

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛОГОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Автомобили и автомобильное хозяйство»

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

*Методические указания к лабораторно-практическим занятиям
«Оценка модели технической эксплуатации автомобилей в АТП»*

Факультет производственного менеджмента и инновационных технологий

Специальность 190601 - Автомобили и автомобильное хозяйство

Направление подготовки: 23.03.03 – «Эксплуатация транспортно-
технологических машин и комплексов»

Профиль 1. «Автомобили и автомобильное хозяйство»

Вологда 2014

УДК 656.13(076)

Техническая эксплуатация автомобилей: методические указания к лабораторно-практическим занятиям «Оценка модели технической эксплуатации автомобилей в АТП». – Вологда: ВоГУ, 2014.- 24 с.

Методические указания предназначены для студентов специальности 190601 – «Автомобили и автомобильное хозяйство» и направления подготовки 190600.62 (23.03.03) – « Эксплуатация транспортно – технологических машин и комплексов» 1. «Автомобили и автомобильное хозяйство» для проведения практического занятия по теме «Оценка модели технической эксплуатации автомобилей в АТП».

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ

Составитель Л.Ф. Фомягин, канд. техн. наук, доцент

Рецензент И.К. Александров, д-р техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой БЖД.

Подписано в печать 15.05.2014. Усл. печ. л. . Тираж .

Печать офсетная. Бумага офисная. Заказ № _____

Отпечатано: РИО ВоГУ, г. Вологда, ул. Ленина, 15

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

ОЦЕНКА МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ В АТП

1. Общие сведения

Закономерности формирования производительности и пропускной способности системы обслуживания определяются на основе использования математического аппарата теории массового обслуживания. В результате использования этих методов представляется возможным оценивать надежность функционирования технической службы и на основе рационализации пропускной способности производственно-технической базы обеспечить интенсификацию производства и повышение эффективности работы исполнителей и использования производственных мощностей.

1.1 Обеспечение работоспособности подвижного состава автомобильного транспорта осуществляет инженерно-техническая служба. Она проводит планирование технических воздействий и осуществляет управление производством технического обслуживания (ТО) и ремонта (Р) с учетом специализации, концентрации и кооперации производства, обеспеченности трудовыми и материальными ресурсами, унификации и типизации технологических процессов и элементов производственно-технической базы, использования инструментальных методов диагностирования и контроля технического состояния подвижного состава автомобильного транспорта.

Состав предприятий и специализированных производств объединения автотранспорта определяется перечнем основных и вспомогательных работ, выполняемых в процессе ТО и Р АТС.

2. Цель работы

Целью данной работы является приобретение практических навыков в оценке моделей ТЭ АТС, по поддержанию их в работоспособном состоянии.

3. Содержание работы

3.1 Понятие о системах массового обслуживания.

Системы, в которых переменными и случайными являются моменты поступления требований на обслуживание и продолжительность самих обслуживаний, называются системами массового обслуживания (СМО). Системами массового обслуживания в области технической эксплуатации автомобилей являются: посты, линии, участки автотранспортных предприятий, автокомбинатов, объединений, баз централизованного технического обслуживания, станций технического обслуживания, склады запасных частей, агрегатов, узлов, механизмов и деталей, топливно- и маслораздаточные колонки АЗС, автомобили технической помощи и др. Система массового обслуживания состоит из следующих элементов: входящего потока требований, очереди, обслуживающих аппаратов и выходящего потока требований.

Под требованием понимается потребность в проведении работ по ТО и ремонту автомобилей. Требование можно отождествлять с его носителем – автомобилем, агрегатом, узлом, механизмом, деталью.

Входящий поток требований представляет собой совокупность требований на удовлетворение потребности в проведении технических воздействий. Заявки поступают в некоторые случайные моменты времени. Число требований, поступающих в систему за единицу времени, является случайной величиной, а входящий поток представляет собой случайный процент. Требования могут быть однородными и неоднородными. Так, например, поток требований на один вид ТО, с одной стороны, является однородным, а с другой стороны, если этот поток образуется от технологически несовместимых групп автомобилей, он будет неоднородным.

Обслуживающие аппараты – это совокупность отдельных рабочих звеньев, бригад, постов с необходимым оборудованием, средствами механизации, инструментом и оснасткой, запасе новых и отремонтированных агрегатов, узлов механизмов и деталей.

Очередь образуется в том случае, когда пропускная способность обслуживающих аппаратов недостаточна по отношению к величинам входящего потока требований.

Выходящий поток требований в зависимости от структуры и параметров СМО составляют обслуженные и не обслуженные требования.

Системы массового обслуживания классифицируются следующим образом:

- По длине очереди они бывают: с потерями, без потерь и с ограничением по длине очереди или времени нахождения в ней.

Примерами таких систем являются станции технического обслуживания автомобилей, автозаправочные станции, мойки и др.

- По количеству каналов обслуживания: одноканальные и многоканальные.

В одноканальных системах все требования обслуживаются одним аппаратом. В многоканальных – требование может быть обслужено любым свободным аппаратом.

- По типу обслуживающих аппаратов: однотипные и разнотипные. Все однотипные обслуживающие аппараты могут быть универсальными или специализированными. В системе с разнотипными обслуживающими аппаратами одновременно могут использоваться универсальные, специализированные и специальные аппараты.

- По количеству фаз обслуживания: однофазовые и многофазовые. В однофазовых СМО требование обслуживается одним аппаратом за одну постановку. В многофазовых системах требование обслуживается последовательно несколькими аппаратами. Системами с однофазовым обслуживанием являются отдельные посты, рабочие места, на которых выполняется полный комплекс необходимых работ по техническому обслуживанию и ремонту. Примером СМО с многофазовым обслуживанием является поточная линия ТО, так как на отдельных постах выполняется только определенный перечень работ, а выполнение полного объема ТО проводится по всей поточной линии.

- По порядку обслуживания: системы с приоритетом и без приоритета. Примером СМО с приоритетом является первоочередная заправка маршрутных автобусов и специальных машин на АЗС, первоочередное проведение ремонта с малым объемом и др.

- По структуре систем: замкнутые и открытые. Замкнутые – это такие системы, в которых входящий поток требований зависит от количества обслуженных требований. В открытых СМО входящий поток требований не зависит от количества обслуженных требований.

- По взаимопомощи: с взаимопомощью и без взаимопомощи. В системах без взаимопомощи параметры пропускной способности и производительности обслуживающих аппаратов постоянны и не зависят от простоя других аппаратов. В системах с взаимопомощью пропускная способность и производительность обслуживающих аппаратов будет зависеть от занятости других аппаратов. Взаимопомощь между другими постами и исполнителями характерна при организации работы зон и участков ТО и ремонта по методу хозрасчета и бригадного подряда.

Применительно к технической эксплуатации автомобилей наибольшее распространение находят замкнутые и открытые, одноканальные и многоканальные СМО, с однотипными и разнотипными обслуживающими аппаратами, с одноразовым обслуживанием или многократным обслуживанием, без потерь или с ограничением на длину очереди и время нахождения в ней.

3.2 Входящий поток требований

Входящий поток требований представляет собой поток автомобилей, агрегатов, узлов, механизмов и деталей на проведение ТО и ремонта. Потоки требований на ТО и ремонт не постоянны в течение суток, недели, месяца, года.

Требование на обслуживание возникает как объективная необходимость, подчиняющаяся определенным закономерностям теории надежности. Фактическая реализация этих требований в системе ТО и ремонта являются ординарными и с отсутствием последствия.

Ординарность означает, что вероятность возникновения на элементарном отрезке времени двух и более требований пренебрежимо мала по сравнению с длиной самого отрезка.

Отсутствие последствия – это независимость потока от числа ранее поступивших отказов и моментов их возникновения, так как поток требований в систему ТО и ремонта формулируется от списочного количества автомобилей, и он является потоком с отсутствием последствий.

Поток, отвечающий требованию стационарной ординарности и отсутствия последствия, является простейшим. Для простейшего потока вероятность возникновения определенного числа требований определяется законом Пуассона:

$$P_{\kappa}(t) = \frac{(\omega \cdot t)^{\kappa}}{\kappa!} \cdot e^{-\omega t}, \quad (1)$$

где $\kappa = 0, 1, 2, \dots$ – число отказов, возникающих за время t ; ω – параметр потока отказов.

4. Механизация, автоматизация и роботизация как методы интенсификации производственных процессов

Под *механизацией* понимают частичную или полную замену мускульного труда человека машинным с сохранением непосредственного участия человека в управлении процессом и для контроля за его выполнением. Под *автоматизацией* понимают частичное или полное освобождение человека не только от мускульного труда, но и от участия в оперативном управлении технологическим процессом.

Таблица 1

Изменение показателей эффективности в зависимости от уровня механизации ТО и ТР в грузовых АТП, %

Показатель	Уровень механизации, %					
	10	15	20*	25	30	35
Коэффициент технической готовности	96	98	100	101	103	104
Трудоемкость и ТО и ТР	140	120	100	90	85	80
Расход запасных частей	130	110	100	90	85	80

* 100% - условное значение

Управление технологическим процессом в этом случае осуществляется машиной по программе, разработанной человеком. В обязанности человека входят настройка машины или группы машин, включение и контроль. Под *роботизацией* понимают полное исключение исчерпывающее себя по интенсивности физического труда человека и расширение применения более гибких и практически неограниченных для интенсификации интеллектуальных форм труда, помноженных на широкие возможности современных ЭВМ.

Механизация является важнейшим направлением НТР при технической эксплуатации, влияет на продолжительность выполнения операций ТО или ремонта, т.е. на производительность персонала и средств обслуживания, ускорение труда, качество самого обслуживания и ремонта, расход материалов и запасных частей (см. табл.1) и другие показатели эффективности технической эксплуатации автомобилей.

Оценка механизации производственных процессов производится по двум показателям:

- уровню механизации производственных процессов;
- степени механизации производственных процессов.

Базой для определения этих показателей является совместный анализ операций технологических процессов и оборудования, применяемого при выполнении этих операций.

Уровень механизации U_m (%) производных процессов определяет долю механизированного труда в общих трудозатратах и рассчитывается по формуле:

$$U_m = \frac{T_m}{T} \cdot 100, \quad (2)$$

где T – трудоемкость механизированных операций процесса из применяемой технологической документации, чел *мин.

Степень механизации производственных процессов определяется замещением рабочих функций человека реально применяемым оборудованием в сравнении с полностью автоматизированными технологическими процессами. Количество замещаемых оборудованием рабочих функций человека определяется «звенностью» оборудования (Z), которая характеризует его совершенство.

Степень механизации производственных процессов C_m (%) рассчитывается по формуле:

$$C_m = \frac{M}{4n} \cdot 100, \quad (3)$$

где $M = Z_1 M_1 + Z_2 M_2 + Z_3 M_3 + Z_{3,5} M_{3,5} + Z_4 M_4$; $Z_1, Z_2, Z_3, Z_{3,5}, Z_4$ - звенность применяемого оборудования, соответственно равная 1; 2; 3; 3,5 ; 4; M_1 – количество механизированных операций, выполняемых с применением оборудования со звенностью $Z=1$; M_2 – количество механизированных операций, выполняемых с применением оборудования со звенностью $Z= 2$;

M_3 – количество механизированных операций, выполняемых с применением оборудования со звенностью $Z=3$; $M_{3,5}$ – количество механизированных операций, выполняемых с применением оборудования со звенностью $Z=3,5$; M_4 – количество механизированных операций, выполняемых с применением оборудования со звенностью $Z=4$; n – общее количество операций.

Сопоставляя фактическое значение M с максимально возможным, можно оценить технический уровень любой машины с точки зрения замещения функций человека в процессе труда.

К ручным (немеханизированным) операциям относятся операции, выполняемые с использованием инструмента и оборудования со звенностью $Z=0$.

К механизированным относятся операции, выполняемые с использованием оборудования и инструмента со звенностью $Z=1 \div 3$.

К автоматизированным относятся операции, выполняемые с использованием оборудования со звенностью $Z=3,5 \div 5$. Для технологического оборудования, используемого при ТО и ремонте, максимальная звенность Z .

5. Показатели оценки модели ТЭА

В АТП эксплуатируется разномарочный подвижной состав, который подразделяется на несколько технологически совместимых групп автомобилей. При этом каждая марка и группа автомобилей имеет свою интенсивность эксплуатации и различную трудоемкость работ по ТО и ремонту. С учетом этих особенностей необходимо приводить подвижной состав автомобильного транспорта к одной марке по формуле:

$$A_{np} = \sum_{i=1}^n \frac{A_{ui}}{l_{cci}} \cdot K_{npi}; \quad (4)$$

где A_{np} – приведенное количество единиц подвижного состава автомобильного транспорта; A_{ui} – списочное количество i – марки; l_{cci} – среднесуточный пробег i – марки; l_{ccnp} – среднесуточный пробег марки приведенная; K_{npi} – коэффициент приведения i – марки;

Таблица 2

Пример расчета показателей механизации и автоматизации для проекта АТП на 250 автопоездов КамАЗ

Работы, операции	Механизированное оборудование	Значения $M_z Z$ при звенности оборудования					Сумма $M_z Z$	Общее кол-во операций	Трудоемкость, чел/мин		Показатели механизации, %	
		1	2	3	3,5	4	M	n	T_m	T_o	C_m	Y_m
ЕО Вымыть Автомобиль и произвести уборку кабины и платформы	Установка для мойки М 127	+							14			
Итого: по ЕО ТО-1					3,5		3,5	10	14.0	45.0	8.7	31.1
Вымыть автомобиль	Мойка				+				12.0			
Закрепить гайки колес	Гайковерт И-318	+							8.3			
Довести до нормы давление воздуха в шинах	Воздухораздаточная колонка С413				+				28.0			
Смазать шкворни поворотных кулаков	Солонагнетатель мод.390М	+							10.1			
Смазать шарниры рулевых тяг	Солонагнетатель мод.390М	+							1.6			
Смазать пальцы передних рессор	«	+							1.4			
Смазать втулки валов Разжимных кулаков	«	+							3.5			
Смазать регулировочные Рычаги тормозных механизмов	«	+							3.5			
Смазать оси передних опоркабины	«	+							1.0			
Итого по ТО-1		14			7		21	15	69.4	127.7	35	54.3

$$K_{\text{нп}i} = \frac{t_{\text{уд}i}}{t_{\text{уднп}}}; \quad (5)$$

где $t_{\text{уд}i}$ – удельная трудоемкость ТО и ремонта i – марки; $t_{\text{уднп}}$ – удельная трудоемкость ТО и ремонта марки приведения.

$$t_{\text{уд}} = \frac{t_1}{L_1} + \frac{t_2}{L_2} + t_{\text{ТР}}; \quad (6)$$

где t_1, t_2 – трудоемкости ТО-1 и ТО-2; $t_{\text{ТР}}$ – удельная трудоемкость ТР; L_1, L_2 – периодичности ТО-1, ТО-2.

6. Лабораторно-практическая работа №1.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИВЕДЕННОГО КОЛИЧЕСТВА АВТОМОБИЛЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ

Пример: Определить приведенное количество автомобилей в АТП. В предприятии имеется 120 автомобилей ЗИЛ -130, 96-ГАЗ-53А, 64-КАЗ – 608 и 110 автопоездов в составе ЗИЛ 130В1 и полуприцепов ОдаЗ – 885. Среднесуточный пробег $l_{\text{сс}}$, соответственно, составляет 210,160,230 и 260 км.

Для расчета устанавливаем скорректированные нормы трудоемкостей и периодичностей.

Таблица 3

Нормативные данные

Марка автомобиля	Трудоемкость, чел - ч			Периодичность, км	
	ТО-1	ТО-2	ТР	ТО-1	ТО-2
ЗИЛ -130	2.5	10.6	4	3000	12000
ГАЗ-53	2.2	9.1	3.7	2400	9600
КАЗ -608	3.5	11.6	4.6	3000	12000
ЗИЛ-130В1 и ОдаЗ -885	3.55	15.86	5.5	2400	9600

Определяем удельные трудоемкости:

для ЗИЛ-130 $t_{\text{уд}} = \frac{2,5}{3,0} + \frac{10,6}{12,0} + 4 = 5,71 \text{ чел-ч/1000 км};$

для ГАЗ -53 $t_{\text{уд}} = \frac{2,2}{2,4} + \frac{9,1}{9,6} + 3,7 = 5,57 \text{ чел-ч/1000 км};$

для КАЗ-608 $t_{уд} = \frac{3,5}{3,0} + \frac{11,6}{12,0} + 4,6 = 6,76$ чел-ч/1000 км;

для ЗИЛ-130 $t_{уд} = \frac{3,55}{2,4} + \frac{15,86}{9,6} + 5,5 = 8,63$ чел-ч/1000 км;

- коэффициенты приведения разных марок к автомобилю ЗИЛ -130:

ГАЗ-53 $K_{np} = \frac{5,57}{5,71} = 0,98;$

КАЗ-608 $K_{np} = \frac{6,76}{5,71} = 1,18(1,184);$

ЗИЛ-130ВІ $K_{np} = \frac{8,63}{5,71} = 1,51.$

Приведенное количество автомобилей:

$$A_{np} = 120 \frac{210}{210} + 86 \frac{100}{210} 0,98 + \frac{230}{210} 64 \cdot 1,18 + 120 \frac{260}{210} 1.$$

Величина входящего потока требований на техническое обслуживание определяется по выражениям:

$$N_{c2} = \frac{A_u \cdot l_{cc}}{L_2} \cdot \alpha_T ; \quad (7)$$

$$N_{c1} = \frac{A_u \cdot l_u}{L_1} \cdot \alpha_T - N_{c22}, \quad (8)$$

где N_{c1}, N_{c2} – входящий поток требований на ТО-2 и ТО-1; A_u – списочное количество автомобилей; l_{cc} – среднесуточный пробег; α_T – коэффициент технической готовности; L_2, L_1 – периодичность ТО-2, ТО-1.

Входящий поток требований на текущий ремонт определяется по формуле:

$$N_{cTp} = \frac{A_u \cdot l_{cc}}{L_{Tp}}, \quad (9)$$

где L_{Tp} – наработка на текущий ремонт;

$$L_{Tp} = \frac{1}{\omega} \cdot K_p, \quad (10)$$

где ω – параметр потока отказов; K_p – коэффициент совместного устранения отказов при постановке автомобиля в ТР.

Если зона ТР состоит из однотипных универсальных постов, то параметр ω - потока отказов рассматривается как суммарный по автомобилю в целом. Если зона ТР состоит из однотипных универсальных постов, то следует рассматривать параметры потока отказов на каждый тип постов. При этом должно выполняться условие:

$$\omega = \sum_{i=1}^n \omega_i \quad \text{или} \quad N_{CTP} = \sum_{i=1}^n N_{ci}, \quad (11)$$

где ω_i – параметр потока отказов на i постов; n – количество типов постов; N_{ci} – входящий поток требований на i - й тип постов.

Специализированные участки АТП создаются для выполнения работ по обслуживанию и ремонту снятых с автомобиля агрегатов, узлов, механизмов и деталей. Каждый участок может специализироваться на группы агрегатов или работ. Например, в агрегатном отделении выполняется работа по ремонту коробок передач, сцеплений, карданных передач, редукторов ведущих мостов, рулевого управления, тормозной системы и т.п. При этом формируются самостоятельные входящие потоки от каждого наименования агрегатов. Они характеризуются различной трудоемкостью работ, поэтому входящие потоки необходимо приводить к одному виду по формуле:

$$N_{cnp} = \sum_{i=1}^n N_{ci} \cdot \frac{t_i}{t_{np}}, \quad (12)$$

где N_{cnp} – приведенный входящий поток требований на участок; N_{ci} - поток требований на ремонт агрегата i - го вида; t_i – продолжительность ремонта агрегата i - го вида; t_{np} – продолжительность ремонта агрегата, к которому осуществляется приведение.

В этом случае общий поток требований на участок будет характеризоваться оценочными показателями: приведенным потоком требований N_{cnp} , продолжительностью ремонта агрегата, к которому осуществляется приведение.

7. Лабораторно-практическая работа №2.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИВЕДЕННОГО ПОТОКА ТРЕБОВАНИЙ В АГРЕГАТНОМ УЧАСТКЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

Пример: Определить приведенный к коробке передач входящий поток требований в агрегатный участок, если в день проводят ремонт 12 сцеплений, 9 коробок передач, 6 редукторов задних мостов, замену накладок на 34 тормозных колодках, а продолжительность работ по ремонту соответственно составляет 2; 4; 3,5; 0,3 часа.

Поток требований, приведенных к коробке передач, составляет:

$$N_{сnp} = 9 + 12 \frac{2}{4} + 6 \frac{3,5}{4} + 34 \frac{0,3}{4} = 22$$

Примеры систем массового обслуживания

Каждая система массового обслуживания (СМО) задается четверкой индексов (букв, цифр), отделенных друг от друга вертикальными черточками.

При этом на первом месте стоит буква, характеризующая входящий поток требований:

М – простейший (марковский) входящий поток;

Д – детерминированный (регулярный) входящий поток;

G_{cc} – рекуррентный входящий поток;

E_к – поток Эрланга К –го порядка и т.д.

На третьем месте стоит цифра, указывающая число обслуживающих каналов СМО.

На четвертом месте стоит цифра, указывающая число требований, которые могут одновременно находиться в очереди.

Например, М/Д/5/2 = 20 это СМО, на входе которого действует простейший поток, длительность обслуживания, число обслуживающих приборов равно 5, максимальное число требований, ожидающих в очереди, равно $z=20$.

Показатели оценки одноканальной СМО с отказами

Относительная пропускная способность канала

$$g = \frac{\mu}{\omega + \mu}, \quad (13)$$

где ω – интенсивность потока автомобилей на обслуживание (частота поступления заявок; μ – интенсивность обслуживания определяется:

$$\mu = \frac{1}{t_{обс}}, \quad (14)$$

$t_{обс}$ – время обслуживания заявки.

Абсолютная пропускная способность канала вычисляется по формуле:

$$A = \frac{\omega}{g}, \quad (15)$$

Абсолютная пропускная способность определяет интенсивность потока, образовавшегося на выходе канала обслуживания с учетом частоты поступления в канал заявок ω и интенсивности их обслуживания μ .

Вероятность отказа, т.е. вероятность появления не обслуженных заявок, определяется по формуле:

$$P_{отк} = \frac{\omega}{\omega + \mu}. \quad (16)$$

Среднее число занятых постов $n_{зан}$ равно вероятности отказов в обслуживании

$$n_{зан} = P_{отк} = \frac{\omega}{\omega + \mu}. \quad (17)$$

8. Лабораторно-практическая работа №3.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ С РАЗЛИЧНЫМ КОЛИЧЕСТВОМ ТОПЛИВНО-РАЗДАТОЧНЫХ КОЛОНОК

Пример:

Придорожная АЗС с одной топливораздаточной колонкой и отказами, так как нет кармана для расположения автомобилей в очереди. Интенсивность потока автомобилей на заправку $\omega = 0,8$ авт./мин.

Средняя продолжительность заправки $t_{обс} = 1,5$ мин.

Определить оценочные показатели работы автозаправочной станции.

Интенсивность обслуживания:

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{обс}}} = \frac{1}{1,5} = 0,667 \left(\frac{1}{\text{мин}} \right),$$

Относительная пропускная способность:

$$g = \frac{0,667}{0,8 + 0,667} = 0,445,$$

т.е. около 45% автомобилей будут заправлены.

Абсолютная пропускная способность

$$A = \omega \cdot g = 0,8^x \cdot 0,445 = 0,356,$$

т.е. в течение минуты обслуживается 0.356 автомобиля.

Вероятность отказа в обслуживании:

$$P_{\text{отк}} = \frac{\omega}{\omega + \mu} = \frac{0,8}{0,8 + 0,667} = 0,545.$$

Показатели оценки многоканальной СМО с отказами.

Приведенная плотность потока заявок на обслуживание

$$\rho = \frac{\omega}{\mu}. \quad (18)$$

Вероятность того, что в системе нет требований

$$P_o = \frac{1}{1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!}} = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!}}, \quad (19)$$

где k – изменяется от 1 до n .

Вероятность того, что в системе находится K требований

$$P_k = \frac{\rho^k}{k!} \cdot P_o, \quad (20)$$

где k – изменяется от 1 до n .

Вероятность отказа в обслуживании

$$P_{\text{отк}} = \frac{\rho^n}{n!} \cdot P_o. \quad (21)$$

Относительная пропускная способность – вероятность того, что заявка будет принята к обслуживанию

$$g = 1 - P_{отк} . \quad (22)$$

Абсолютная пропускная способность

$$A = \omega(1 - P_{отк}) . \quad (23)$$

Среднее число занятых каналов

$$n_{зак} + \rho \cdot (1 - P_{отк}) . \quad (24)$$

Пример 2: Придорожная АЗС с отказами и тремя топливораздаточными колонками.

$$\omega = 0,75 \text{ авт/мин};$$

$$t_{обс} = 1,6 \text{ мин.}$$

Определить оценочные показатели эффективности АЗС

Решение:

Интенсивность обслуживания

$$\mu = \frac{1}{t_{отс}} = \frac{1}{1,6} = 0,625 \text{ I /мин.}$$

Приведенная плотность потока требований

$$\rho = \frac{\omega}{\mu} = \frac{0,75}{0,625} = 1,2$$

Вероятность того, что все колонки свободны (простаивают)

$$P_o = \frac{1}{\sum_{k=0}^K \frac{P_k}{K!}}$$

$$P_k = 0,22 \text{ при } K = 2.$$

Вероятность того, что все колонки заняты (вероятность отказа)

$$P_{отк} = P_3 = \frac{\rho^3}{3!} = \frac{1,2^3}{3!} \cdot 0,312 = 0,09.$$

Относительная пропускная способность

$$g = 1 - P_{отк} = 1 - 0,09 = 0,91,$$

т.е. 91% автомобилей будут заправлены.

Абсолютная пропускная способность

$$A = \omega(1 - P_{отк}) = 0,75 \cdot 0,91 = 0,68,$$

т.е. в течение минуты обслуживаются 0,68 автомобиля.

Среднее число занятых каналов

$$n_{зан} = \rho(1 - P_{отк}) = 1,2 \cdot 0,91 = 1.$$

Выводы: на АЗС в среднем будет занята одна колонка из трех, а остальные будут простаивать. Однако 91% автомобилей будет заправляться топливом.

Показатели оценки одноканальной СМО с ограничением на длину очереди

Вероятность того, что канал свободен

$$P_o = \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{m+2}}, \quad (25)$$

где ρ – приведенная плотность потока.

Вероятность образования очереди

$$\Pi = \rho^2 \cdot P_o. \quad (26)$$

Вероятность отказа в обслуживании

$$P_{отк} = \frac{\rho^{m+1} \cdot (1 - \rho)}{1 - \rho^{m+2}}. \quad (27)$$

Относительная пропускная способность

$$g = 1 - P_{отк} = 1 - \frac{\rho^{m+1} \cdot (1 - \rho)}{1 - \rho^{m+2}}. \quad (28)$$

Абсолютная пропускная способность

$$A = \omega \cdot g. \quad (29)$$

Среднее количество занятых каналов

$$n = \frac{\rho - \rho^{m+2}}{1 - \rho^{m+2}}, \quad (30)$$

Среднее число заявок, находящихся в очереди

$$r = \frac{\rho^2 [1 - \rho^m (m + 1 - m\rho)]}{(1 - \rho^{m+2})(1 - \rho)}. \quad (31)$$

Количество требований, связанных с системой, т.е. находятся под обслуживанием и в очереди

$$k = r + n_{зак}. \quad (32)$$

Среднее время простоя требования в очереди

$$t_{om} = \frac{r}{\omega}. \quad (33)$$

Среднее время пребывания заявки в системе

$$t_{сист} = t_{ож} + g \cdot t_{омс}. \quad (34)$$

9. Лабораторно-практическая работа №4.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПУНКТА МОЙКИ АВТОМОБИЛЕЙ

Пример: Мойка автомобилей. Количество моечных установок одна ($n=1$). Длина очереди ограничена ($m=3$), так как площадь для очереди рассчитана на 3 автомобиля, интенсивность поступления заявок на мойку $\omega=1$ треб/мин. Продолжительность мойки $t_{ом}=1.25$ мин. Определить оценочные показатели эффективности мойки.

Интенсивность обслуживания

$$\mu = \frac{1}{t_{абс}} = \frac{1}{1,25} = 0,8.$$

Приведенная плотность потока

$$\rho = \frac{\omega}{\mu} = \frac{1}{0,8} = 1,25.$$

Вероятность простоя моечной установки

$$P_o = \frac{1-\rho}{1-\rho^{m+2}} = \frac{1-1,25}{1-1,25^5} = 0,122.$$

Вероятность образования очереди

$$P = \rho^2 \cdot P_o = 1,25^2 \cdot 0,122 = 0,191$$

Вероятность отказа в обслуживании

$$P_{отк} = \frac{\rho^{m+1}(1-\rho)}{1-\rho^{m+2}} = \frac{1,25^4(1-1,25)}{1-1,25^5} = 0,297.$$

Относительная пропускная способность

$$g = 1 - P_{отк} = 0,703,$$

т.е. 70% автомобилей будут вымыты.

Абсолютная пропускная способность

$$A = \omega \cdot g = 1 \cdot 0,703 = 0,703,$$

т.е в течение минуты обслуживаются 0,703 автомобиля.

Среднее количество занятых каналов

$$n_{зан} = \frac{1,25 - 1,25^5}{1 - 1,25^5} = 0,88.$$

Средняя длина очереди

$$r = \frac{1,25^2 \cdot 1 - 1,25^3(3 + 1 - 3 \cdot 1,25)}{(1 - 1,25^5)(1 - 1,25)} = 1,56.$$

Количество автомобилей, связанных с системой

$$k = r + n_{зан} = 1,56 + 0,88 = 2,44,$$

Среднее время простоя в очереди

$$t_{oc} = \frac{r}{\mu} = \frac{1,56}{1} = 1,56 \text{ мин.}$$

Среднее время пребывания заявки в системе

$$t_{сист} = 1,56 = 0,703 \cdot 1,25 = 2,4 \text{ мин.}$$

Показатели оценки одноканальной СМО без потерь

В этой СМО снято ограничение на длину очереди. Она может быть равна бесконечности ($r = \infty$), т.е. в данной системе не будет отказа в обслуживании требований ($P_{отк} = 0$). При $\rho < 1$ показатели оценки эффективности будут:

Вероятность простоя канала

$$P_o = 1 - \rho. \quad (35)$$

Вероятность образования очереди

$$П = \rho^2 \cdot P_o. \quad (36)$$

Относительная пропускная способность

$$g = 1 - P_{отк}. \quad (37)$$

Абсолютная пропускная способность

$$A = \omega \cdot g. \quad (38)$$

Среднее количество занятых каналов

$$n_{зан} = \rho = \frac{\omega}{\mu}. \quad (39)$$

Средняя длина очереди

$$r = \frac{\rho^2}{1 - \rho}. \quad (40)$$

Количество требований, связанных с системой,

$$k = r + n_{\text{зак}}. \quad (41)$$

Среднее время простоя в очереди

$$t_{\text{окс}} = \frac{\rho}{\mu \cdot (1 - \rho)}. \quad (42)$$

Среднее время пребывания требования в системе

$$t_{\text{сист}} = t_{\text{окс}} + t_{\text{отс}}. \quad (43)$$

10. Лабораторно-практическая работа №5.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОСТА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Пример: В АТП имеется один пост диагностирования автомобилей ($n=1$). Система без потерь ($r = \infty$). Определить показатели эффективности системы диагностирования, если интенсивность потока на диагностирование $\omega = 2$ треб/час. Продолжительность диагностирования $t_{\text{обс}} = 0,4$ час.

Интенсивность обслуживания

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{обс}}} = \frac{1}{0,4} = 2,5.$$

Приведенная плотность потока

$$\rho = \frac{\omega}{\mu} = \frac{2}{2,5} = 0,8.$$

Вероятность простоя поста

$$P_o = 1 - \rho = 1 - 0,8 = 0,2.$$

Вероятность образования очереди

$$P = \rho^2 \cdot P_o = 0,8^2 \cdot 0,2 = 0,128.$$

Относительная пропускная способность $g = 1$, так как все автомобили пройдут через систему диагностирования.

Абсолютная пропускная способность

$$A = \omega \cdot g = 2 \text{ треб/час.}$$

Средняя длина очереди

$$r = \frac{\rho^2}{1 - \rho^2} = \frac{0,8^2}{1 - 0,8} = 3,2.$$

Среднее количество занятых постов

$$n_{зак} = \rho = 0,8.$$

Количество автомобилей ,связанных с системой,

$$k = r + n_{зак} = 3,2 + 0,8 = 4.$$

Среднее время пребывания автомобиля в системе

$$t_{сист} = t_{отс} + t_{обс} = 1,6 + 0,4 = 2 \text{ часа.}$$

Показатели оценки многоканальной СМО с ограничением на длину очереди

Вероятность того, что все каналы свободны

$$P_o = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^{n+1}}{n(n - \rho!)}}. \quad (44)$$

Вероятность образования очереди

$$\Pi = \frac{\rho^n}{n!} \cdot P_o. \quad (45)$$

Вероятность отказа в обслуживании

$$P_{отк} = \frac{\rho^{n+m}}{n^m \cdot n!} \cdot P_o. \quad (46)$$

Относительная пропускная способность

$$g = 1 - \frac{\rho^{n+m}}{n^n n!} \cdot P_o. \quad (47)$$

Абсолютная пропускная способность

$$A = \omega \cdot g, \quad (48)$$

Среднее количество занятых аппаратов

$$n_{зан} = \rho(1 - P_{отк}), \quad (49)$$

Среднее число заявок, находящихся в очереди

$$r = \frac{\rho}{n} \cdot \Pi \left[1 + \sum_{k=1}^n (k+1) \frac{\rho^k}{n^k} \right], \quad (50)$$

Количество требований, связанных с системой

$$K = r + n_{зан}. \quad (51)$$

Среднее время простоя в очереди

$$t_{om} = \frac{\Pi}{n \cdot \mu} \cdot \left[1 + \sum_{k=1}^{n-1} (k+1) \cdot \frac{\rho^k}{n^k} \right]. \quad (52)$$

Среднее время пребывания требования в системе

$$t_{cисм} = t_{om} + g \cdot t_{обс}. \quad (53)$$

11. Лабораторно-практическая работа №6.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТАНЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОЙКОЙ

Пример: СТО осуществляет ремонт автомобилей и имеет пять рабочих постов ($n = 5$), количество машиномест ожидания три ($n = 3$).

Интенсивность поступления автомобилей составляет 20 единиц в день ($a = 20$). Средняя продолжительность ремонта $t_{омс} = 0,2$ дня.

Определить показатели эффективности работы СТО.

$$\mu = \frac{1}{t_{омс}} = \frac{1}{0,2} = 5.$$

Приведенная плотность потока требований

$$\rho = \frac{\omega}{\mu} = \frac{20}{5} = 4$$

Вероятность того, что все посты свободны

$$P_o = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{4^k}{k!} + \frac{4^5}{5!} \cdot \frac{4/5(4/5)^4}{1 - \frac{4}{5}}} = 0,0167.$$

Вероятность образования очереди

$$\Pi = \frac{4^5}{5!} \cdot 0,0167 = 0,142.$$

Вероятность отказа в обслуживании

$$P_{отк} = \frac{4^{(5+3)}}{5^3 5!} \cdot 0,167 = 0,072,$$

т.е. 7,2% автомобилей получают отказ в проведении ремонта и покинут СТО.

Относительная пропускная способность

$$g = 1 - \frac{4^8}{5^3 5!} \cdot 0,0167 = 0,928,$$

т.е. 92,8% автомобилей будет принято на ремонт.

Абсолютная пропускная способность СТО

$$A = 0,928 \cdot 20 = 18,56,$$

т.е. в среднем 18,56 автомобилей будет ремонтироваться на СТО ежедневно.

Среднее количество занятых постов

$$n_{зан} = 4 \left(1 - \frac{4^8}{5^3 5!} \cdot 0,0167 \right) = 3,712.$$

Среднее количество автомобилей, находящихся в очереди

$$r = \frac{4}{5} \cdot 0,412 \left[1 + \sum_{n=1}^2 (+1) \frac{4^k}{5^k} \right] = 0,693.$$

Среднее количество автомобилей, связанных с системой

$$A = 0,693 + 3,712 = 4,405.$$

Среднее время простоя в очереди

$$t_{сред} = \frac{0,142}{5,5} \left[1 + \sum_{k=1}^r k + 1 \right) \frac{4^k}{5^k} \right] = 0,0346.$$

Каждый автомобиль в среднем простаивает в очереди 0,346 рабочего дня

$$t_{сред} = 0,0346 + 0,928 \cdot 0,2 = 0,22.$$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Лукин, В.П. Закономерности формирования производительности и пропускной способности средств автообслуживания / В.П.Лукин, В.М. Власов. – М.: МАДИ, 1987.- 64 с.
2. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. – М.: Транспорт, 1986.- 72 с.
3. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для ВУЗов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / под ред. Е.С.Кузнецова, 4 изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 2004. – 535 с.
4. Техническая эксплуатация автомобилей: методические указания для студентов специальности 160901 «Оценка модели ТЭ подвижного состава автомобильного транспорта» / сост. Л.Ф. Фомягин. – Вологда: ВоГТУ, 2006. –25 с.