

УДК 656.1

## МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ЗОНЫ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА

**Котельников Александр Михайлович**

магистрант

**Ланцев Владимир Юрьевич**

доктор технических наук, доцент

[Lan-vladimir@yandex.ru](mailto:Lan-vladimir@yandex.ru)

**Степин Игорь Юрьевич**

ассистент

**Королев Дмитрий Анатольевич**

магистрант

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация:** авторами проведен анализ методов расчета параметров зоны текущего ремонта. Рассмотрены недостатки и пути их устранения.

**Ключевые слова:** метод, детерминированный, вероятностный, текущий ремонт, оптимизация.

Автомобильный транспорт играет значительную роль в социально-экономическом развитии страны. На его долю приходится до 69,2% перевозок пассажиров и 67,1% перевозимых грузов [3, 13].

Перевозки пассажиров осуществляются с помощью автотранспортных средств, автобусов, число которых непрерывно растет.

В то же время автомобильный транспорт является сферой деятельности, требующей значительных капитальных вложений из которых существенная доля затрат приходится на поддержание работоспособности автомобилей.

Поддержание работоспособности осуществляется путем применения планово-предупредительной системы (ППС) технического обслуживания (ТО) и ремонта, и наличием соответствующей производственно-технической базы. Производственно – техническая база (ПТБ) любого автотранспортного состоит из многих элементов, предназначенных для обслуживания, ремонта и хранения автомобилей. Одним из основных является зона текущего ремонта (ТР), представляющая собой совокупность постов с различным технологическим оборудованием. Зона ТР – это ключевой элемент в обеспечении технической готовности, поскольку является первичным звеном в работе по восстановлению утраченной работоспособности [1, 14]. На неё приходится свыше 60% общей трудоемкости ремонтных работ и до 70% площадей отапливаемых производственных помещений. Недостаток мощностей по ТР приводит к увеличению непроизводительных простоев автомобилей, избыток – к неэффективному использованию капиталовложений. В связи с этим, определение необходимых параметров зоны ТР АТП является актуальной научно-практической задачей.

Технологический процесс ТР выполняется на рабочих постах, т.е. участке производственной площади, снабженной оборудованием и приспособлениями, предназначенном для размещения автомобиля и выполнения одной или нескольких однородных работ и включающем одно или несколько рабочих мест.

Большое количество постов приводит к значительным затратам на содержание производственной базы, а недостаток – к простоям автобусов в ожидании ремонта, снижению качества и высоким затратам труда [7, 10, 15].

Существуют два метода расчета количества постов (рис.1).



Рисунок 1 - Методы расчета числа постов ТР

Наиболее часто среди вероятностных методов [4-6, 9, 16] используется метод, основывающийся на использовании элементов системы массового обслуживания любого вида является:

1. входной поток поступающих требований или заявок на обслуживание;
2. дисциплина очереди;
3. механизм обслуживания.

Функциональные возможности любой системы массового обслуживания определяются следующими основными факторами:

1. вероятностным распределением моментов поступлений заявок на обслуживание (единичных или групповых);
2. вероятностным распределением времени продолжительности обслуживания;
3. конфигурацией обслуживающей системы (параллельное, последовательное или параллельно-последовательное обслуживание);
4. количеством и производительностью обслуживающих каналов;
5. дисциплиной очереди;
6. мощностью источника требований.

Если представить ремонтную зону комплексного автотранспортного предприятия как систему массового обслуживания, то она является многоканальной замкнутой системой с ожиданием.

Разработанные методики расчета числа постов ТР (каналов обслуживания) основываются на ряде допущений:

- признают поток поступлений автомобилей в зону ТР простейшим;
- признают единственно возможным закон экспоненциального распределения.

Простейший поток, носящий название Пуассоновского, требований и обладает свойствами:

- Стационарностью – вероятностные характеристики потока для любого интервала времени зависят только от длительности этого интервала.
- Ординарностью – в бесконечно малом интервале времени вероятность появления двух и более событий бесконечно мала.
- Отсутствием последствий – начиная с некоторого момента времени вероятность появления отказа в рассматриваемом интервале не зависит от того, сколько было отказов до момента начала рассматриваемого промежутка времени.

Так же принимается, что время устранения отказа распределено по экспоненциальному закону.

Теоретически вопросы применения СМО глубоко разработаны и при наличии мощного программного обеспечения и математического аппарата для решения задач, позволяют получить определенный положительный эффект.

Однако, принятые допущения далеко не всегда являются отражением реального производства. Так, допущение о стационарном характере потока часто не находит подтверждения. Принципы «ординарности» и «отсутствие последствий» часто нарушаются. Входящий поток часто не является экспоненциальным, из-за большого числа факторов на него влияющих. При текущем ремонте отказы могут являться следствием, не обнаруженных при устранении отказа неисправностей. Например, устранение отказов привода топливной аппаратуры может означать пропуск дефектов в деталях самой топливной аппаратуры. Это объясняет несогласованность теоретических решений и практических реалий. Эти недостатки частично устраняются в ряде работ. Так в качестве критерия эффективности принимается минимум суммарных затрат.

Напольский Г.М. [1] при расчете параметров производственной базы предлагает учитывать неравномерность поступления в течение суток, смены, в функции количества транспортных средств.

Ряд авторов делают упор на учете сезонной составляющей [8]. Ряд авторов пытаются совместить детерминированные элементы расчета с вероятностными.

Метод имитационного моделирования [2,11, 17, 18] - состоит в том, что процесс функционирования сложной системы представляется в виде определенного алгоритма, то есть логических действий, которые и реализуются на ЭВМ. По результатам реализации могут быть сделаны те или иные выводы относительно исходного процесса. В имитационном моделировании применяется не только логика, но и весь аппарат численного моделирования.

В процессе имитационного моделирования (рис. 2) возникают четыре основных элемента:

- реальная система;
- логико-математическая модель моделируемого объекта;
- имитационная (машинная) модель;
- ЭВМ, на которой осуществляется имитация.



Рисунок 2 – Блок – схема имитационного моделирования

Наиболее сложной задачей для исследователя является разработка логико-математической модели. Составной характер сложной системы описывает представление ее модели в виде трех множеств:

- 1 – множество элементов (в их число включается и внешняя среда);
- 2 – множество допустимых связей между элементами (структура модели);
- 3 – множество рассматриваемых моментов времени.

Особенностью имитационного моделирования является то, что имитационная модель позволяет воспроизводить моделируемые объекты:

- с сохранением их логической структуры;
- с сохранением поведенческих свойств (последовательности чередования во времени событий, происходящих в системе), т.е. динамики взаимодействий.

В настоящий момент создано довольно большое многообразие алгоритмов и программного продукта, посвященного моделированию работы

средств автообслуживания и технологическому проектированию АТП [9].

Алгоритм, представленный в работе Завадского Ю. В. [6] в значительной мере устанавливает общий методологический подход к машинному моделированию работы средств автообслуживания. Стохастический характер исследуемого процесса поступления и обслуживания обращений в ТР учитывается путем разыгрывания при помощи генераторов случайных чисел двух независимых случайных величин — промежутка между описания процесса сводится к определению соответствующих теоретических распределений. Оптимальный вариант может быть определен по критерию минимума себестоимости единицы продукции перебором всех возможных вариантов.

Преимущества алгоритма представленного типа - простота и абсолютная реализуемость на любом примере, универсальность, малое число входных величин. Задача получения математического описания сводится к получению соответствующих теоретических распределений. Критерий оптимизации – минимум себестоимости единицы продукции.

Метод обладает рядом преимуществ. Однако не обладает необходимой гибкостью при изменении входных условий

Особого внимания заслуживает современное ПО «ModellingRZ», представленное в работе Сергиенко Е.В., который при моделировании старается учесть сезонную составляющую. Экспериментальная часть осуществлялась в условиях Сибири для грузовых автомобилей большой грузоподъемности. Среднее значением параметра потока отказов для отдельных автомобилей и величина суммарной интенсивности потока отказов для парка в целом определяется на основании регрессионных уравнений, коррелирующих с перечисленными параметрами. При реализации алгоритма стохастический процесс обслуживания также моделируются при помощи генераторов случайных чисел. Моделирование работы по выполнению заявок осуществляется путем последовательной обработки каждой в три этапа: генерация времени поступления через среднее значение

и закон распределения параметра потока отказов в данный период; розыгрыш при помощи генератора случайных чисел продолжительности обслуживания, в зависимости от месяца года, вероятностным законам; фиксация времени окончания обслуживания; сбор статистики и печать отчетов, переход к обработке следующей заявки. Количество постов изменяется автоматически в пределах заранее заданного интервала,  $N_{тр}$  выводится аналогичным образом, по критерию минимума капитальных и текущих затрат. Подобный подход к решению задачи дает возможность учесть в модели ряд значимых факторов, формирующих размер производственной программы по ТР и неравномерность поступления [18, 19]. Недостатком является привязка программы к исходным регрессионным моделям, характеризующих взаимоотношения факторов. Предназначенное к применению на АТП общего пользования и в управлениях технологического транспорта, представленное ПО малоприменимо с точки зрения технологического расчета пассажирских АТП, имеющих в работе другие приоритеты.

Таким образом, необходимость разработки вероятностных методов на основе СМО и имитационного моделирования была вызвана необходимостью учета случайного характера поступления заявок на ТР.

Расчеты, использующие формулы теории массового обслуживания, справедливы при условии, что поток заявок является простейшим. Некоторыми авторами отмечается, что использование модели простейшего потока объясняется стремлением упрощения решения задач. В случае значительной неравномерной эксплуатации автомобилей поток заявок на ТР отличается от простейшего, а расчеты, выполненные по формулам теории массового обслуживания, могут привести к существенным расхождениям между полученными значениями параметров и реально необходимыми. Многими авторами отмечена сложность проведения расчетов при несоответствии закона входных параметров, экспоненциальному [20].

Для использования этих методик требуется знание закономерностей влияния различных факторов на оптимальные параметры зоны ТР.



Следовательно, для оптимизации количества постов можно производить по критерию минимума суммарных эксплуатационных затрат на содержание зоны ТР. Основным параметром, характеризующим зону текущего ремонта является количество постов. Анализ детерминированных и вероятностных методик расчета показал, что применение вероятностных методов предполагает большое число допущений по характеристикам входящих потоков, назначению постов и расстановки приоритетов обслуживания, оборудованию. Соответственно, применение вероятностных методов требует разработки программного обеспечения, на основе глубокого анализа существующих условий эксплуатации, что в условиях небольших предприятий приводит к повышению непроизводительных затрат при незначительном экономическом эффекте. В результате анализа детерминированных методов расчета выявлено, что основная проблема заключается в недостаточном учете среднемесячного и среднегодового пробега автобусов и методик, определения коэффициента неравномерности поступления автобусов на посты ТР.

#### **Список литературы:**

1. Болбас М. М. Проектирование предприятий автомобильного транспорта: учебное пособие для студентов по специальности «Техническая эксплуатация автомобилей» / М. М. Болбас, Н. М. Капустин, А. С. Савич, под ред. М. М. Болбаса - Минск: Адукацыя 1 выхаванне, 2004. - 528 с.
2. Гнеденко Б. В. Введение в теорию массового обслуживания/ Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. - М.: КомКнига, 2005. - 400 с.
3. Грузовые перевозки в России: обзор текущей статистики. Электронный ресурс: Режим доступа: <https://ac.gov.ru/archive/files/publication/a/24196.pdf>].
4. Захаров Н.С. Проектирование автотранспортных предприятий с использованием ПЭВМ . - Тюмень: ТюмГНГУ, 1998. - 409 с.

5. Захаров Н.С. Использование распределения при моделировании процессов изменения качества автомобилей: / Известия вузов. Нефть и газ. - 1999. №3. - С. 105-111.
6. Завадский Ю. В. Решение задач автомобильного транспорта методом имитационного моделирования/ Ю. В. Завадский. - М.: Транспорт, 1977.-72 с.
7. Малкин В.С. Основы эксплуатации и ремонта автомобилей/ В.С. Малкин, Ю.С. Бугаков. – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 431с.
8. Ногин В. Д. Основы теории оптимизации: учеб. пособие для студентов вузов / В.Д. Ногин, И. О. Протодьяконов, И. И. Евлампиев - М.: Высш. шк., 1986. - 384 с.
9. Панин А.В. Исследование вопросов оптимизации работы системы ТО и ремонта базовых предприятий автотранспортных объединений: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М., 1981. - 20 с.
10. Сарбаев В.И. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: механизация и экологическая безопасность производственных процессов/ В.И. Сарбаев, С.С. Селиванов, Коноплев В.Н., Ю.Н. Демин – Ростов н/Д: «Феникс», 2004. – 448с.
11. Якунин Н.Н. Методологические основы контроля и управления техническим состоянием автомобилей в эксплуатации/ Н.Н.Якунин. М.: Машиностроение-1, 2003. - 178с.
12. Повышение смазывающих свойств топлива / В.В. Остриков, А.Ю. Корнев, К.А. Манаенков, А.Ю. Бектилезов // Сельский механизатор. - 2012. - № 4. - С. 34-35
13. Аналитическая оценка свойств дисперсно-упрочненных гальванических композитных многослойных покрытий / С.Ю. Жачкин, Н.А. Пеньков, А.И. Краснов, К.А. Манаенков // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2015. - № 1. - С. 142-149.
14. Остриков В.В. Использование масел в двигателях зарубежной техники / В.В. Остриков, А.Ю. Корнев, К.А. Манаенков // Сельский механизатор. - 2012. - № 5. - С. 32-33.

15. Актуальность подготовки инженерных кадров для обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственного производства / И.П. Криволапов, С.Ю. Щербаков, К.А. Манаенков // Сб.: Экологическая педагогика: проблемы и перспективы в свете развития технологий Индустрии 4.0: материалы Международной научной школы, организованной при финансовой поддержке Администрации Тамбовской области. - 2017. - С. 22-24

16. Технологии и техника промышленного садоводства: монография / А.И. Завражнов, А.А. Завражнов, В.Ю. Ланцев, К.А. Манаенков, В.Ф. Федоренко. Москва: ФГБНУ «Росиформагротех». – 2016. – 520 с.

17. Хатунцев В.В. Перспективные методы диагностики как инструмент совершенствования технического сервиса мобильной сельскохозяйственной техники / В.В. Хатунцев, М.М. Мишин, С.А. Козлов // В сборнике: СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ, ПОСВЯЩЕННЫЙ 85-ЛЕТИЮ МИЧУРИНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА. в 4 т.. – Мичуринск. – 2016. – С. 88-93.

18. Analysis of the characteristics of natural gas as fuel for vehicles and agricultural tractors / Al-Maidi A.A.H., Rodionov Y.V., Nikitin D.V., Chernetsov D.A., Vdovina E.S., Mikheev N.V. // Plant Archives. - 2019. - Т. 19. - С. 1213-1218.

19. Каданцев С.Н. Способы определения межремонтного периода для сельскохозяйственной мобильной техники / С.Н. Каданцев, В.В. Хатунцев // В сборнике: Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК. Материалы международной научно-практической конференции. Сборник научных трудов. Под общей редакцией В.А. Солопова. – 2017. – С. 117-123.

20. Ресурсосберегающий технологический процесс послеремонтной обкатки двигателей тракторов / В.В. Остриков, А.В. Забродская, В.С. Вязинкин, В.В. Сафонов, А.С. Савенков, К.В. Сафонов, Н.В. Михеев // Научная жизнь. – 2019. – Т. 14. – № 3 (91). – С. 309-315.

UDC 656.1

**METHODS FOR CALCULATING THE PARAMETERS OF THE  
RUNNING REPAIR AREA**

**Alexander Mikhailovich Kotelnikov**

Master's student,

**Vladimir Yurievich Lantsev**

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

[Lan-vladimir@yandex.ru](mailto:Lan-vladimir@yandex.ru)

**Igor Yurievich Stepin**

Assistant

**Dmitry Anatolyevich Korolev**

Master's student

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Annotation.** The authors analyzed the methods for calculating the parameters of the current repair zone. The disadvantages and ways of their elimination are considered.

**Key words:** method, deterministic, probabilistic, current repair, optimization.