

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПОСТАВОК ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ КАК СРЕДСТВО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ФИРМЕННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗА РУБЕЖОМ

И. В. Макарова, Р. Г. Хабибуллин, А. И. Беляев, Э. И. Беляев
(Набережные Челны)

Введение

Современное состояние экономики России определило отношение владельцев автомобилей к организации процесса ее обслуживания. Поскольку при коммерческой эксплуатации перевозочный процесс является основным, то собственную производственно-техническую базу иметь нецелесообразно. Вследствие этого сервисное обслуживание осуществляется в специализированных центрах, причем во многих случаях обслуживание осуществляется «по факту», т.е. когда отказ уже произошел. В то же время, владелец заинтересован в быстром и качественном обслуживании, поскольку это напрямую влияет на получение прибыли. Поэтому важной задачей является такая организация сервисного обслуживания, при которой становится возможным, во-первых, предупреждение отказа с помощью отлаженной системы прогнозирования, а во-вторых, оптимизация самого процесса обслуживания, что позволит сократить время пребывания автомобиля в сервисном центре. Построение такой системы возможно с помощью методов и средств системного анализа, позволяющих повысить эффективность управления системой фирменного сервиса с учетом взаимодействия его подсистем [1].

Одной из основных причин простоев автомобильной техники на постах в ожидании обслуживания является отсутствие необходимых запасных частей. Такая ситуация характерна как для отечественных дилерско-сервисных центров (ДСЦ), так и для ДСЦ, расположенных за рубежом, однако для зарубежных ДСЦ проблема осложняется еще рядом внешних факторов, влияющих на систему организации поставок, поэтому поиск путей ее решения имеет еще большую актуальность. Одним из возможных путей решения указанной проблемы является создание такой системы планирования потребности в запасных частях, которая бы позволяла организовать их своевременную поставку, основываясь на более точных прогнозах.

Уровень организации гарантийного обслуживания, на основании которого в дальнейшем формируется решение клиента о повторном обращении в сервисный центр и обслуживании в постгарантийный период в данном ДСЦ, является одним из основных показателей качества и конкурентоспособности фирменного сервиса автомобильной техники. Поэтому оптимизация поставок запасных частей для организации обслуживания автомобильной техники в гарантийный период – наиболее актуальная задача, требующая постоянного мониторинга изменения эксплуатационных характеристик автомобильной техники. Анализ отказов автомобильной техники в гарантийный период позволит планировать структуру поставок запасных частей, а также оценивать качество продукции производителей деталей, узлов и агрегатов для дальнейшей корректировки работы с ними.

Одним из эффективных методов решения данной задачи служит использование системы поддержки принятия решений (СППР), интеллектуальным ядром которой является имитационная модель системы поставки запасных частей, многократно воспроизводящая её работу с целью определения оптимального управления. Обеспечивающими модулями, информация из которых служит основанием для изменения параметров модели, являются модули сбора, анализа информации и прогноза изменения состояния системы. В них реализована возможность мониторинга состояния системы: сбора дан-

ных об обращениях в автоцентр по причине отказов автомобильной техники, видовозрастной структуре регионального парка, прогнозах остаточных ресурсов узлов, агрегатов и систем автомобиля, а также анализа надежности различных узлов, агрегатов и систем, планирования поставок запасных частей на основе анализа статистической информации.

Исследование и моделирование отказов узлов и агрегатов автомобиля

При эксплуатации автомобильной техники нагрузки, действующие на узлы и агрегаты, приводят к изменению (ухудшению) ее технического состояния, вплоть до невозможности эксплуатации. Отказ автомобильной техники возникает в момент времени $T_{\text{отк}}$, который с определенной вероятностью можно спрогнозировать.

Как показывает опыт эксплуатации технических изделий, изменение интенсивности отказов $\lambda(t)$ подавляющего большинства объектов описывается U – образной кривой (рис. 1).

Как видно из рис. 1, интенсивность отказов автомобильной техники разделяется на три эксплуатационных этапа. В период приработки единица техники имеет повышенную интенсивность отказов. Отказы, связанные с приработкой деталей, обусловлены производственными дефектами. В период штатной эксплуатации возникновение отказа носит случайный характер и появляется внезапно, прежде всего, из-за несоблюдения условий эксплуатации, изменений нагрузки, неблагоприятных внешних факторов и т.п. Этот период соответствует основному времени эксплуатации объекта. Третий период характеризуется возрастанием интенсивности отказов, что вызвано старением и другими причинами, связанными с длительной эксплуатацией.

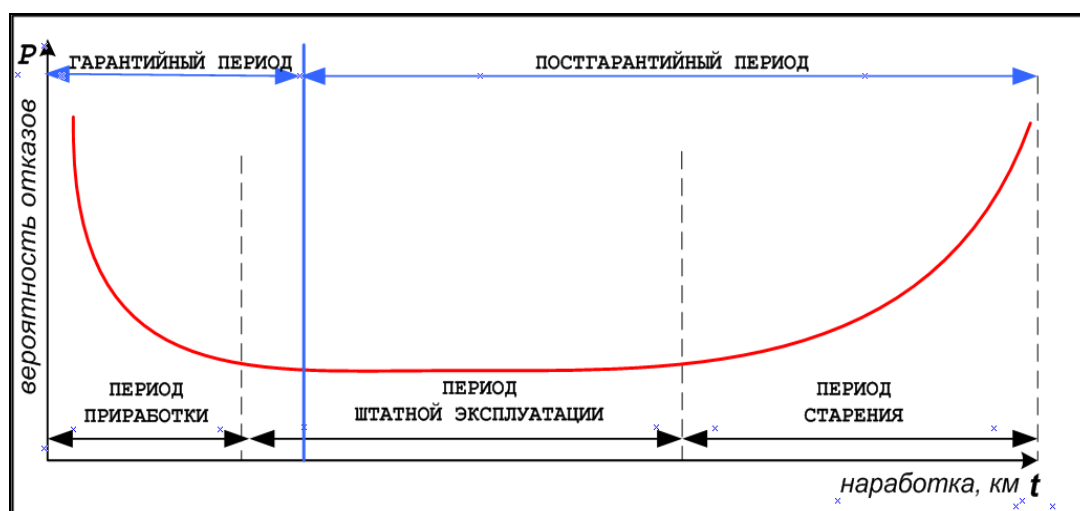


Рис. 1. Изменение интенсивности отказов

Назначая гарантийный период, фирма-производитель включает в него не только период приработки, но и часть периода штатной эксплуатации. Однако, как свидетельствует характер кривой интенсивности отказов, зависимости числа отказов от наработки на этих участках описываются двумя принципиально разными законами. Поэтому обеспечение запасными частями в гарантийный период должно включать в себя два функционально различных механизма. На этапе приработки необходима методика расчета качественной и количественной структуры гарантийных комплектов запасных частей (ГКЗЧ). ГКЗЧ для очередной партии реализуемых автомобилей на период приработки формируется и отправляется в регион эксплуатации вместе с ней. На этапе штатной эксплуатации необходима методика планирования возможных обращений по

причине отказа той или иной детали с учетом данных анализа статистической информации по обращениям в ДСЦ в предыдущие периоды. Такая методика планирования служит основой для формирования структуры и расчета даты поставки в центре управления дилерско-сервисной сетью (ДСС).

Поскольку период безотказной работы автомобиля является случайной величиной и зависит от текущего пробега каждого конкретного автомобиля, для моделирования отказов узлов и агрегатов автомобильной техники можно использовать агентное моделирование в сочетании с системной динамикой (рис. 2).

Как видно из рис. 2, текущий пробег каждого автомобиля задается в виде накопителя *probeg*, который в каждую единицу времени увеличивается на величину *ProbegVChas*, а максимальное значение пробега установлено в накопителе *lifelong*. При достижении пробегом автомобиля своего максимального значения агент переходит в состояние *NotInWarranty*, при котором он удаляется из окружающей среды. Состояния *NeedRepair* моделируют отказ определенного узла или агрегата автомобиля, относящегося к одной из трех групп (при достижении этого состояния переменная *ProbegVChas* устанавливается равной нулю), а состояния *PlanOrder* моделируют планируемые отказы, которые возникают при достижении автомобилем определенного пробега и не требуют остановки пробега.

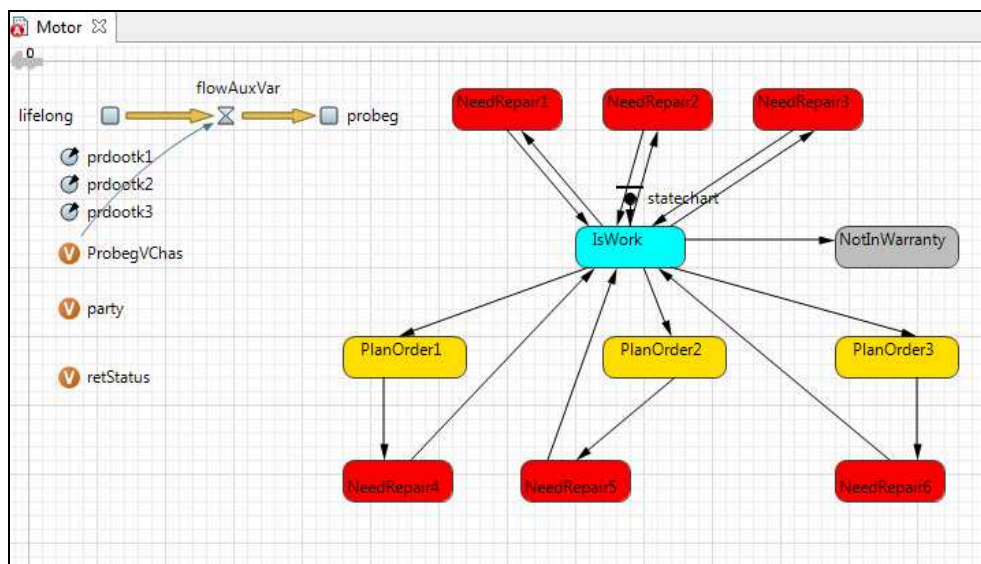


Рис. 2. Представление экземпляра автомобильной техники в виде агента

Математическая модель управления процессом поставок запасных частей

Эффективность организации поставок запасных частей Z определялся на основе показателя «Минимизация затрат, связанных с управлением поставками запасных частей в ДСС за рубежом». В качестве целевой функции была выбрана величина общих затрат на организацию поставки и хранения запасных частей на складах ДСЦ.

К факторам, влияющим на данный показатель эффективности, отнесены следующие четыре фактора:

X_1 – срок поставки запасных частей (точка заказа);

X_2 – соотношение запасных частей каждой группы к общему количеству (коэффициент группировки);

X_3 – значение неснижаемого запаса по каждой группе;

X_4 – оптимальный объем поставляемых партий (шт.);

Задача определения оптимального управления заключается в нахождении таких

оптимальных значений X_1, X_2, X_3, X_4 , при которых значение функции Z (затраты на организацию поставки и хранения запасных частей на складах ДСЦ) будет минимальным:

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 \rightarrow \min. \quad (1)$$

При этом Z_1 – затраты на хранение запасных частей на складе ДСЦ:

$$Z_1 = 1/2 \cdot X_1 \cdot \sum_{i=1}^N \lambda_i \cdot h_i \cdot X_2 \cdot X_3, \quad (2)$$

где λ_i – интенсивность отказов i -й детали, узла или агрегата;

h_i – стоимость хранения на складе ДСЦ i -й детали, узла или агрегата;

n – число одновременно поставляемых позиций запасных частей ($n = \overline{1, N}$);

Z_2 – затраты, связанные со срочной доставкой позиций запасных частей, отсутствующих на складе ДСЦ:

$$Z_2 = \frac{g \cdot X_4}{X_1} \cdot (\varphi_{\text{ср.д.}} \cdot \sum_{i=1}^N 1/X_2 + 1), \quad (3)$$

где g – стоимость срочной доставки общего объема i -х позиций в партии;

$\varphi_{\text{ср.д.}}$ – доля дополнительных затрат при срочной поставке;

Z_3 – стоимость штрафа за отсутствие необходимых позиций запасных частей на складе ДСЦ (простой постов обслуживания и персонала, потеря лояльности клиентов);

$$Z_3 = \sum_{i=1}^N d_i \cdot X_2 \cdot p_i, \quad (4)$$

где d_i – стоимость штрафа за дефицит i -й детали, узла или агрегата;

p_i – стационарная вероятность нахождения в системе заявки на обслуживание автомобильной техники с использованием i -й детали, узла или агрегата.

При этом в качестве ограничений должны устанавливаться диапазоны значений факторов и общее условие оптимальности запаса i -й детали, узла или агрегата:

$$\sum_{i=1}^{N+1} p_i \leq h_i / d_i \leq \sum_{i=1}^N p_i \quad (5)$$

Поскольку главный принцип построения системы фирменного сервиса – клиентоориентированность, то наиболее важным показателем эффективности при моделировании и оптимизации функционирования подсистемы обеспечения запасными частями является среднее время ожидания клиентов. При этом также решается задача минимизации времени оборачиваемости склада и уровня излишков запасных частей. Кроме того, сокращение времени обслуживания автомобильной техники в ДСЦ за счет предупредительной системы поставок запасных частей позволяет снизить объем упущенной выгоды каждого клиента. При построении модели необходимо вычислять оптимальное время и структуру поставок исходя из видовозрастной структуры парка и характеристик региона эксплуатации, а также затрат на срочную доставку и организацию хранения определенной номенклатуры запасных частей на складе.

Имитационная модель управления процессом поставок запасных частей

Одним из наиболее эффективных методов, позволяющих оптимизировать управление системой поставок запасных частей, является имитационное моделирование. Имитационная модель в рамках проектируемой СППР, используется для выбора наилучшего варианта плана поставок запасных частей с учетом расчетных значений вероятного времени обращения клиентов и оптимального баланса между величиной потерь от отсутствия запасных частей в случае обращения и стоимостью хранения излишков в противном случае. Объектом моделирования являются процессы планирования и распределения ресурсов центром управления ДСС фирмы-производителя автомобильной техники. Исходными данными для системы управления и оптимизации поставок служат статистические данные об эксплуатационной надежности, о заявках и поставках, хранящиеся в базе данных центра управления ДСС.

В качестве инструмента для реализации модели был выбран прикладной пакет AnyLogic – российский профессиональный инструмент имитационного моделирования, включающий библиотеку Enterprise Library, позволяющую создавать дискретно-событийные модели с помощью блок-схем [2].

Управление поставками запасных частей в ДСС является многоподходной моделью, объединяющей в себе дискретно-событийную и агентную модель, так как состоит из разных по сути объектов, моделирование которых требует использования разных подходов. Для передачи модельных потоков из дискретно-событийной в агентную модель применяется алгоритм синхронизации. Для каждой конкретной модели это свой алгоритм, который позволяет достичь максимальной эффективности использования параллелизма, то есть от его качества зависит выигрыш, который можно получить в результате синхронизации моделей [3]. Результаты выполнения данной модели показаны на рис. 3.

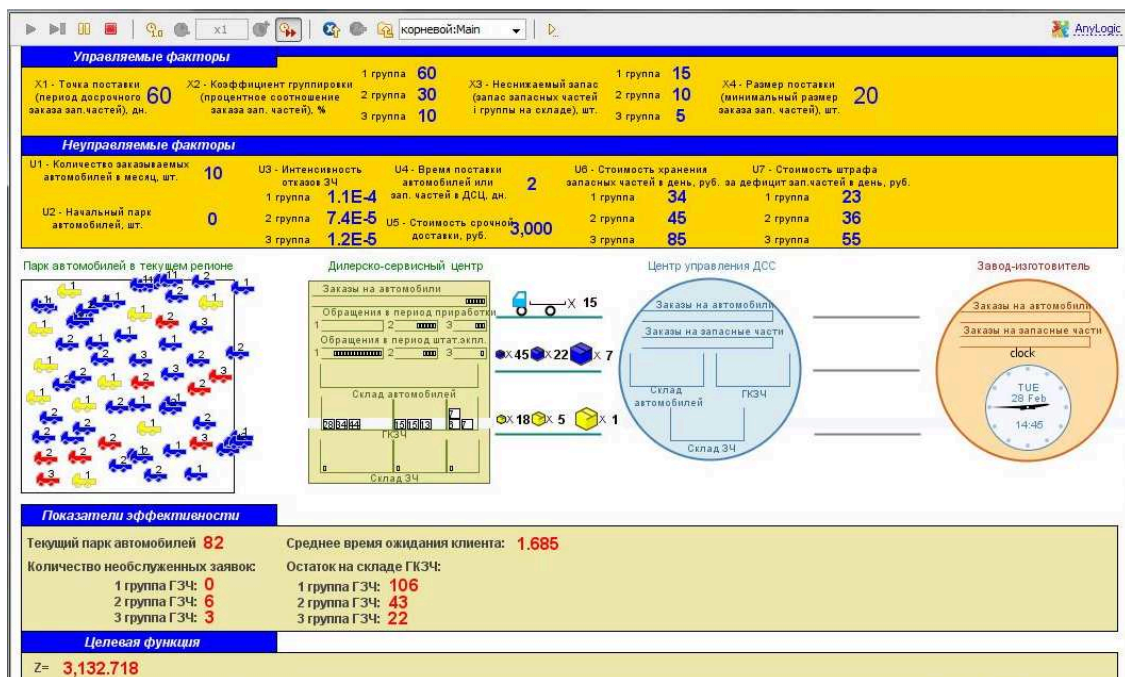


Рис. 3. Результат выполнения модели управления поставками запасных частей в ДСС за рубежом в гарантийный период эксплуатации

Заключение

Таким образом, разработанная система поддержки принятия решений позволяет определить с учетом стохастических параметров такое сочетание факторов, при котором управление системой поставки запасных частей будет оптимальным. Проведение серии экспериментов на разработанной имитационной модели позволяет находить оптимальные значения целевой функции с учетом периодически меняющихся значений интенсивности отказов и производить коррекцию управления, способствуя повышению эффективности функционирования подсистемы обеспечения в системе фирменного сервиса автомобильной техники.

Литература

1. **Янченко В. Ф., Иванов С. Ф.** Роль логистики компании в обеспечении качества продукции (услуг) и повышении конкурентоспособности.
2. **Карпов Ю. Г.** Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 400 с.
3. **Толуев Ю. И.** Применение имитационного моделирования для исследования логистических процессов // Имитационное моделирование. Теория и практика: Сб. докладов II Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: ФГУП ЦНИИТС, 2005. С. 71–76.