

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ СРЕДСТВ ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

При проектировании и реконструкции автотранспортных предприятий (АТП) возникает задача оптимизации средств обслуживания автомобилей, т.е. определение оптимального количества постов зон диагностирования, технического обслуживания (ТО), текущего ремонта (ТР) автомобилей по критерию минимальных суммарных затрат на содержание производственного подразделения и потери прибыли от простоя автомобилей.

Наиболее широко используемыми методами моделирования для оптимизации структуры средств обслуживания автомобилей являются теория массового обслуживания и имитационное моделирование.

Имитационное моделирование является численным методом определения параметров функционирования различных систем по многочисленным реализациям с учетом вероятностного характера протекания процесса. Преимущество имитационного моделирования заключается в том, что оно воспроизводит процесс функционирования системы во времени, при этом имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени.

Рассмотрим методику оптимизации структуры средств обслуживания автомобилей с использованием имитационного моделирования на примере оптимизации зоны первого технического обслуживания (ТО-1) автотранспортного предприятия (АТП) по критерию минимальных суммарных затрат на содержание производственного подразделения и потери прибыли от простоя автомобилей.

Первоначально для заданного количества автобусов был выполнен технологический расчет и определено требуемое количество постов первого технического обслуживания (ТО-1) по детерминированной типовой методике, изложенной в [1, 2]. Расчет проводился для 70 автобусов МАЗ-256, III категория условий эксплуатации, климатический район – умеренно теплый, пробег с начала эксплуатации в долях от пробега до капитального ремонта (ресурса) – до 0,25. Режим работы зоны ТО-1: 302 дня в году, 2 смены, длительность смены 6,7 часа, общее количество автобусов на АТП составляет 200 единиц. Также определялся такт поста, ритм производства и требуемое количество постов ТО-1 по методике, изложенной в [3]. Требуемое расчетное количество постов ТО-1 составило 1,36, а принятое количество постов ТО-1 – 2 поста.

Для имитационного моделирования процесса функционирования зоны ТО использовалась система имитационного моделирования GPSS World Student Version 5.2.2. При составлении имитационной модели процесса функционирования зоны ТО она рассматривалась в виде замкнутой системы массового обслуживания СМО с простейшими потоками. Количество постов в зоне ТО-1 изменялось от одного до пяти.

В системе GPSS World зона ТО моделировалась с помощью одноканального устройства (Facility) в случае одного поста и многоканального устройства (Storage) в случае двух и более постов. Автомобили, требующие ТО, моделировались с помощью транзактов. Сбор статистической информации о времени простоя автомобилей из-за занятости постов ТО осуществлялся с помощью объекта очередь (Queue) [5].

Для моделирования простейшего потока требований интервал времени между соседними событиями должен иметь показательное распределение [4], поэтому интервалы времени поступления автомобилей на ТО задавались по экспоненциальному закону с математическим ожиданием, равным ритму производства, а интервалы времени на обслуживание одного автомобиля – также по экспоненциальному закону с математическим ожиданием равным такту поста.

Процесс имитационного моделирования функционирования зоны ТО состоит из следующих этапов. В имитационной модели функционирования зоны ТО-1 первоначально задавалось количество автомобилей в АТП. Затем выполняется задержка автомобиля на время выполнения транспортной работы до следующего ТО. Интервалы времени поступления автомобилей на ТО-1 задавались по экспоненциальному закону и определялись исходя из количества дней, через которые автомобиль должен поступить на ТО-1, т.е. скорректированный пробег до ТО-1 делился на среднесуточный пробег, а затем полученное количество дней умножалось на время работы зоны ТО-1 в сутки. Далее автомобиль проходит ТО и возвращается к выполнению транспортной работы до следующего ТО. Цикл повторяется для каждого автомобиля в течение времени моделирования работы зоны ТО. Время моделирования равнялось времени работы зоны ТО в течение года. Созданная имитационная модель для зоны ТО-1 с двумя постами представлена ниже:

```
*****
INITIAL X$AVTO,70 ; задание количества а/м = 70 ед.
INITIAL X$TIME_DO_TO,254.6 ; задание среднего времени через
; которое выполняется ТО-1 = 254.6 ч.
INITIAL X$OBSL,11.07 ; задание среднего времени на
; выполнение ТО-1 = 11.07 ч.
INITIAL X$TIME_MODEL,4046.8 ; задание времени моделирования
; работы зоны ТО-1 4046.8 ч.
*****
ZONA_TO STORAGE 2 ; создание зоны ТО с 2 постами
GENERATE „,X$AVTO ; генерация транзактов, соотв.
; количеству автомобилей
WORK ADVANCE (EXPONENTIAL(1,0,X$TIME_DO_TO)) ; задержка а/м на время
; выполнения транспортной работы до очередного ТО-1,
; распределенного по экспоненциальному закону
QUEUE ON_TO ; поступление а/м в очередь
; на пост ТО (имя очереди ON_TO)
ENTER ZONA_TO ; занятие зоны ТО а/м
DEPART ON_TO ; выход а/м ИЗ ОЧЕРЕДИ
ADVANCE (EXPONENTIAL(1,0,X$OBSL)) ; задержка а/м на время
; выполнения ТО-1 распределенная по экспоненциальному закону
LEAVE ZONA_TO ; А/М ПОКИДАЕТ ЗОНУ ТО
TRANSFER ,WORK ; переход на блок с меткой Work
*****
GENERATE X$TIME_MODEL ; задание времени
; моделирования зоны ТО
TERMINATE 1 ; остановить моделирование
START 1 ; запуск процедуры моделирования
*****
```

В результате проведения имитационного эксперимента определялись такие характеристики зоны ТО, как средняя длина очереди, среднее время нахождения автомобиля в очереди, количество выполненных технических обслуживаний за время моделирования,

коэффициент использования (загрузки) зоны ТО, среднее число занятых постов зоны ТО (см. таблицу 1). Данные брались из выходного файла статистики Report, полученного при имитационном моделировании.

Как видно из таблицы 1, для зоны ТО с двумя постами количество годовых обслуживаний $N_{ТО1Г}$, полученное по результатам имитационного моделирования, наиболее близко к результатам, полученным по типовой методике, для которой $N_{ТО1Г}$ составляет 784 обслуживания. При количестве постов больше 3 значительно снижается коэффициент загрузки зоны ТО и среднее число занятых постов в зоне, при этом количество обслуживаний ТО-1 за год увеличивается незначительно по сравнению с зоной ТО с 3 постами.

Таблица 1 – Результаты имитационного моделирования зоны ТО-1

Кол-во постов зоны ТО $n_{пост}$	Очередь QUEUE		Зона ТО-1 (одноканальное FACILITY или многоканальное STORAGE устройство)		
	Средняя длина очереди AVE.CONT.	Среднее время нахождения автомобиля в очереди $T_{СР.ОЧ}$, час AVE.TIME	Количество выполненных ТО-1 за время моделирования $N_{ТО1Г}$, ENTRIES	Коэффициент использования (загрузки) зоны ТО $K_{исп}$, UTIL.	Среднее число занятых постов ТО AVE.C.
1	43,669	445,139	348	0,998	0,998
2	16,683	86,887	762	0,997	1,994
3	4,98	19,934	1008	0,962	2,885
4	0,683	2,658	1038	0,711	2,845
5	0,194	0,743	1056	0,58	2,898

По данным имитационного эксперимента возможно определить оптимальное количество постов зоны ТО по критерию минимальных суммарных затрат $Z_{сум}$ от простоя автомобилей в ожидании обслуживания и от простоя постов зоны ТО в ожидании автомобилей на обслуживание. Критерий оптимальности задавался в виде

$$Z_{сум} = n_{пост} \cdot T_{мод} \cdot (1 - K_{исп}) \cdot C_{пр.пост} + N_{ТО1Г} \cdot T_{ср.оч} \cdot C_{пр.авт}, \quad (1)$$

где $n_{пост}$ – количество постов зоны ТО, ед.; $T_{мод}$ – время моделирования, час (в рассматриваемом случае $T_{мод} = 4046,8$ часа); $K_{исп}$ – коэффициент загрузки зоны ТО; $N_{ТО1Г}$ – количество выполненных технических обслуживаний за 1 год (время моделирования зоны ТО); $T_{ср.оч}$ – среднее время нахождения автомобиля в очереди, час; $C_{пр.пост}$, $C_{пр.авт}$ – соответственно потери прибыли из-за простоя одного поста в ожидании поступления автомобиля на ТО и потери прибыли за один автомобиле-час из-за простоя в ожидании ТО, у.е./час.

Наибольшую сложность при определении данного критерия представляет достоверное определение потерь прибыли из-за простоя одного поста, поэтому предварительно рассмотрим, как влияет отношение $C_{пр.авт}/C_{пр.пост}$ на суммарные затраты $Z_{сум.час}$ от простоя автомобилей в ожидании обслуживания и от простоя постов зоны ТО в ожидании автомобилей на обслуживание за один час работы зоны ТО. Суммарные затраты $Z_{сум.час}$ за один час работы зоны ТО определялись с помощью безразмерного критерия по формуле:

$$Z_{сум} = n_{пост} \cdot (1 - K_{исп}) + N_{ТО1Г} \cdot \frac{T_{ср.оч}}{T_{мод}} \cdot \frac{C_{пр.авт}}{C_{пр.пост}}. \quad (2)$$

Результаты расчета представлены на рисунке 1. Как видно из рисунка 1, по мере роста отношения $C_{ПР.АВТ}/C_{ПР.ПОСТ}$ минимальные суммарные затраты $Z_{СУМ.ЧАС}$ за один час работы зоны ТО будут достигаться при большем количестве постов в зоне ТО. При отношении $C_{ПР.АВТ}/C_{ПР.ПОСТ}$ меньше 1 оптимальным является зона ТО с 3 постами, а при отношении $C_{ПР.АВТ}/C_{ПР.ПОСТ}$ равном или больше 1 – зона ТО с 4 постами.

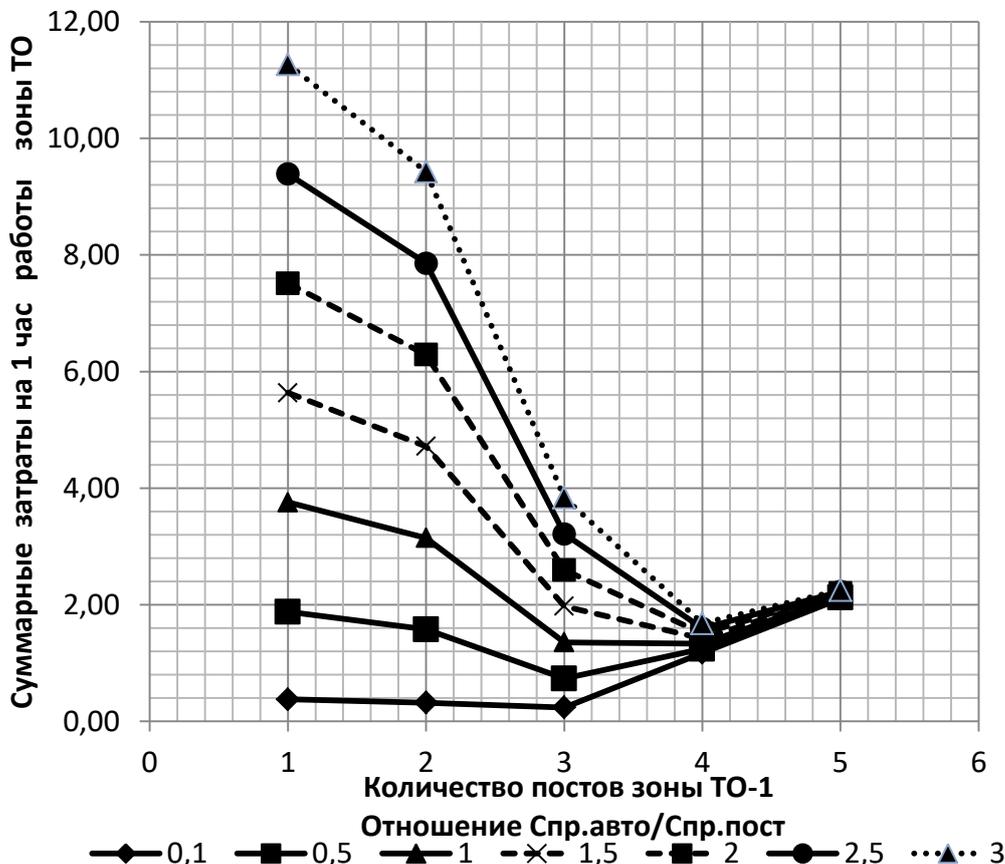


Рисунок 1 – Зависимость суммарных затрат $Z_{СУМ.ЧАС}$ от простоя автомобилей в ожидании обслуживания и от простоя постов зоны ТО в ожидании автомобилей на обслуживание за один час работы зоны ТО от отношения $C_{ПР.АВТ}/C_{ПР.ПОСТ}$ и количества постов ТО

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что для оптимизации средств обслуживания автомобилей, в частности, определения оптимального количества постов зоны ТО, необходимо достоверное определение потерь прибыли из-за простоя постов с учетом всех затрат. Так же представленная имитационная модель зоны ТО не учитывает тот факт, что постановка автомобилей на ТО осуществляется планомерно, с помощью метода оперативного планирования ТО по календарному времени или по фактическому пробегу, что сокращает время ожидания прохождения ТО автомобилями.

Список цитированных источников

1. Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила проведения: ТКП 248-2010 (02190). – Мн.: РУП «БелНИИТ «Транстехника», 2010. – 44 с.
2. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта: ОНТП-01-91. – М.: Росавтотранс, 1991. – 94 с.
3. Проектирование предприятий автомобильного транспорта: учебник / М.М. Болбас, Н.М. Капустин, А.С. Савич [и др.]; под ред. М.М. Болбаса – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2004. – 528 с.
4. Вентцель, Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1988. – 208 с.
5. Шевченко, Д.Н. Имитационное моделирование на GPSS: учеб.-метод. пособие для студентов технических специальностей / Д.Н. Шевченко, И.Н. Кравченя; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2007. – 97 с.