

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ТРАНСПОРТА

УДК 629.46.001.76<<742>>

В. И. СЕНЬКО, доктор технических наук; Ю. Г. ЧЕПИК, научный сотрудник; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

КРИТЕРИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕННОГО ИНТЕРВАЛА ВЫБОРА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ

Делается попытка определить на основе имеющихся экономических данных точки физического износа каждого типа вагона и сопоставить результаты с фактическими статистическими данными по вагонам.

За последние шесть-восемь лет материальная база, обеспечивающая грузовые железнодорожные перевозки, претерпела большие изменения. Нет необходимого поступления нового подвижного состава, возросла зависимость от других государств по обеспечению запасными частями и материалами. Ситуация обостряется еще состоянием вагонного парка грузовых вагонов и ремонтных служб. Количество грузовых вагонов с 1999 по 2000 гг. сократилось: крытых – на 604 вагона, цистерн – на 476, полувагонов – на 1013, платформ – на 312, прочих – на 2852 ваг. В 2001 году по заданию Белорусской железной дороги ОНИЛ “ТТО-РЕПС” обследовала 320 вагонов-цистерн. Результаты работы следующие: списать – 57 вагонов-цистерн, направить в КР – 43 вагона-цистерны, в КВР – 115 вагонов-цистерн, в ТР – 91 вагон-цистерну. Из описанного выше видно, что большинство вагонов-цистерн рекомендованы на восстановление и продление срока их службы.

Проблема определения оптимальной величины времени эксплуатации подвижного состава до исключения из инвентарного парка или модернизации с продлением установленного срока службы является системой, требующей применения оптимизационных экономико-математических методов. Актуальность ее не вызывает сомнения. В работе [5] автор попытался обосновать теоретически замену вагонов через механизм эффективного воспроизводства с учетом жизненного цикла вагонов в текущих экономических условиях. При замене или модернизации с продлением срока службы вагонов приходится решать следующие вопросы:

1 Изменяются ли существенно технические характеристики новых вагонов по отношению к существующим?

2 Как определить оптимальный момент замены или модернизации с продлением срока службы существующих вагонов новыми?

Вопрос состоит в том, как определить границы

эффективного использования существующих вагонов в данных экономических условиях с точки зрения железной дороги, т.е. собственника основных фондов. Теперь определим экономический критерий замены текущих типов вагонов новыми. В плановых расчетах эффективности замены вагонов будем искать минимум затрат воспроизводства вагонов, а не минимум затрат производства вагонов, т.е. минимум предстоящих затрат, а не минимум предстоящих и прошлых затрат. В рассматриваемой модели предстоящие затраты состоят:

1 При использовании новых вагонов:

а) из капитальных вложений на покупку вагонов;

б) из эксплуатационных затрат, включая амортизацию.

2 При использовании существующих вагонов затраты состоят только из эксплуатационных расходов без затрат на реновацию, но с включением затрат на текущий ремонт, т.е. из состава затрат по использованию существующих вагонов исключаются первоначальные капитальные вложения и расходы на их реновацию.

3 При использовании модернизированных вагонов с продлением срока службы:

а) из капитальных вложений на модернизацию вагонов плюс остаточная амортизация до конца нормативного срока службы вагонов;

б) из эксплуатационных затрат без затрат на реновацию, но с включением затрат на текущий ремонт.

Эта особенность расчетов эффективности замены существующих вагонов новыми должна учитываться всегда. Упущение из виду последних замечаний ведет к преждевременной замене текущих вагонов новыми. В работе [5] приведена основополагающая формула, дающая возможность определить рациональную временную точку замены вагонов:

$$e_c \leq \min (C_n + K_n r_k); V > 0, \quad (1)$$

где e_c – себестоимость железнодорожных перевозок на существующем типе вагона без затрат на реновацию; C_n – себестоимость железнодорожных перевозок на новом типе вагона; K_n – капиталовложения в новый тип вагона (его первоначальная цена); r_k – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Целесообразность использования существующего типа вагона определяется по формуле:

$$e_c \leq \min(C_n + K_n r_k); V > 0. \quad (1a)$$

Оптимальный момент замены существующего типа вагона на новый наступает тогда, когда

$$e_c = \min(C_n + K_n r_k). \quad (2)$$

Рассмотрим условия для определения рациональной точки физического износа вагонов без учета изменений технического прогресса. Принимаем, что за время эксплуатации вагона (жизненного цикла вагона) не изменяются ни эксплуатационные расходы на новых вагонах, ни стоимость новых вагонов данного типа. Обозначим капитальные затраты на покупку вагона через K , количество тонно-километров, выполненных этим вагоном в течение срока службы, – через V , эксплуатационные расходы, кроме собственно амортизации, приходящиеся на последний тонно-километр, – через $f(v)$ (усеченная себестоимость последнего тонно-километра). Вся сумма эксплуатационных расходов для перевозки V тонно-километров за время эксплуатации вагона определяется так:

$$\int_0^V f(v) \partial v. \quad (3)$$

Тогда средняя за все время эксплуатации вагона (жизненного цикла вагона) полная себестоимость тонно-километра будет вычисляться по формуле

$$C_{\text{СРЕДН}} = \frac{\int_0^V f(v) \partial v}{V} + \frac{K}{V}. \quad (4)$$

Найдем условия минимума средней себестоимости, выраженные в формуле (4). Дифференцируя выражение (4) по V и приравнявая первую производную нулю, получим:

$$\frac{f(v)}{V} - \frac{\int_0^V f(v) \partial v}{V^2} - \frac{K}{V^2} = 0. \quad (5)$$

После преобразований получим:

$$f(v) = \frac{\int_0^V f(v) \partial v}{V} + \frac{K}{V}. \quad (6)$$

Левая часть равенства (6) представляет собой эксплуатационные расходы (кроме собственно амортизации), приходящиеся на последний тонно-километр, а правая часть равенства выражает среднюю полную себестоимость тонно-километра

за все время эксплуатации вагона (время жизненного цикла вагона). Если учесть некоторые погрешности экономической статистики и динамику показателей во времени, тогда левую и правую части уравнения (6) можно переписать в следующем виде:

$$\left(\frac{\int_0^V f_x(v) \partial v}{V_x} + \frac{K}{V_x} \right) - f_x(v) = |\Delta_x|. \quad (7)$$

где $x = 1, 2, 3, \dots, n$; n – время эксплуатации вагона в годах (время жизненного цикла вагона); $f_x(v)$ – эксплуатационные расходы, кроме собственно амортизации, приходящиеся на последний тонно-километр в год эксплуатации x ; V_x – объем тонно-километров, выполненных вагоном за время эксплуатации x .

В реальной жизни равенство в виде формулы (6) получить очень трудно. Левую часть уравнения (7) можно заменить функцией тренда в виде полинома 5-й или 6-й степени с коэффициентом достоверности $R^2 = 0,79 \dots 0,98$ (рисунки 1, 2). Это функция $y_2(x)$ (величина эксплуатационных затрат от времени x). Локальный минимум $|\Delta_x|$ на отрезке времени, равном жизненному циклу вагона, даст нам точку технического износа вагона, без учета технического прогресса в области вагоностроения.

Правую часть уравнения (6) можно заменить функцией тренда в виде полинома 5-й или 6-й степени с коэффициентом достоверности $R^2 = 0,70 \dots 0,98$. Это функция $y_1(x)$.

Учитывая ранее изложенное, можно сказать, что для нахождения точки физического износа нужно найти экстремальное значение функционала

$$\left(\frac{\int_0^V f_x(v) \partial v}{V_x} + \frac{K}{V_x} \right) - f_x(v) = |\Delta_x| \xrightarrow{x \rightarrow n} \min. \quad (7a)$$

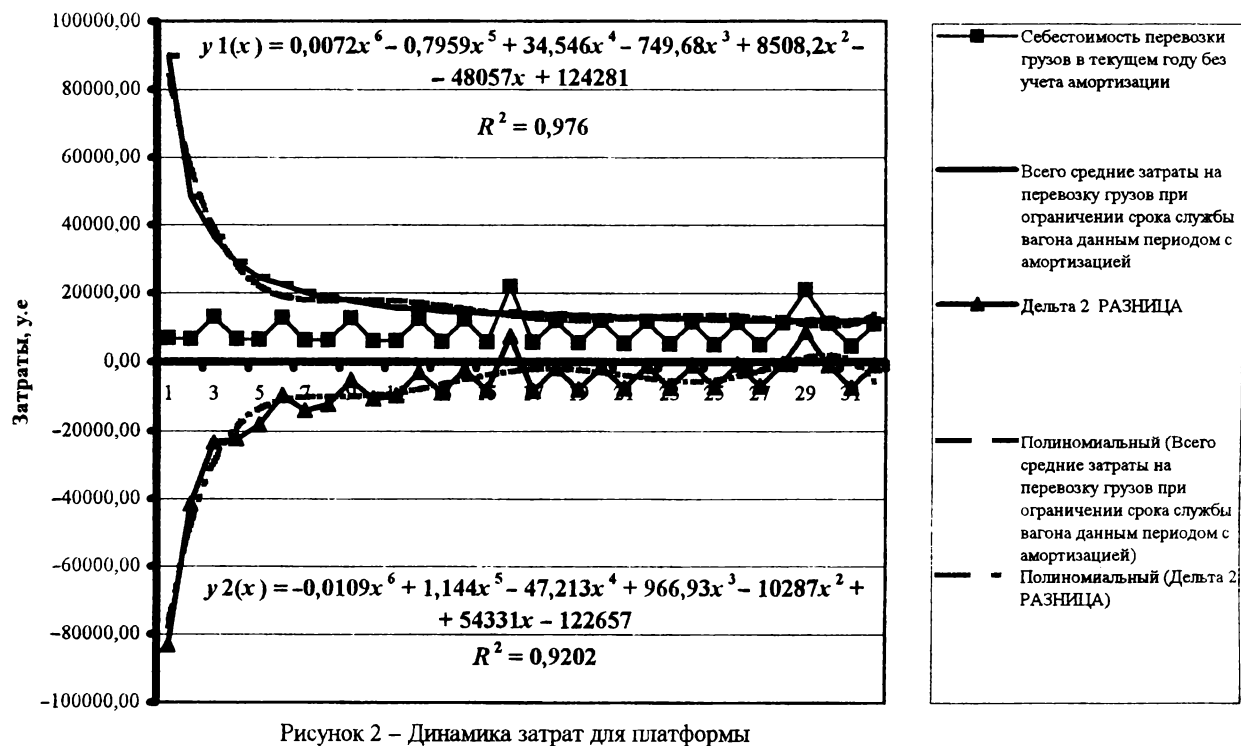
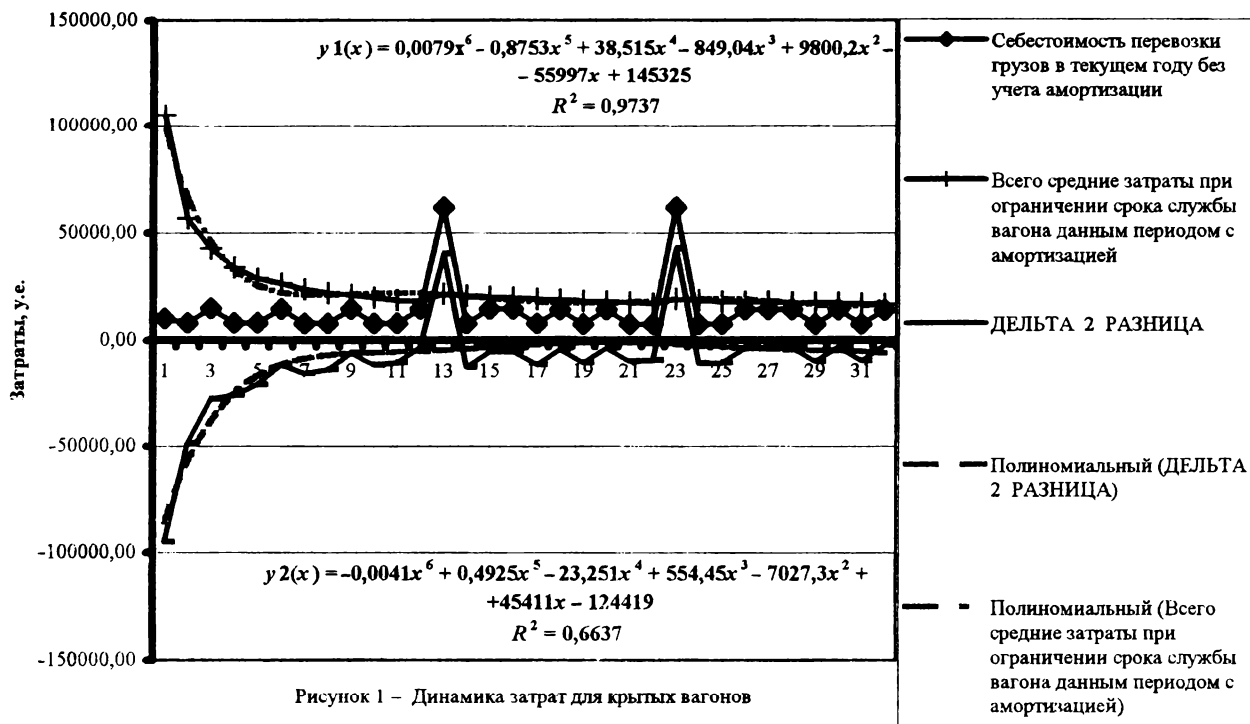
Ниже на графиках (см. рисунки 1, 2) видно, что для каждого типа вагона указанная величина носит сугубо индивидуальный характер и имеет устойчивую тенденцию при данных экономических условиях.

На основании теоретических обоснований, изложенных в работе [5] и данной статье, делается попытка применить теоретические разработки для практических нужд железной дороги. Исходные данные, которые удовлетворяют необходимым требованиям для расчетов, были взяты из работы [4]. Для выявления точки физического износа вагона будем отслеживать в динамике текущие эксплуатационные расходы (без амортизации) по каждому типу вагона и средние полные эксплуата-

ционные расходы за все время эксплуатации вагона. Причем период эксплуатации вагона будем менять с одного года до тридцати лет.

Данная модель расчетов была применена к следующим типам вагонов: крытый, платформа, полувагон, цистерна четырехосная нефтебензиновая, вагон-зерновоз, вагон-цементовоз, вагон-минераловоз, платформа фитинговая, вагон для рулонной стали, автомобилевоз, муковоз, цистерна-содовоз,

цистерна для пищевых продуктов, битумные вагоны, хоппер-дозатор, думкар, рефрижераторная секция, автономный рефрижераторный вагон, транспортеры четырехосные, транспортеры восьмиосные, транспортеры двенадцатиосные, транспортеры шестнадцатиосные, контейнеры массой брутто 3; 5; 20; 24 т. Ниже приведены следующие графики функций во времени по всем типам указанных вагонов:



1 Себестоимости перевозки грузов в текущем году без учета амортизации.

2 Всего средние затраты при ограничении срока службы вагона данным периодом с учетом амортизации.

3 Дельта 2 разница = Себестоимость перевозки грузов в текущем году без учета амортизации – Всего средние затраты при ограничении срока службы вагона данным периодом с учетом амортизации;

4 Полином шестой степени, аппроксимирующий график “Всего средние затраты при ограничении срока службы вагона данным периодом с учетом амортизации”, с коэффициентом достоверности аппроксимации R^2 (приведено уравнение полинома $y_1(x)$);

5 Полином шестой степени, аппроксимирующий график “Дельта 2 разница”, с коэффициентом достоверности аппроксимации R^2 (приведено уравнение полинома $y_2(x)$).

На графиках $x = 1, 2, \dots, n$ – величина времени, выраженная в годах, определяющих жизненный цикл службы вагона.

На всех графиках (см. рисунки 1, 2) (ось x – это ось времени, ось y – ось величины затрат) достоверность аппроксимирующего полинома $y_1(x)$ колеблется от 0,96 до 0,99. Этот полином шестой степени аппроксимирует график “Всего средние затраты при ограничении срока службы вагона данным периодом с учетом амортизации”. Полином $y_1(x)$ – функция от времени, где x – величина времени, выраженная в годах. Сама функция $y_1(x)$ показывает величину годовых эксплуатационных затрат при ограничении срока службы вагона данным периодом.

На графиках достоверность аппроксимирующего полинома $y_2(x)$ колеблется для указанных вагонов от 0,79 до 0,98, за исключением двух типов вагонов: для крытых вагонов $R^2 = 0,66$; для цистерны четырехосной нефтебензиновая – $R^2 = 0,64$. Полином $y_2(x)$ – функция от времени, где x – величина времени, выраженная в годах. Функция $y_2(x)$ – функция эксплуатационных затрат, выражающая разность между годовыми эксплуатационными затратами при ограничении срока службы вагона данным периодом и себестоимостью перевозки грузов в текущем году без учета амортизации. Со степенью достоверности $R^2 = 0,8 \dots 0,97$ можно вычислить для перечисленных типов вагонов себестоимость перевозки грузов в любом году эксплуатации вагона через аппроксимирующие функции (с учетом знака):

$$y_3(x) = y_1(x) + y_2(x). \quad (8)$$

Иными словами, зная структуру эксплуатационных затрат в каждом году, можно получить функцию затрат на ремонт вагона в текущем году

или в любой год эксплуатации. В соответствии с изложенной теорией по перечисленным диаграммам для аппроксимирующей функции $y_2(x)$ составим таблицу точек физического износа каждого типа вагона (таблица 1).

Таблица 1 – Точки технического износа грузовых вагонов

Тип грузового вагона	Время физического износа вагона, лет	Номер группы
Крытые вагоны	19–20 лет, 32 года	А
Платформа	18 лет, 28 лет	А
Полувагон	14 лет, 21 год	В
Цистерна четырехосная нефтебензиновая	16–17 лет, 25 лет	А
Вагон-зерновоз	16–17 лет, 27–28 лет	В
Вагон-цементовоз	13–14 лет, 21 год	В
Вагон-минераловоз	15 лет	В
Платформа фитинговая	17 лет, 29 лет	В
Вагон для рулонной стали	17–18 лет, 28–29 лет	А
Автомобилевоз	15 лет, 27–28 лет	В
Муковоз	16–17 лет, 27–28 лет	В
Цистерна-содовоз	13 лет, 22–23 года	В
Цистерна для пищевых продуктов	18–19 лет	А
Вагоны битумные	15–16 лет, 27–28 лет	В
Хоппер-дозатор	14 лет, 22 года	В
Думкар	12 лет, 20 лет	В
Рефрижераторная секция	13 лет, 23 года	В
Автономный рефрижераторный вагон	12–13 лет, 23 года	В
Транспортеры четырехосные	20 лет, 33 года	А
Транспортеры восьмиосные	19–20 лет, 31–32 года	А
Транспортеры двенадцатиосные	19–20 лет, 31–32 года	А
Транспортеры шестнадцатиосные	19–20 лет, 31–32 года	А
Контейнеры масса брутто 3 т	11–12 лет	В
Контейнеры масса брутто 5 т	11–12 лет	В
Контейнеры масса брутто 20(24) т	9–10 лет	В

В соответствии со статистическими данными, накопленными за многие годы в лаборатории “ТТОРЕПС” для пассажирских вагонов, после 18 лет эксплуатации вагонов происходит существен-

ное увеличение степени повреждаемости коррозионных кузовов и рам вагонов. После 26 лет эксплуатации вагонов наблюдается резкий скачок степени повреждаемости всех элементов рамы и кузова вагона. Если принять во внимание цифры 18 и 26 лет, как точки физического износа вагонов, то типы вышеперечисленных вагонов можно поделить на две группы. К первой группе отнесутся те типы вагонов, которые удовлетворяют физическому износу в 18 и 26 лет (группа А), ко второй группе – все остальные типы вагонов (группа В). Тогда в первую группу (группу А) входит 9 типов вагонов, а во вторую группу (группу В) – 16 типов вагонов.

После определения точек физического износа по каждому типу вагона встает вопрос: в каком виде воспроизводить существующие вагоны?

Список литературы

1 Канторович Л.В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1960. – 343 с.

2 Немчинов В. С. Избранные произведения: В 6 т. – М.: Наука, 1967.

3 Новожилков В.В., Проблемы измерения затрат и результатов при оптимальном планировании. – М.: Экономика, 1967. – 375 с.

Получено 30.04.2002

V. I. Senko, Y. G. Chepik. In the given work the attempt is made to reveal points of technical deterioration of transport.

In clause offers a method of definition of expenses during life cycle of transport. He offers a method on account of expenses in points of technical deterioration of transport and determines a share of these expenses in total amount of operational costs during life cycle of transport. The given method allows to developing strategy on repair base of transport branch.

Можно произвести модернизацию вагонов или закупить новые вагоны. Если проводить модернизацию вагона, то какова должна быть цена этой модернизации в величине первоначальной стоимости каждого типа вагона, чтобы этот модернизированный вагон экономически был выгоден при дальнейшей эксплуатации в рамках жизненного цикла вагона. Описанный в статье подход позволяет оценить достаточность средств на текущие плановые ремонты с точки зрения надежности и продления срока эксплуатации. Предложенный метод позволяет оценить экономическую эффективность вложений в капитальный и текущий ремонт транспортных средств и дает возможность разрабатывать стратегию ремонтной базы для грузовых вагонов.

4 Методические рекомендации по определению ставок арендной платы за грузовые вагоны и контейнеры инвентарного парка железных дорог Российской Федерации. – М., 1999. – 20 с.

5 Чепик Ю.Г. Основные принципы разработки экспертной системы по оценке остаточных ресурсов железнодорожных вагонов с точки зрения экономики. ЮЖЕЛ, Сборник радова PROCEEDINGS 4-6 Октобар 2000, Врњачка Бања, Југославија. The 7th International Scientific Conference of Railway Experts.

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2002. № 1(4)

УДК 629.45

В. В. СВИРИДЕНКО, научный сотрудник; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

МНОГОФАКТОРНАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА КОЛИЧЕСТВА ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ ТИПА ЦМВО С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Приводятся статистические данные, характеризующие возраст парка пассажирских вагонов типа ЦМВО (пассажирский некупейный). Отмечается процесс старения пассажирского парка. Излагается методика расчета требуемого парка вагонов типа ЦМВО по многофакторным моделям.

Одним из источников пополнения доходов Белорусской железной дороги являются пассажирские перевозки. Уровень доходности их во многом определяется рациональной величиной инвентарного парка пассажирских вагонов, техническим состоянием и комфортными условиями в вагоне.

За последние шесть-семь лет материальная база, обеспечивающая пассажирские железнодорожные перевозки, претерпела большие изменения.

Нет необходимого поступления нового подвижного состава, возросла зависимость от других государств по обеспечению запасными частями и материалами. Положение дел с пассажирским подвижным составом является достаточно тревожным. Постоянно повышается время нахождения вагона в эксплуатации, не выдерживаются нормативные сроки поставки новых вагонов, техническое состояние вагонов ухудшается.

Объективными причинами такого положения