

шины. — 1997. — №11, — С. 10–11. 2. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика. — М.: Машиностроение, 1971. — 672 с.

УДК 629. 4. 014. 7

**Е.П. Гурский**

## **КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ПАРКА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ**

*Белорусский государственный университет транспорта  
Гомель, Беларусь*

Эффективность работы транспорта во многом определяется высокой надежностью его технических средств, в том числе и вагонного парка. Вагонное хозяйство непрерывно развивается. Особое внимание уделяется оптимизации межремонтных периодов и сроков службы вагонов, повышению качества ремонтных работ, внедрению новых и совершенствованию существующих форм организации производства.

Сложившаяся ситуация с грузовым подвижным составом в Республике Беларусь, от которого непосредственно зависит жизнедеятельность железнодорожного транспорта, остро ставит проблему оздоровления и обновления подвижного состава. Это связано с тем, что парк грузовых вагонов Республики Беларусь стареет, причем это происходит по всем его типам. Средний возраст парка грузовых вагонов составил 23,2 года. Износ активной части основных фондов — вагонов — составляет более 72%. Изношенный и устаревший подвижной состав не позволяет перейти на современные перевозочные технологии, увеличить межремонтные сроки, гарантийные плечи пробега, веса поездов, решать многие другие задачи, диктуемые временем, требованиями безопасности движения, снижения эксплуатационных расходов и транспортных издержек.

Проблему сохранения вагонного парка дороги и улучшения его технического состояния необходимо решать в первую очередь повышением качества капитального и деповского ремонтов вагонов за счет усиления существующей вагоноремонтной базы, освоением капитально-восстановительного ремонта вагонов с продлением срока их службы (КРП) и закупкой новых.

В связи с выше изложенным, проблема оздоровления и обновления подвижного состава требует решения следующих задач:

- объективно оценить имеющийся в распоряжении подвижной состав по его количеству и техническому состоянию;
- исходя из прогнозируемых объемов перевозок, утвердить потребность отрасли в вагонах по типам на период до 2010 года;
- принять решения о путях и методах оздоровления подвижного состава;
- выработать стратегию закупки подвижного состава.

Анализ существующих разработок показывает что, вопросу прогнозирования парка грузовых вагонов не уделяется должного внимания. В связи с этим ошибки допущенные, на стадии принятия перспективных положений, например по обновлению парка грузовых вагонов, без учета прогнозных показателей, оказывает существенное влияние на конечные результаты работы железной дороги. В этом случае принимаемые в дальнейшем оперативные воздействия не приносят желаемого результата, выделяемые на развитие транспорта капитальные вложения используются не эффективно. Поэтому сокращение неопределенности прогнозов по эффективности использования подвижного состава, в частности грузовых вагонов, является одним из резервов перехода с экстенсивного на интенсивный путь развития транспорта.

Проведенные исследования выявили необходимость применения многофакторных корреляционно-регрессионной моделей оптимальной сложности, при определении потребных вагонных парков. В данной постановке задачи на вагонный парк оказывают влияние многие факторы, определяющие в той или иной степени его количество, а именно: грузооборот железных дорог, количество отправленного груза, средняя участковая скорость, оборот вагона, среднесуточный пробег, статическая нагрузка на вагон, динамическая нагрузка на вагон, производительность вагона и т.д.

Выполненные исследования показали, что рациональная длина ретроспективного ряда — 10–20 лет, поэтому был собран массив статистических данных за период с 1993 по 2003 годы, которые по мнению экспертов оказывают влияние на формирование вагонного парка.

По предлагаемой автором методике процесс формирования модели проходит по следующим этапам:

1. Выбор основных факторов ( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ), определяющих значение исследуемой величины (рабочий парк грузовых вагонов). Формирование совокупности факторов целесообразно проводить экспертным оцениванием. Каждый из факторов задается ретроспективным рядом необходимой длины. Одним из основных требований включения фактора в модель, является отсутствие взаимной корреляции у факторов между собой. Первоначально, в модель вошли следующие факторы: грузооборот железной дороги ( $X_1$ ); пассажирооборот ( $X_2$ ); средняя участковая скорость ( $X_3$ ); средняя техническая

скорость ( $X_4$ ); вес поезда ( $X_5$ ); оборот вагона ( $X_6$ ); среднесуточный пробег вагона ( $X_7$ ); статическая нагрузка на вагон ( $X_8$ ); погружено всего ( $X_9$ ); вывезено тонн всего ( $X_{10}$ ); коэффициент местной работы ( $X_{11}$ ); коэффициент порожнего пробега ( $X_{12}$ ); среднесуточная производительность вагона ( $X_{13}$ ); средняя динамическая нагрузка на ось ( $X_{14}$ ); работа дороги ( $X_{15}$ ); средний простой вагона под грузовой операцией ( $X_{16}$ ); средний простой вагона на одной технической станции ( $X_{17}$ ).

2. Расчет коэффициентов корреляции между исследуемой величиной и факторами, а также у факторов между собой. На этом этапе из модели удаляются те факторы, которые имели достаточно большой ( $r \geq 0,75$ ) коэффициент корреляции с оставшимися в модели факторами. В модели оставляется фактор, который является более общим, и имеет больший коэффициент корреляции между исследуемой величиной и факторами.

3. Ранжирование факторов по коэффициенту корреляции. Фактору с наибольшим коэффициентом корреляции присваивается один балл и т.д.

4. Получение уравнения множественной регрессии, выраженного в стандартизованном виде и нахождение стандартизованных коэффициентов регрессии.

5. Ранжирование факторов по величине стандартизованного коэффициента регрессии. Фактору с наибольшим стандартизованным коэффициентом регрессии присваивается один балл и т.д.

6. Ранжирование факторов по сумме баллов двух подкритериев — коэффициенту корреляции и стандартизованному коэффициенту регрессии.

7. Построение модели оптимальной сложности.

Формирование модели начиналось с получения зависимости

$$N_{\text{раб.ч.}} = f(X_{\text{max}}), \quad (1)$$

где  $X_{\text{max}}$  — фактор, имеющий максимальный коэффициент корреляции с парком вагонов.

Для этой функции определялась остаточная дисперсия. Дальнейшее усложнение модели производилось включением в нее последующих факторов в зависимости от их значимости.

Ранжирование факторов происходило по сумме двух подкритериев — парного коэффициента корреляции между фактором и исследуемой величиной (количеством рабочего парка грузовых вагонов определенного типа), и величины стандартизованного коэффициента уравнения множественной регрессии. Присвоенные в обоих случаях для каждого фактора баллы складываются, и значимость фактора во вновь образованной модели определяется их суммой. Чем меньше сумма баллов, тем большее влияние оказывает фактор

на модель. Усложнение модели заканчивалось тогда, когда совокупный коэффициент корреляции становился равным  $r_{сов} \geq 0,95$ , а остаточная дисперсия  $S^2_{остn} - S^2_{остn+1} \leq 5\%$ . Выполненные исследования, позволили получить модели следующего вида:

— для общего рабочего парка грузовых вагонов

$$Y_{(общ)} = 1179,1 \cdot e^{(0,0435X_2 + 0,0464X_3 - 0,002X_1 - 0,147X_4)};$$

— для вагонов рабочего парка крытых вагонов

$$Y_{(кр)} = 225,59 \cdot X_6^{0,197} \cdot X_{10}^{0,777} \cdot X_5^{0,36};$$

— для вагонов рабочего парка платформ

$$Y_{(пл)} = 2114,3 \cdot X_9^{-0,993} \cdot X_2^{0,0185} \cdot X_1^{1,0028};$$

— для вагонов рабочего парка полувагонов

$$Y_{(пв)} = 2480,64 \cdot e^{(-0,3402X_2 + 0,81802X_4 - 0,1046X_3 + 0,4244X_5)};$$

— для вагонов рабочего парка цистерн

$$Y_{(цис)} = 8245 - 0,3139X_{11} - 1724,2X_3 + 230,93X_6;$$

— для прочих вагонов рабочего парка

$$Y_{(прочих)} = 199974 \cdot X_{10}^{-0,35793} \cdot X_1^{-0,6439} \cdot X_5^{-0,5709}.$$

По полученным моделям оптимальной сложности были рассчитаны значения рабочего парка грузовых вагонов для периода с 1993 по 2003 годы. Сравнение расчетных значений по полученной модели  $N_p$  и фактических  $N_\phi$  показали высокую сходимость этих величин. Из изложенного следует вывод о целесообразности применения полученных моделей для прогнозирования рабочего парка грузовых вагонов. Однако для этого необходимо иметь прогнозные значения факторов, которые вошли в модель оптимальной сложности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сметанин А.И. Техническое нормирование эксплуатационной работы железных дорог. — М.: Транспорт, 1984. — 295 с.
2. Кобринский Н.Е., Кузьмин В.И. Точность экономико-математических моделей. Финансы и статистика, 1981. 255 с.
3. Лукомский Я.И. Теория корреляции и ее применение к анализу производства. — М.: Госстатиздат, 1961. — 375 с.