

## 43. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАТРАТ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ КОММЕРЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

*Абакумов Д.Е., студент гр.173602, Полоско Е.И., аспирант*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Ефремов А.А. – канд. экон. наук, доцент каф. ЭИ*

**Аннотация.** Работа посвящена актуальным вопросам экономического моделирования и прогнозирования затрат на техническое обслуживание коммерческого транспорта. В рамках мероприятия будут рассмотрены современные методы анализа издержек, инструменты оптимизации расходов, а также применение цифровых технологий и big data для повышения точности прогнозов. Будут рассмотрены кейсы из практики, нормативно-правовые аспекты и перспективные разработки в области управления транспортными активами. Итоги работы предназначены для экономистов, логистов, менеджеров транспортных компаний и специалистов по анализу данных.

**Ключевые слова.** Экономическое моделирование, прогнозирование затрат, техническое обслуживание, коммерческий транспорт, детерминированная модель, стохастическая модель, метод Монте-Карло, регрессионный анализ, нормативы ТО, пробег автомобиля, стоимость запчастей, трудовые затраты, оптимизация расходов, управление рисками.

Транспортная отрасль занимает важное место в экономике Беларуси, обеспечивая 7,2% ВВП и 14% рабочих мест. В условиях роста цен на запчасти и старения автопарка вопросы оптимизации затрат на техническое обслуживание становятся особенно актуальными. По данным за 2024 год, средний возраст грузового транспорта в стране составляет 8,7 лет, что существенно увеличивает расходы на ремонт и обслуживание.

Основной проблемой для транспортных компаний является значительный разброс стоимости ТО, который может достигать 40%. Это связано с несколькими факторами: различиями в доступности запчастей, колебаниями валютных курсов и региональными особенностями цен на услуги сервисных центров. Особенно остро стоит вопрос импортозависимости – 65% запчастей поставляются из-за рубежа, что делает затраты на ТО чувствительными к изменениям экономической ситуации.

Не менее важной проблемой являются простои техники. Каждый день простоя грузовика МАЗ обходится компании в 120-180 белорусских рублей, что приводит к существенному снижению годовой прибыли. В этих условиях точное прогнозирование затрат на техническое обслуживание становится ключевым фактором успешной работы транспортных предприятий.

В мировой практике применяются различные подходы к моделированию затрат на ТО. Наиболее распространены детерминированные модели, основанные на регламентах производителей, стохастические методы анализа исторических данных и современные системы предиктивной аналитики с использованием технологий интернета вещей и машинного обучения. Для белорусских условий особенно перспективными представляются гибридные модели, учитывающие как технические параметры транспорта, так и экономические факторы. [1]

Практическая значимость работы заключается в том, что внедрение предлагаемых решений позволит транспортным компаниям снизить затраты на техническое обслуживание на 15-22%, уменьшить количество незапланированных простоев на 30-35% и повысить точность бюджетного планирования до 88-92%. Для автопарка из 50 грузовых автомобилей это означает годовую экономию в размере 85-120 тысяч белорусских рублей.

В экономике транспорта применяются три принципиальных подхода:

#### 1 Детерминированные модели

Основаны на точных расчетах по нормативам, таких как регламенты производителей, технические стандарты, физические законы износа. [2]

Для примера возьмем грузовик МАЗ-5432 с параметрами:

- Пробег: 150 000 км;
- Возраст: 5 лет;
- Режим эксплуатации: междугородные перевозки (эксплуатационный коэф. 1,15);
- Регион: Минская область (климатический коэф. 1,1).

Итоговую сумму затрат на техническое обслуживание  $C_{ТО}$  можно вычислить по формуле:

$$C_{ТО} = (C_{зч} + C_{раб} + C_{нр}), \text{ где}$$

- $C_{зч}$  - стоимость запчастей
- $C_{раб}$  - трудовые затраты
- $C_{нр}$  - накладные расходы (20% от  $C_{зч} + C_{раб}$ )

Таблица 1 – Нормативные параметры по данным завода-изготовителя

| Вид работ | Периодичность (тыс. км) | Нормо-часы | Перечень запчастей                |
|-----------|-------------------------|------------|-----------------------------------|
| ТО-1      | 10                      | 3,5        | Масло и фильтры ДВС               |
| ТО-2      | 30                      | 7,2        | + Тормозные колодки и ремень ГРМ  |
| ТО-3      | 90                      | 12,5       | + Ступичные подшипники и сальники |

Определение количества ТО за период (пробег 150 000 км):

- ТО-1:  $150/10 = 15$  обслуживаний
- ТО-2:  $150/30 = 5$  обслуживаний
- ТО-3:  $150/90 = 1$  обслуживание

Таблица 2 – Расчёт стоимости запчастей

| Запчасть           | Цена (BYN) | Кол-во для ТО-3 | Итого (BYN) |
|--------------------|------------|-----------------|-------------|
| Масло моторное     | 18/л       | 22              | 396         |
| Фильтры ДВС        | 45         | 4               | 180         |
| Тормозные колодки  | 120        | 4               | 480         |
| Ремень ГРМ         | 185        | 1               | 185         |
| Подшипники ступицы | 165        | 2               | 330         |
| ИТОГО              |            |                 | 1571        |

Расчёт трудовых затрат:

Тариф: 32 BYN/нормо-час

Общее время:  $(15 \times 3,5) + (5 \times 7,2) + (1 \times 12,5) = 52,5 + 36 + 12,5 = 101$  нормо-час

Сраб =  $101 \times 32 = 3\,232$  BYN

Расчёт накладных расходов:

Снр =  $0,2 \times (1\,571 + 3\,232) = 960,6$  BYN

Итоговая формула расчёта стоимости обслуживания предметного транспортного средства:

$$C_{\text{ТО}} = (C_{\text{зч}} + C_{\text{раб}} + C_{\text{нр}}) * K_{\text{эксп}} * K_{\text{кл}}, \text{ где}$$

–  $K_{\text{эксп}} = 1,15$  – Эксплуатационный коэффициент

–  $K_{\text{кл}} = 1,1$  – Климатический коэффициент

Итоговая стоимость обслуживания  $C_{\text{ТО}}$  составляет 7290,9 BYN.

Для проверки точности можно сравнить полученное значение с данными, предоставляемыми организацией «Минсктранс»: [3]

Таблица 3 – Сравнительная таблица с официальными данными

| Показатель             | Значение по модели | Фактическое значение | Отклонение |
|------------------------|--------------------|----------------------|------------|
| Стоимость обслуживания | 7290,9             | 7780                 | 6,7%       |

## 2 Стохастические модели

Такая экономико-математическая модель, в которой параметры, условия функционирования и характеристики состояния моделируемого объекта представлены случайными величинами и связаны стохастическими (т.е. случайными, нерегулярными) зависимостями, либо исходная информация также представлена случайными величинами. Следовательно, характеристики состояния в модели определяются не однозначно, а через законы распределения их вероятностей.

Стохастическая модель учитывает вероятностную природу параметров технического обслуживания. В отличие от детерминированной, она оперирует:

- Диапазонами значений вместо фиксированных чисел;
- Вероятностными распределениями;
- Доверительными интервалами.

Для примера также возьмем грузовик МАЗ-5432 на пробеге 150000 км. со следующими параметрами:

Таблица 4 – Параметры стохастической модели

| Параметр                    | Тип распределения | Параметры                      | Источник данных        |
|-----------------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------|
| Стоимость нормо-часа        | Нормальное        | $\mu=32$ BYN, $\sigma=2,5$ BYN | Данные 15 СТО          |
| Стоимость моторного масла   | Равномерное       | min=16 BYN, max= 20 BYN        | Колебания цен в 2024   |
| Кол-во внеплановых ремонтов | Пуассона          | $\lambda = 1,2$                | Статистика отказов     |
| Стоимость запчастей         | Логнормальное     | $\mu=5,1$ , $\sigma=0,3$       | Анализ цен поставщиков |

Построение модели можно выполнить генерацией сценариев методом Монте-Карло, используя язык программирования Python. В результате получаем следующее распределение затрат: [4]

Таблица 5 – Распределение затрат

| Показатель             | Значение, BYN |
|------------------------|---------------|
| Среднее                | 7840          |
| Медиана                | 7620          |
| 5ый процентиль         | 6110          |
| 95ый процентиль        | 10230         |
| Стандартное отклонение | 1560          |

Таблица 6 – Сравнение полученных значений с детерминированной моделью

| Критерий                | Детерминированная модель | Стохастическая модель |
|-------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Результат               | 7290,9 BYN               | 7840 +- 1560 BYN      |
| Учёт случайностей       | Нет                      | Да                    |
| Требование к данным     | Низкие                   | Высокие               |
| Практическая полезность | Бюджетирование           | Управление рисками    |

Проведенное исследование продемонстрировало существенные различия в результатах, полученных при использовании детерминированного и стохастического подходов к прогнозированию затрат на техническое обслуживание коммерческого транспорта. Детерминированная модель, основанная на фиксированных нормативах и параметрах, дала точечную оценку в 7290,9 BYN, что соответствует базовому сценарию при идеальных условиях эксплуатации. Однако такой подход не учитывает неизбежные колебания рыночных цен, вероятность внеплановых ремонтов и другие случайные факторы, что ограничивает его практическую ценность для реального бизнес-планирования.

Стохастическое моделирование, напротив, позволило получить более реалистичную картину, выявив средний уровень затрат в 7 840 BYN с вероятностным диапазоном от 6 110 до 10 230 BYN. Такой разброс значений отражает реальные риски, с которыми сталкиваются транспортные предприятия в своей повседневной деятельности. Особенно показательным оказалось расхождение между результатами двух моделей, что наглядно демонстрирует важность учета вероятностных факторов при долгосрочном планировании.

Полученные результаты имеют значительную практическую ценность для транспортных компаний Беларуси. Особое внимание следует уделить трем ключевым факторам, оказывающим наибольшее влияние на конечные затраты: стоимости запчастей, частоте внеплановых ремонтов и тарифам сервисных центров. Внедрение предложенных методик в практику управления транспортными предприятиями будет способствовать повышению точности финансового планирования и снижению операционных рисков в условиях нестабильной экономической среды.

**Список использованных источников:**

1. Транспортная логистика в Беларуси [Электронный ресурс] – <https://logists.by/blog/osobennosti-i-perspektivy-logistiki-v-belarusi>
2. Детерминированный факторный анализ [Электронный ресурс] – <https://habr.com/ru/articles/593535/>
3. Закупки государственного предприятия «Минсктранс» [Электронный ресурс] – <https://zakupki.minsktrans.by/>
4. Python для обучения научной информатике: Моделирование систем массового обслуживания [Электронный ресурс] – <https://habr.com/ru/articles/347406/>

UDC 656.131

## ECONOMIC MODELING AND FORECASTING OF MAINTENANCE COSTS FOR COMMERCIAL VEHICLES

*Abakumau Daniil, 173602 group student, Polosko Ekaterina, graduate student*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Efremov A.A. – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor*

**Annotation.** The work is devoted to topical issues of economic modeling and forecasting of maintenance costs for commercial vehicles. The event will consider modern methods of cost analysis, cost optimization tools, as well as the use of digital technologies and big data to improve the accuracy of forecasts. Practical cases, regulatory and legal aspects and promising developments in the field of transport asset management will be considered. The results of the work are intended for economists, logisticians, managers of transport companies and data analysis specialists.

**Keywords.** Economic modeling, cost forecasting, maintenance, commercial transport, deterministic model, stochastic model, Monte Carlo method, regression analysis, maintenance standards, vehicle mileage, cost of spare parts, labor costs, cost optimization, risk management.