

Полученные результаты показали, что оптимальная степень расширения для первой турбины в первом контуре составит $\pi_m^* = 8,8$; для второй турбины в первом контуре $\pi_m^* = 10$; для турбины второго контура $\pi_m^* = 3,9$.

Общее количество выработанной электрической энергии составит 3825,22 кВт·ч в течение 225 мин. Время работы теплоотрицательной установки, включая время газификации метана в ЕКЗ, время заправки автомобилей и время выработки электроэнергии, составит 24 ч.

Таким образом, проведенные расчеты показывают перспективность исследования в данной области развития энергетических установок, а также позволяют реализовать потенциал энергосбережения при использовании сжиженного природного газа и других криогенных жидкостей.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Довгялло, А.И. Оценка возможности применения теплоотрицательной энергетики в комплексах сжиженного природного газа / А.И. Довгялло, Д.В. Сармин, Д.А. Угланов, А.А. Шириманов // Вестник СГАУ. – 2013. – №3. – С. 93-98.
2. Довгялло, А.И. Топливный баллон: пат. 2163699, Российская Федерация / А.И. Довгялло, С.В. Лукачев [и др.]. – 2001. – Бюл. 6. – 3 с.
3. Алексеев, Г.Н. Прогнозное ориентирование развития энергоустановок. – М.: Наука, 1978. – 200 с.

УДК 629.113:004.94

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК МОДЕЛИРОВАНИЯ СРЕДСТВ ОБЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Монтик С.В., Санюкевич Ф.М.

Брестский государственный технический университет,
Брест, Республика Беларусь

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 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.

Целью данной работы является сравнительный анализ методик моделирования средств обслуживания автомобилей для выбора наилучшей для конкретных условий на основании сравнения получаемых результатов моделирования, адекватности реальным производственным процессам, возможности выполнения оптимизации структуры производственных подразделений.

Сравнение методик моделирования выполнялось на примере моделирования зоны первого технического обслуживания (ТО-1) автобусов комплексного авто-

транспортного предприятия. Первоначально для заданного количества автобусов был выполнен технологический расчет по типовой методике, изложенной в [1, 2]. Расчет проводился для следующих исходных данных: 70 автобусов МАЗ-203; III категория условий эксплуатации; климатический район – умеренный, пробег с начала эксплуатации в долях от пробега до списания (ресурса) – до 0,25; количество транспортных средств, обслуживаемых и ремонтируемых в организации – от 100 до 200 единиц; среднесуточный пробег – 250 км. Режим работы зоны ТО: 252 дня в году, 1 смена, длительность смены – 8 часов. Определялись: годовое количество ТО-1 (490 обслуживаний), такт поста $\tau_{\text{п}}$ (6,86 часа), ритм производства $R_{\text{п}}$ (4 часа), требуемое количество постов ТО-1 (расчетное 1,75; принятое – 2 поста).

Теория массового обслуживания использовалась для аналитического описания работы зоны ТО. Зона ТО моделировалась с помощью: 1) многоканальной замкнутой системы массового обслуживания (СМО) с простейшими потоками; 2) многоканальной разомкнутой СМО без потерь с неограниченной длиной очереди. Расчет параметров СМО выполнялся по методикам, изложенным в [3].

Для разомкнутой СМО интенсивность поступления требований на обслуживание λ определялась как величина, обратная ритму производства, а интенсивность обслуживания μ – как величина обратная такту поста $\tau_{\text{п}}$. Для замкнутой СМО интенсивность поступления требований на обслуживание λ определялась как величина, обратная интервалу времени поступления автомобилей в ТО-1 $T_{\text{то-то}}$, который определялся исходя из количества дней, через которые автомобиль должен поступить на ТО-1.

Для имитационного моделирования процесса функционирования зоны ТО-1, состоящей из одного, двух и трех постов, использовалась система GPSS World Student Version 5.2.2 [4]. При составлении имитационной модели процесса функционирования зоны ТО, зона ТО рассматривалась: 1) в виде разомкнутой СМО с простейшими потоками; 2) в виде замкнутой СМО с простейшими потоками. При этом предусматривалась возможность образования очереди. В имитационной модели в системе GPSS World посты зоны ТО моделировались с помощью одноканальных (Facility) и многоканальных устройств (Storage), а автомобили, требующие ТО, моделировались с помощью транзактов.

Для моделирования простейшего потока требований интервалы времени поступления автомобилей на ТО задавались по экспоненциальному закону. Математическое ожидание интервалов времени поступления автомобилей на обслуживание $T_{\text{то-то}}$ определялось так же, как и для аналитической модели замкнутой СМО (см. выше). Время моделирования работы зоны ТО-1 составляло 2016 часов, что соответствовало времени работы зоны в течение одного года.

При имитационном моделировании зоны ТО, как разомкнутой СМО, 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. Для определения показателей работы зоны ТО, как разомкнутой СМО, количество требований на обслуживание, которые поступят в систему в процессе моделирования задавалось равным 1000.

Сравнение имитационных и аналитических моделей зоны ТО выполнялось по следующим параметрам: средняя длина очереди на ТО, среднее время нахождения автомобиля в очереди, среднее число занятых постов ТО, коэффициент загрузки зоны ТО. Данные параметры можно определить в любой из предложенных выше моделей.

Анализ результатов моделирования показывает, что для всех рассматриваемых моделей среднее число занятых постов ТО и коэффициент загрузки зоны ТО отличается незначительно (см. таблицу 1). При этом среднее число занятых постов ТО близко к расчетному требуемому количеству постов зоны ТО (см. выше). Средняя длина очереди и среднее времени нахождения в очереди отличаются для различных моделей в 2,84 раза.

Таблица 1 - Результаты моделирования зоны ТО-1 с 2 постами

	Средняя длина очереди	Среднее время ожидания в очереди, час.	Среднее число занятых постов ТО-1	Коэффициент загрузки зоны ТО-1
Имитационная модель замкнутой СМО	9,68	2,42	1,699	0,849
Имитационная модель разомкнутой СМО	27,51	6,87	1,732	0,866
Аналитическая модель замкнутой СМО	3,92	15,57	1,716	0,858
Аналитическая модель разомкнутой СМО	4,76	19,06	1,715	0,858

Имитационные модели разомкнутых СМО целесообразно использовать для моделирования работы автозаправочных станций и станций технического обслуживания автомобилей, т. к. при этом имитационные модели соответствуют логике функционирования реальных объектов во времени.

При имитационном моделировании функционирования зоны ТО, как многоканальной замкнутой СМО с простейшими потоками, в полной мере отражается организация ТО автомобилей на АТП, которое обслуживает только свой подвижной состав: количество автомобилей при моделировании ограничено и задается первоначально; после обслуживания автомобиль возвращается к выполнению транспортной работы, а затем, после того, как его пробег будет соответствовать скорректированному пробегу до ТО, автомобиль поступает в зону ТО на обслуживание.

Годовое количество ТО-1, определенное по имитационной модели зоны ТО, как многоканальной замкнутой СМО, составляет 501 обслуживание, что незначительно отличается (на 2,3%) от годового количества ТО-1, определенного по типовой методике технологического расчета. Это подтверждает соответствие выбранной модели реальной системе.

Определяемые по результатам моделирования зависимости средней длины очереди автомобилей на обслуживание, среднего времени нахождения в очереди, среднего числа занятых постов зоны ТО и коэффициента загрузки зоны ТО от количества постов в зоне, позволяют определять время простоя автомобиля в очереди и в обслуживании, а также время простоя постов ТО и в дальнейшем

выполнять оптимизацию структуры зоны ТО по критерию минимальных суммарных затрат. Сведения о средней длине очереди на обслуживание позволяют выбрать структуру зоны ТО с необходимым количеством постов ожидания.

Проведенный анализ методик моделирования производственных подразделений автотранспортного предприятия позволяет рекомендовать для моделирования и оптимизации структуры зоны ТО автотранспортного предприятия имитационную модель функционирования зоны ТО, как замкнутой многоканальной СМО с простейшими потоками.

Использование таких моделей дает возможность определить все необходимые данные для нахождения оптимального количества постов зоны ТО по критерию минимальных суммарных затрат на содержание производственного подразделения и потери прибыли от простоя автомобилей при выполнении проектирования или реконструкции автотранспортных предприятий.

Разработанные имитационные модели используются студентами специальности 1 – 37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» для оптимизации структуры зоны ТО АТП при выполнении курсовой работы по дисциплине «Основы научных исследований и инновационной деятельности» и дипломного проекта.

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.
3. Коваленко, Н.А. Научные исследования и решение инженерных задач в сфере автомобильного транспорта: учеб. пособие / Н.А. Коваленко. – Минск: Новое знание; М.: ИНФА-М, 2011. – 271 с.
4. Кудрявцев, Е. М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 320 с.

УДК 62.529

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗОН ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Концевич П.С., Головченко Ю.А.

Брестский государственный технический университет,
Брест, Республика Беларусь

Переход к рыночным отношениям ставит перед работниками автомобильного транспорта ряд новых задач. Сегодня уже мало просто выполнить какую-нибудь работу: например, перевезти грузы определенного объема и номенклатуры. Важно выполнить ее с наибольшей эффективностью. В свою очередь, повышение эффективности возможно только на основе глубоких знаний о тех процессах, которые происходят во всех сферах деятельности автотранспортных предприятий: при перевозках, при поддержании и восстановлении работоспособности автомобилей, при материально-техническом обеспечении и т.д.