \text{ м}^2$

$K_{п}$ - коэффициент плотности расстановки, $K_{п} = 4$.

По формуле (4.10) определим $F_{п}$:

$$F_{п} = 7,419 \cdot 4 = 29,676 \text{ м}^2.$$

По формуле (4.9) определим $C_{зди}$:

$$C_{зд1} = 300 \cdot 1 \cdot 29,676 = 8902,8 \text{ у.е.};$$

$$C_{зд2} = 300 \cdot 2 \cdot 29,676 = 17805,6 \text{ у.е.};$$

$$C_{зд3} = 300 \cdot 3 \cdot 29,676 = 26708,4 \text{ у.е.};$$

$$C_{зд4} = 300 \cdot 4 \cdot 29,676 = 35611,2 \text{ у.е.};$$

$$C_{зд5} = 300 \cdot 5 \cdot 29,676 = 44514 \text{ у.е.}$$

По формуле (4.8) определим K_{Bi} :

$$K_{B1} = 1,25 \cdot 10850 \cdot 1 + 8902,8 = 22465,3 \text{ у.е.};$$

$$K_{B2} = 1,25 \cdot 10850 \cdot 2 + 17805,6 = 44930,6 \text{ у.е.};$$

$$K_{B3} = 1,25 \cdot 10850 \cdot 3 + 26708,4 = 67395,9 \text{ у.е.};$$

$$K_{B4} = 1,25 \cdot 10850 \cdot 4 + 35611,2 = 89861,2 \text{ у.е.};$$

$$K_{B5} = 1,25 \cdot 10850 \cdot 5 + 44514 = 112326,5 \text{ у.е.}$$

По формуле (4.1) определим $C_{\Sigma i}$:

$$C_{\Sigma 1} = \frac{1}{12 \cdot 363} \cdot (1488615,31 + 7842,8 + 0,13 \cdot 22465,3) = 337,323 \text{ у.е.};$$

					ГОАС - ТР - Honda-Civic - 256/22-ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_{\Sigma 2} = \frac{1}{12 \cdot 609} \cdot (14031,36 + 15685,6 + 0,13 \cdot 44930,6) = 4,866 \text{ у. е.};$$

$$C_{\Sigma 3} = \frac{1}{12 \cdot 625} \cdot (1080 + 23528,4 + 0,13 \cdot 67395,9) = 4,45 \text{ у. е.};$$

$$C_{\Sigma 4} = \frac{1}{12 \cdot 633} \cdot (182,304 + 31371,2 + 0,13 \cdot 89861,2) = 5,692 \text{ у. е.};$$

$$C_{\Sigma 5} = \frac{1}{12 \cdot 629} \cdot (0 + 39241 + 0,13 \cdot 112326,5) = 7,13 \text{ у. е.}.$$

Список технологического оборудования и организационной оснастки с ценами приведен в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Сводная ведомость технологического оборудования и организационной оснастки производственной зоны ТР

№	Наименование и марка оборудования	Стоимость, у. е.
1	Установка смазочно-заправочная 3141	4000
2	Комплект специального инструмента И320	300
3	Подъёмник 2-ух стоечный напольный электрогидравлический CS480	3850
4	Воздухораздаточная колонка СЧ11М	550
5	Гайковёрт электрогидравлический универсальный И-335М	500
6	Набор слесарного инструмента 1.223	400
7	Бак для слива отработанного масла	100
8	Домкрат гидравлический П-310	450
9	Верстак одностумбовый ШП-17-05	700
Итого		10850

Все оборудование представленное в таблице 4.2 подобрано в соответствии с требованиями предъявляемыми к посту ТР, оборудование учитывает тип подвижного состава.

Схема поста ТР представлена на рисунке 4.1.

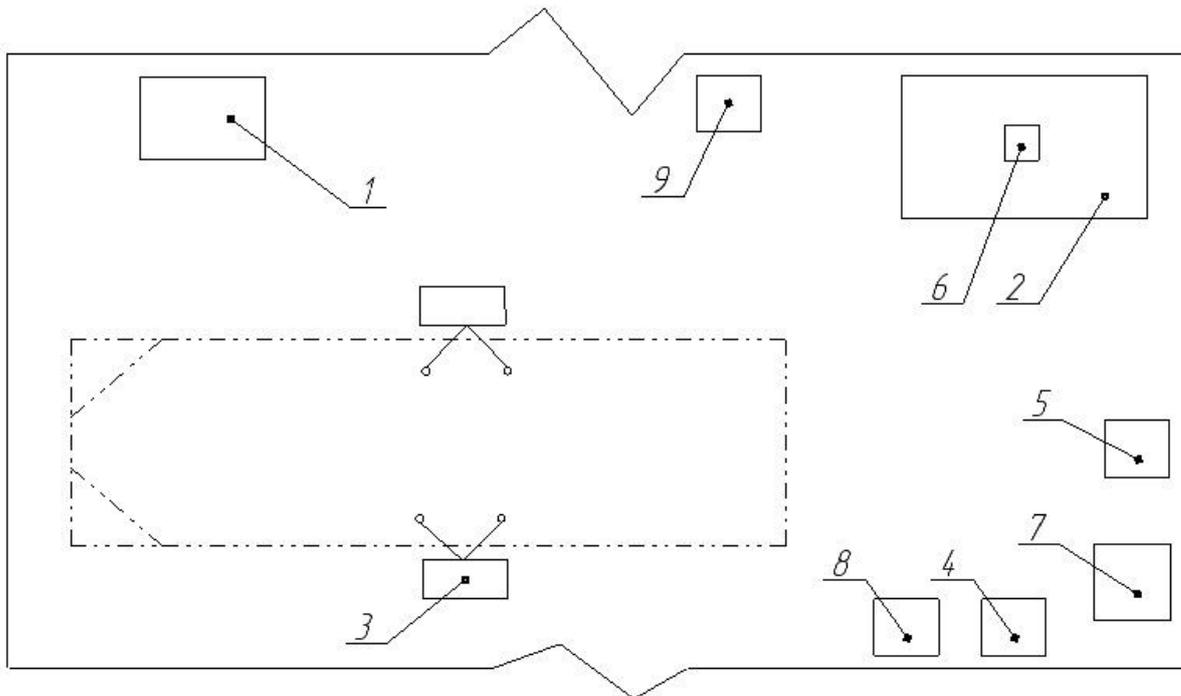


Рисунок 4.1 – Схема поста ТР

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Заключение

В ходе курсовой работы было выполнено моделирование работы зоны ТР дорожной ОАС на дороге 1 категории.

В первом разделе была разработана концептуальная модель, а именно, была поставлена задача моделирования, проанализирована задача, выбрана исходная информация о системе, а также были определены параметры и переменные модели системы. Также было установлено содержание модели, обоснованы критерии моделирования.

Во втором разделе приведен алгоритм соответствующей модели.

В третьем разделе было произведено кодирование входных величин модели и составлена матрица спектра плана. Затем было произведено моделирование с помощью программы `simsim.exe`. Результаты моделирования представлены в этом же разделе. Также была рассчитана регрессионная модель и составлены уравнения регрессии для двух выбранных факторов, влияющих на поведение системы. Также были проверены на значимость коэффициенты уравнений регрессии. После этого была проведена проверка полученных моделей на адекватность. Проверка показала, что все модели являются адекватными.

В четвертом разделе с помощью моделирования было установлено оптимальное количество постов ТР, при котором суммарные затраты минимальны. Это количество равно одному посту. При этом удельные затраты составили 4,45 у.е.

					ГОАС - ТР - Honda-Civic - 256/22-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Список литературы

1 **Коваленко, Н. А.** Техническая эксплуатация автомобилей : учеб. пособие / Н. А. Коваленко, В. П. Лобах, Н. В. Вепринцев. – Минск : Новое знание, 2008. – 352 с.

2 **Коваленко, Н. А.** Научные исследования и решение инженерных задач в сфере автомобильного транспорта : учеб. пособие. – Минск : Новое знание, 2011. – 298 с.

3 **Коваленко, Н. А.** Организация технического обслуживания и ремонта автомобилей : учеб. пособие / Н. А. Коваленко. – Минск : Новое знание; Москва : ИНФРА-М, 2016. – 229 с.

4 **Напольский, Г. М.** Техническое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания / Г.М. Напольский. - Москва : Транспорт, 1993.-271 с.

5 Проектирование предприятий автомобильного транспорта: учебник для студентов специальности «Техническая эксплуатация автомобилей» / М. М. Болбас, [и др.]; под ред. М. М. Болбаса. - Минск : Адукацыя і выхаванне, 2004. – 528 с.

6 **Советов, Б. Я.** Моделирование систем: учебник для вузов по специальности АСУ / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. - Москва : Высш. шк., 2001.-271 с.

7 **Тарасик, В. П.** Математическое моделирование технических систем / В. П. Тарасик. – Минск : Дизайн ПРО, 2004. - 640 с.

8 Техническая эксплуатация автомобилей /Под ред. Е.С. Кузнецова. - Москва : Транспорт, 1992. - 431 с.

9 **ТКП 248-2010.** Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила проведения. – Минск : Транстехника», 2010. - 42 с.

10 **ОНТП-01-91.** Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта. – Москва : Гипроавтотранс, 1991. – 184 с.

					ГОАС - ТР - Honda-Civic - 256/22-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Приложение А
(Обязательное)
Результаты экспериментов

Модель "Без имени": результаты	
Поступило заявок.....	624
Обслужено заявок.....	622
Число отказов.....	0
Абсолютная пропускная способность.....	1.528
Относительная пропускная способность...	0.997
Вероятность обслуживания.....	0.997
Вероятность отказа.....	0.000
Среднее число занятых каналов.....	3.059
Среднее число заявок в очереди.....	0.735
Среднее число заявок в системе.....	3.794
Среднее время ожидания в очереди.....	0.526
Среднее время пребывания в системе.....	2.621

Рисунок А.1 - Результаты первого эксперимента

Модель "Без имени": результаты	
Поступило заявок.....	610
Обслужено заявок.....	606
Число отказов.....	0
Абсолютная пропускная способность.....	1.489
Относительная пропускная способность...	0.993
Вероятность обслуживания.....	0.993
Вероятность отказа.....	0.000
Среднее число занятых каналов.....	2.992
Среднее число заявок в очереди.....	0.244
Среднее число заявок в системе.....	3.235
Среднее время ожидания в очереди.....	0.194
Среднее время пребывания в системе.....	2.290

Рисунок А.2 – Результаты второго эксперимента

Модель "Без имени": результаты	
Поступило заявок.....	622
Обслужено заявок.....	619
Число отказов.....	0
Абсолютная пропускная способность.....	1.521
Относительная пропускная способность...	0.995
Вероятность обслуживания.....	0.995
Вероятность отказа.....	0.000
Среднее число занятых каналов.....	1.001
Среднее число заявок в очереди.....	0.001
Среднее число заявок в системе.....	1.001
Среднее время ожидания в очереди.....	0.001
Среднее время пребывания в системе.....	0.755

Рисунок А.3 – Результаты третьего эксперимента

Модель "Без имени": результаты	
Поступило заявок.....	620
Обслужено заявок.....	619
Число отказов.....	0
Абсолютная пропускная способность.....	1.521
Относительная пропускная способность...	0.998
Вероятность обслуживания.....	0.998
Вероятность отказа.....	0.000
Среднее число занятых каналов.....	1.025
Среднее число заявок в очереди.....	0.000
Среднее число заявок в системе.....	1.026
Среднее время ожидания в очереди.....	0.001
Среднее время пребывания в системе.....	0.773

Рисунок А.4 – Результаты четвертого эксперимента