

**ПОДБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ СЛУЖБЫ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ****П.А. Буйвол, И.В. Макарова, Р.Г. Хабибуллин, П.Д. Козлов
(Набережные Челны)**

Транспортный комплекс является важной составляющей экономики России, поскольку осуществляет взаимодействие между регионами, отраслями, предприятиями. Специализация регионов, их комплексное развитие невозможны без участия системы транспорта. Транспортный фактор оказывает влияние на размещение производства, без его учета нельзя достичь рационального размещения производительных сил. При размещении производства учитываются потребность в перевозках, запасы исходных материалов и готовой продукции, их транспортабельность, обеспеченность транспортными путями, их пропускная способность и т.д. В зависимости от значений этих составляющих и размещаются предприятия. Рационализация перевозок влияет на эффективность производства как на отдельном предприятии, так и в регионе, и в стране в целом.

У автотранспорта, как и у других видов транспорта, много острых проблем. Для специализированного автотранспортного предприятия ЗАО «Камдорстрой» проблемами, связанными с подвижным составом (ПС) являются:

1. Его изношенность;
2. Слабая информационная поддержка процесса сервисного обслуживания;
3. Специфика процесса эксплуатации дорожно-строительных машин, подвергающихся значительным динамическим нагрузкам, вследствие чего даже незначительные дефекты деталей приводят к преждевременной потере работоспособности автомобиля;
4. Недостаточное число и качество программных разработок, способствующих эффективному управлению технической эксплуатацией подвижного состава предприятия.

При выполнении строительных и дорожных работ актуальной проблемой является безотказная работа техники на строительной площадке и повышение продолжительности сроков ее эксплуатации [1,2]. Анализ специфики строительно-дорожных машин (СДМ) показывает, что затраты на поддержание и восстановление работоспособности СДМ в 6–10 раз превышают стоимость новой, а трудоемкость их изготовления составляет только 4–5% от общей трудоемкости на технические обслуживания и все виды ремонтов за срок их службы. При этом, с точки зрения затрат на поддержание и восстановление работоспособности СДМ, наиболее целесообразным является применение статистико-вероятностных методов до наработки 0,5 ресурса, когда вероятность предельного состояния соответствует 0,97 [3]. После этого значения наработки повышать эффективность работы СДМ необходимо с учетом индивидуальных показателей по каждой машине (процесс старения, сезонные условия эксплуатации, показатели надежности и т.д.) и выбора соответствующих подходов при моделировании работы АТП.

Функционирование системы, отображаемой в имитационной модели, происходит следующим образом.

АТП имеет некий исходный парк транспортных средств, эксплуатирующийся в 2 смены по 8 часов в день и по 5 дней в неделю. Техническое обслуживание (ТО) производится с заданной периодичностью. Любая из машин через определенный пробег проходит ТО и текущий ремонт (ТР). В этом случае ее сразу заменяют резервной машиной. Если резервных машин нет, то водитель простаивает до ее появления. Тем временем машину передают в ремонтный цех, где она проходит ТО или (ТР), длительность которого зависит от общего пробега машины, и возвращается в цех уже в качестве резервной [4]. При этом нарушение периодичности ТО автомобиля увеличивает вероятность выхода его из строя и

увеличивает расходы на ТР. Стоимость эксплуатации зависит также и от возрастного состава парка.

Для создания запаса резервных машин предлагается кроме собственных машин привлечь еще несколько, которые также будут способствовать обновлению парка. При построении математической модели исходили из предположения, что основные средства приобретаются в лизинг, соответственно указанная выше плата представляет собой платежи по лизингу за рассматриваемый период моделирования.

При этом целевая функция и ограничения имеют вид:

$$\text{COST}(N_p, N_w, N_m, L_p) = P_p * N_p + P_m * N_m + P_w * N_w + P_k * N_k * (1 - R) + \quad (1)$$

Требование к минимальному значению коэффициента технической готовности парка:

$$K^{ktg} \geq K_{norm}^{ktg} \quad (2)$$

Требование к минимально допустимому проценту загрузки ремонтных линий:

$$K^{zp} \geq K_{norm}^{zp} \quad (3)$$

Ограничения по имеющимся инвестиционным ресурсам:

$$P_p * N_p + P_m * N_m + P_w * N_w \leq Q, \quad (4)$$

где P_p – плата за строительство универсального ремонтного поста,

N_p – число дополнительных ремонтных постов,

P_m – плата за приобретаемую машину за рассматриваемый период моделирования,

N_m – число машин, приобретаемых для обновления парка,

P_w – заработная плата ремонтного работника,

N_w – число работников, нанятых для ремонта автомобилей,

P_k – издержки за от простоя машины (упущенная выгода и заработная плата водителя),

N_k – общее число машин в парке,

R – коэффициент использования парка,

L_p – наработка до предупредительного ремонта (периодичность ТО),

$S_p(L_p)$ – стоимость восстановительного ремонта машины (зависит от наработки L_p),

$S_{pp}(L_p)$ – стоимость предупредительного ремонта машины (зависит от наработки L_p),

$Q_p(L_p)$ – перерасходы на эксплуатационные материалы вследствие износа (зависит от наработки L_p).

Обслуживание парка производится на двух поточных ремонтных линиях, каждая из которых содержит по 4 поста (рис. 1):

1. Общий пост (совмещенный с участком ремонта электрооборудования и аккумуляторным участком);

2. Пост ремонта ходовой части;

3. Пост ремонта топливной аппаратуры и агрегатный участок;

4. Пост смазки и регулировки.

Предварительно машина проходит через пост диагностики.

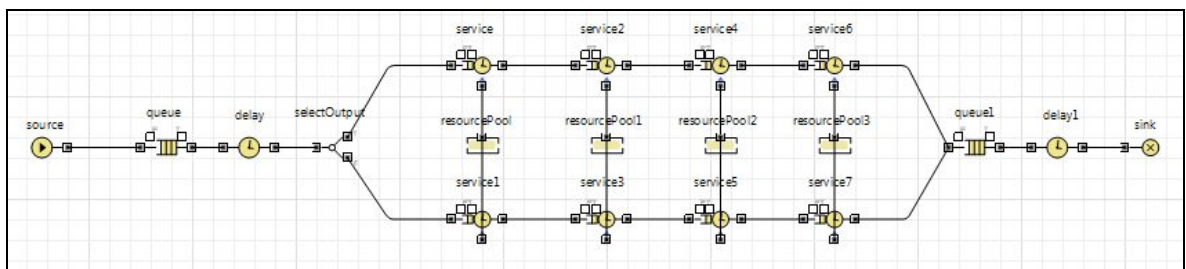


Рис. 1. Диаграмма процесса ТО

Модель была построена в среде имитационного моделирования AnyLogic 6. При построении модели были совмещены два подхода: агентное моделирование (в качестве агентов выступают ТС) и дискретно-событийное (процесс прохождения ТО и ТР). Диаграмма состояний агента «Грузовик» представлена на рис. 2.

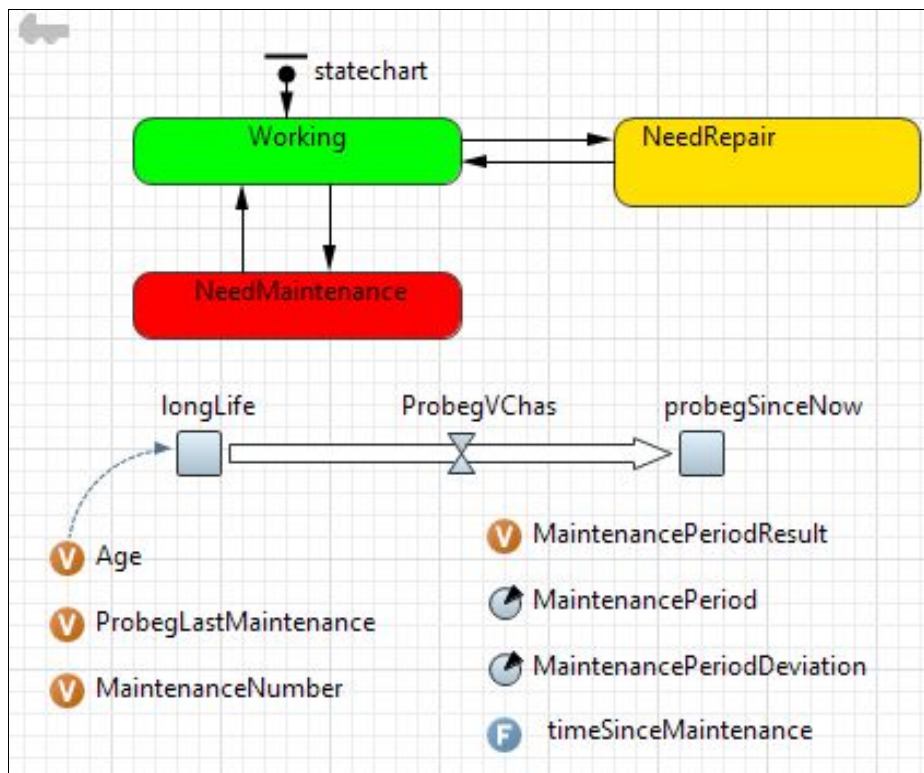


Рис. 2. Диаграмма состояний агента «Грузовик»

Для оценки эффективности предложенной модели был выбран ремонтный цех ЗАО «Камдорстрой», основными направлениями деятельности которого являются организация и выполнение перевозок при проведении строительно-дорожных работ в соответствии с планом и заданиям. Анализ парка показал, что в целом он достаточно изношен. Уровень таких показателей, как коэффициент использования парка (0,55) и коэффициент технической готовности (0,7), достаточно высок, однако нарушения сроков прохождения ТО-2 приводят к ускорению износа деталей и механизмов и к увеличению затрат на сопутствующий ремонт.

Оптимизация процессов заключается в нахождении такого количества ремонтных постов и рабочих, такой периодичности проведения ТО и такой допустимой возрастной структуры парка, при которых затраты на эксплуатацию подвижного состава будут минимальны, а коэффициент технической готовности и процент загрузки ремонтных линий не ниже установленного норматива.

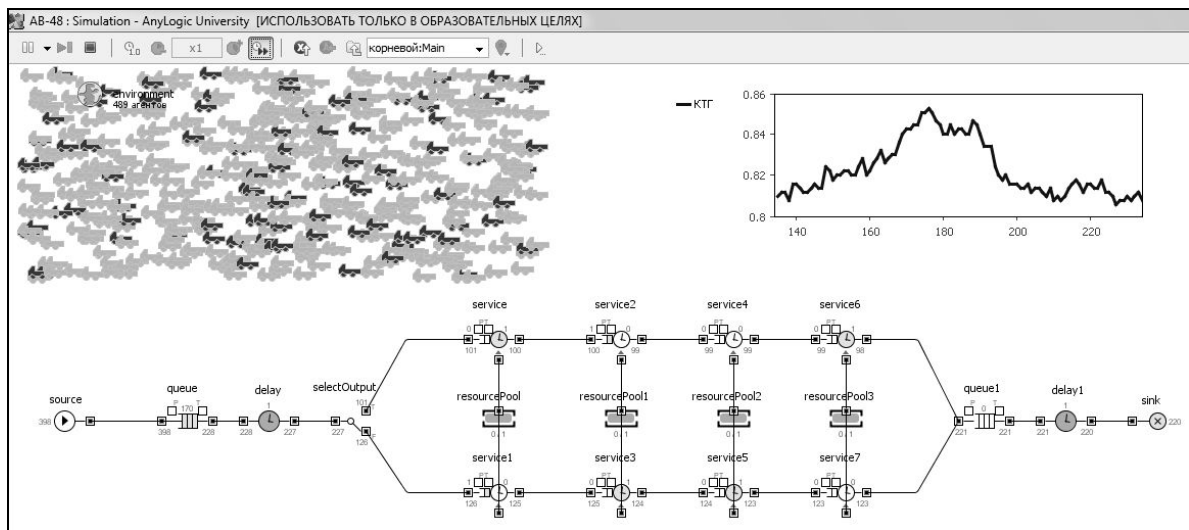


Рис. 3. Прогон имитационной модели

Количество рабочих на участке ремонта электрооборудования X_1 варьируется в данной задаче от 1 до 5 человек:

$$1 \leq X_1 \leq 5$$

Количество приобретаемых автомобилей, для обеспечения допустимого среднего износа парка, X_2 варьируется от 10 до 30 шт.

$$10 \leq X_2 \leq 30$$

Отклонение от графика проведения ТО X_3 варьируется от 3000 до 9000 км

$$3000 \leq X_3 \leq 9000$$

Для планирования эксперимента используются планы полного факторного эксперимента [5,6].

Таблица 1

Области исследований варьируемых параметров

Уровни параметров	Параметры					
	X_1		X_2		X_3	
	Система		Система		Система	
	Натуральная, u_i	Кодированная, x_i	Натуральная, u_i	Кодированная, x_i	Натуральная, u_i	Кодированная, x_i
Верхний	5	+1	30	+1	9000	+1
Нижний	1	-1	10	-1	3000	-1
Нулевой	3	0	20	0	6000	0
Шаг варьирования	2	-	10	-	3000	-

В таблице 2 представлены все возможные сочетания факторов для проведения экспериментов в системе технической эксплуатации ПС, а также полученные в результате моделирования значения целевой функции. Согласно задаче управления, минимизируются средние затраты на эксплуатацию парка, поэтому на основе полученных результатов можно выделить тот вариант сочетания факторов, при котором наблюдается наименьшее значение – Y_2 .

Таблица 2

Эксперименты с возможными сочетаниями факторов

№ Эксперимента	1	2	3	4
	x_1	x_2	x_3	Y
1	-1	-1	-1	6,81
2	+1	-1	-1	7,86
3	-1	+1	-1	7,04
4	+1	+1	-1	5,97
5	-1	-1	+1	6,39
6	+1	-1	+1	8,21
7	-1	+1	+1	6,15
8	+1	+1	+1	7,61

Поскольку один из путей повышения рентабельности и конкурентоспособности АТП – это снижение расходов, связанных с эксплуатацией автомобильного парка, была сформулирована математическая модель функционирования АТП, в которой целевая функция представляет сумму затрат на эксплуатацию парка. На ее основе была построена имитационная модель АТП в среде имитационного моделирования AnyLogic 6. В результате моделирования работы службы технической эксплуатации АТП было установлено, что эффективным является применение двух подходов: дискретно-событийного и агентного моделирования, поскольку такое сочетание позволяет совместить принципы построения систем массового обслуживания с имитацией стохастического поведения индивидуальных объектов (как в случае отказов каждой единицы автомобильной техники). Проведен план-факторный компьютерный эксперимент, позволивший найти такие значения параметров (количество ремонтных рабочих, возрастная структура парка, допустимые отклонения от установленной периодичности прохождения ТО), которые обеспечивают минимум целевой функции – затраты на эксплуатацию подвижного состава. На основе полученных в результате моделирования данных выработаны рекомендации по рациональному управлению системой ТО парка конкретного АТП.

Литература

1. **Меджигов М.А.** Совершенствование методов технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов: дис. ...канд. техн. наук, 05.22.10, Москва, 2009. – 138 с.
2. **Перфилов А.С.** Обеспечение работоспособности дорожно-строительных машин методом эксплуатационного резервирования с использованием ремонтных комплектов: дис. ...канд. техн. наук, 05.05.04, Москва, 2012. – 140 с.
3. **Кутузов В.В.** Повышение эффективности эксплуатации строительных и дорожных машин с учетом изменения их технического состояния: дис. ...канд. техн. наук, 05.05.04, Москва, 2012. – 142 с.
4. **Задорожный, В.Н.** Модели и системы. Анализ научного мышления: учеб. пособие. – Омск: ОМГТУ, 1999. – 100 с.
5. **Глущенко В.В.** Разработка управленческого решения. Прогнозирование-планирование. Теория проектирования экспериментов / Глущенко, В.В., Глущенко И.И. г. Железнодорожный, Моск. обл.: ООО НПЦ «Крылья», 2000. – 400 с.
6. **Бродский В.З.** Введение в факторное планирование эксперимента. – М.: Наука, 1976. – 224 с.