

Для примера $a_{ISO} = 0,89$, что в 1,37 раза больше, чем применяемый ранее коэффициент $a_{23} = 0,65$. Т. е. за счет использования системного коэффициента модификации ресурса a_{ISO} , учитывающего загрязнение и условия смазки, модифицированный ресурс подшипника при тех же условиях работы оказывается в 1,37 раза больше, что позволяет использовать подшипники более легких размерные серий.

Коэффициент $a_{23} = 0,9$ (т.е. практически совпадает с рассчитанным коэффициентом a_{ISO}), если принимать его для следующих условий применения подшипников: гарантированное наличие гидродинамического режима смазки и отсутствие повышенных перекосов колец [3].

Методика расчета модифицированного ресурса подшипников по ГОСТ 18855-2013 (ISO 281:2007) [1] внедрена в учебный процесс и используется при проведении практических занятий и курсового проектирования по дисциплине «Детали машин» у студентов специальностей 1–37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей», 1–37 01 07 «Автосервис», 1–36 01 01 «Технология машиностроения». Сложность в применении данной методики заключается в отсутствии достоверных данных о коэффициенте загрязнений для конкретных условий работы подшипников.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Подшипники качения. Динамическая грузоподъемность и номинальный ресурс: ГОСТ 18855-2013 (ISO 281:2007, MOD). – Взамен ГОСТ 18855-94 ; введ. 01.08.2016. – Минск : Госстандарт : БелГИСС, 2016. – V, 49 с. : ил., табл.
2. Каталог «Подшипники качения SKF» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.skf.com/binaries/pub39/Images/0901d196806f74ee-Rolling-bearings---10000_3-RU_tcm_39-121486.pdf#cid-121486 – Дата доступа: 01.08.2021.
3. Детали машин : учебник для вузов / Л. А. Андриенко [и др.]; под ред. О. А. Ряховского. – 4-е изд., перераб. и доп. – М : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 465 с. : ил.
4. Санюкевич, Ф. М. Детали машин. Курсовое проектирование: Учебное пособие / Ф. М. Санюкевич. – 2-е изд., испр. и доп. – Брест: БрГТУ, 2004. – 473 с.

УДК 629.113:004.94

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ АВТОСЕРВИСА

Монтик С. В.

Брестский государственный технический университет,
г. Брест, Республика Беларусь

Одним из способов определения оптимального количества постов технического обслуживания (ТО) и ремонта при проектировании или реконструкции станций технического обслуживания автомобилей (СТОА) является использование имитационного моделирования, которое позволяет задавать требуемые законы распределения потока требований на обслуживания и потока обслуживания, а также определять коэффициент загрузки постов, среднюю длину очереди и время нахождения в ней, количество обслуживаний за определенный период.

Рассмотрим применение имитационного моделирования для оптимизации количества постов механизированной коммерческой мойки СТОА. В качестве объекта для моделирования рассматривался процесс функционирования коммерческой механизированной порталной мойки автомобилей. При оптимизации важным вопросом является определение условий увеличения количества постов мойки, например, перехода от одного к двум постам.

Первоначально проводился расчет количества постов механизированной коммерческой мойки $X_{\text{умр}}^{\text{м}}$ по типовой детерминированной методике, изложенной в [1]:

$$X_{\text{умр}}^{\text{м}} = d_{\text{сут}}^{\text{м}} \cdot \varphi / (T_{\text{сут}} \cdot N_{\text{у}} \cdot \eta), \quad (1)$$

где $d_{\text{сут}}^{\text{м}}$ – суточное число заездов для выполнения уборочно-моечных работ (УМР); φ – коэффициент неравномерности поступления автомобилей на посты коммерческой мойки, $\varphi = 1,4$; $T_{\text{сут}}$ – суточная продолжительность работы механизированной мойки, для односменной работы $T_{\text{сут}} = 8$ часов; η – коэффициент использования рабочего времени поста, $\eta = 0,95$; $N_{\text{у}}$ – производительность моечной установки, принимаем $N_{\text{у}} = 8$ автомобилей/час. Режим работы постов составлял 302 дня в году, в одну смену, длительность смены 8 часов.

В дальнейшем при расчете количество заездов автомобилей на СТОА для выполнения коммерческой мойки изменялось таким образом, чтобы расчетное количество постов изменялось от 0,9 до 1,5 постов.

При моделировании зона уборочно-моечных работ рассматривалась как одна- или многоканальная открытая система массового обслуживания (СМО) с возможностью образования очереди. Параметры СМО определялись следующим образом.

Интенсивность поступлений автомобилей на мойку λ , требований/час, определялась как

$$\lambda = d_{\text{сут}}^{\text{м}} / T_{\text{сут}}. \quad (2)$$

Тогда интервал времени $t_{\text{пост}}$, час, через который автомобиль поступит на мойку, составит

$$t_{\text{пост}} = 1/\lambda. \quad (3)$$

Интенсивность обслуживания на посту механизированной мойки μ , треб./час, равна

$$\mu = N_{\text{у}}. \quad (4)$$

Тогда продолжительность выполнения одного обслуживания $t_{\text{обсл}}$, час, на посту мойки составит

$$t_{\text{обсл}} = 1/\mu. \quad (5)$$

Далее с использованием полученных данных об интервалах времени поступления автомобилей на посты мойки и продолжительности обслуживания выполнялось имитационное моделирование работы постов механизированной мойки. Для имитационного моделирования процесса функционирования постов использовалась система GPSS World Student Version 5.2.2. Время моделирования работы постов УМР составляло один год.

При составлении имитационной модели процесса функционирования посты УМР рассматривались: 1) в виде открытой СМО с простейшими потоками; 2) в виде открытой СМО с входящим потоком требований и потоком обслуживаний, распределенных по нормальному закону. Моделировались СМО с один и двумя каналами обслуживания, которые соответствуют одному или двум постам УМР. При этом предусматривалась возможность образования очереди.

Для моделирования простейшего потока требований интервал времени между соседними событиями должен иметь показательное распределение. Поэтому при имитационном моделировании постов УМР, как открытой СМО с простейшими потоками, интервалы времени поступления автомобилей на УМР задавались по экспоненциальному закону с математическим ожиданием равным $t_{\text{пост}}$, а интервалы времени на обслуживание одного автомобиля – также по экспоненциальному закону с математическим ожиданием равным $t_{\text{обсл}}$.

В работе [2] указывается, что нормальному закону распределения подчиняется распределение фактическое время выполнения (фактическая трудоемкость) групп операций профилактических работ, а также периодичность профилактических работ. Поэтому при выполнении имитационного моделирования использовались также модели функционирования постов УМР с входящим потоком требований и потоком обслуживаний, распределенных по нормальному закону с заданным коэффициентом вариации 0,20. Математическое ожидание для интервалов времени поступления на УМР и выполнения УМР определялось, как и для простейшего потока.

Результаты имитационного моделирования представлены в таблицах 1–3.

Таблица 1 – Результаты имитационного моделирования зоны УМР как открытой одноканальной СМО с простейшими потоками

Расчетное количество постов механизированной мойки	1,29	1,31	1,40
Коэффициент загрузки поста	0,865	0,885	0,956
Средняя длина очереди, автомобилей	5,208	6,675	17,054
Среднее время нахождения в очереди, час	0,754	0,945	2,245
Количество выполненных обслуживаний за время моделирования	16694	17070	18355

Таблица 2 – Результаты имитационного моделирования зоны УМР как одноканальной открытой СМО с входящим потоком требований и потоком обслуживаний, распределенных по нормальному закону

Расчетное количество постов механизированной мойки	1,29	1,31	1,40
Коэффициент загрузки поста	0,872	0,892	0,954
Средняя длина очереди, автомобилей	0,149	0,197	0,692
Среднее время нахождения в очереди, час	0,021	0,028	0,091
Количество выполненных обслуживаний за время моделирования	16888	17257	18442

Как видно из таблиц 1, 2, при увеличении расчетного количества постов механизированной мойки $X_{умр}^M$ до 1,31, коэффициент загрузки постов не превышает 1, что позволяет рекомендовать использовать один пост механизированной мойки. Однако нужно отметить, что при моделировании зоны УМР с помощью одноканальной открытой СМО с простейшими потоками, средняя длина очереди составляет 5,208 автомобиля при расчетном числе постов равном 1,29 и коэффициенте загрузки 0,865 (см. таблицу 1). Это приведет к тому, что часть автомобилей покинут СТОА необслуженными.

При моделировании зоны УМР в виде одноканальной открытой СМО с входящим потоком требований и потоком обслуживаний, распределенных по нормальному закону, резкое увеличение средней длины очереди наблюдается при расчетном количестве постов равном 1,50 (для расчетного количества постов равного 1,40 средняя длина очереди составляет 0,692).

Таблица 2 – Результаты имитационного моделирования зоны УМР как двухканальной открытой СМО

Расчетное количество постов механизированной мойки	1,29	1,31	1,40
Количество выполненных обслуживаний за время моделирования для СМО с простейшими потоками	16934	17293	18403
Количество выполненных обслуживаний за время моделирования для СМО с входящим потоком требований и потоком обслуживаний, распределенных по нормальному закону	16893	17260	18434

Моделирование зоны УМО в виде двухканальной открытой СМО (см. таблицу 3) показывает, что при использовании двух постов механизированной мойки при расчетном количестве постов $X_{умр}^M$ равном 1,31, увеличение годового количества обслуживаний по сравнению с одним постом не превышает 1,3 %. В

данном случае определяющим фактором будет нахождение допустимых максимальной длины очереди или максимального времени нахождения в ней, при которых автомобили не будут покидать мойку необслуженными. При моделировании для такого случая необходимо использовать открытую СМО с ограничением на длину очереди или на время нахождения в ней, при этом количество выполненных обслуживаний за год для одноканальной СМО будет меньше, чем для двухканальной. Используемая в данной работе имитационная модель не позволяет учесть эту особенность и требует дальнейшего совершенствования.

Для получения достоверной информации при определении ограничения на длину очереди или времени нахождения в ней при проведении имитационного моделирования необходим сбор статистических данных для определения законов распределения входящего потока требований и потока обслуживаний для конкретного подразделения автосервиса.

При реконструкции организаций автосервиса сбор информации о функционировании подразделений можно выполняться в реконструируемой организации. В случае проектирования новых организаций автосервиса информация о функционировании подразделений возможно принимать по данным аналогичных подразделений действующих организаций автосервиса.

Для определения оптимального количества постов в зоне УМР СТОА возможно использовать критерий максимальной годовой прибыли от работы подразделения, которую можно определить следующим образом [3]:

$$P_i = D_i - P_i \rightarrow \max, \quad (6)$$

где P_i – годовая прибыль для i -го варианта зоны УМР; D_i – годовые доходы для i -го варианта зоны УМР; P_i – годовые затраты (расходы) на содержание i -го варианта зоны УМР.

Годовые доходы для i -го варианта зоны УМР можно определить

$$D_i = N_{\text{обсл год } i} \cdot C_{\text{обсл}}, \quad (7)$$

где $N_{\text{обсл год } i}$ – годовая количество обслуживаний для i -го варианта зоны УМР; $C_{\text{обсл}}$ – средняя цена обслуживания одного автомобиля в зоне УМР.

Методика расчета годовых затрат подробно рассмотрена в работе [3].

Прибыль от зоны УМР с один и двумя одинаковыми постами механизированной мойки можно определить

$$P_1 = D_1 - P_1$$

$$P_2 = D_2 - P_2 = D_2 - 2P_1, \quad (8)$$

Увеличение прибыли при переходе от одного к двум постам механизированной мойки с учетом формулы (8) составит

$$\Delta P = P_2 - P_1 = C_{\text{обсл}} \cdot (N_{\text{обсл год } 2} - N_{\text{обсл год } 1}) - P_1, \quad (9)$$

При принятии решения об увеличении количества постов УМР нужно оценить возможность увеличения прибыли. Для этого необходимо спрогнозировать, как изменится количество обслуживаний в год при увеличении количества постов.

Разработанные имитационные модели используются студентами специальности 1 – 37 01 07 «Автосервис» для оптимизации структуры зоны УМР СТОА при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Основы научных исследований и инновационной деятельности» и дипломного проектирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Марков, О. Д. Станции технического обслуживания автомобилей / О. Д. Марков. – К. : Кондор, 2008. – 536 с.
2. Монтик, С. В. Моделирование структуры производственных подразделений по техническому обслуживанию транспортных средств / С. В. Монтик, Ю. А. Головченко, Н. С. Монтик // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2017. – № 4: (Машиностроение). – С. 66–69.
3. Монтик, С. В. Оптимизация структуры подразделений организаций автосервиса с использованием имитационного моделирования / С. В. Монтик, Ф. М. Санюкевич, А. П. Головач // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2019. – № 4: (Машиностроение). – С. 69–72.