

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕСУРС ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

к.т.н. В.Ф. Далека, Н.В. Белоус
(представив д.т.н., проф. В.П. Шпачук)

Приведены результаты корреляционного и регрессионного анализа влияния условий эксплуатации на количество возвратов подвижного состава с линии в депо по неисправности с использованием EXCEL и MathCAD.

Одним из основных технико-экономических показателей работы подвижного состава на линии является количество возвратов вагонов или троллейбусов с линии в депо по неисправности. Известно, что неисправности и отказы подвижного состава трамвая и троллейбусов (разрушение элементов конструкции, нарушение изоляции токоведущих частей электрического оборудования, изменения формы, размеров деталей, а также физических свойств материалов и т.п.) могут быть следствием трех групп причин: дефектов конструкции и изготовления на заводе, неправильной или длительной эксплуатации и естественного износа [1]. При этом считается, что условия эксплуатации подвижного состава на различных маршрутах одинаковы. Однако, в действительности это не так, и различные факторы эксплуатационного нагружения по-разному влияют на интенсивность отказов отдельных элементов подвижного состава. Поэтому требуется оценить степень связи между условиями эксплуатации подвижного состава и количеством возвратов с линии.

Оценить влияние условий движения на количество возвратов подвижного состава с линии можно, используя корреляционные методы [2]. Коэффициент корреляции позволяет оценить степень связи двух случайных величин

$$r_{xy} = \frac{\sum_i^N (X_i - X_{cp.})(Y_i - Y_{cp.})}{\sqrt{\sum_i^N (X_i - X_{cp.})^2 \sum_i^{2N} (Y_i - Y_{cp.})^2}},$$

где X_i, Y_i - элементы последовательностей данных X_i, Y_i ; $X_{cp.}, Y_{cp.}$ - средние значения этих последовательностей; N - количество элементов.

Коэффициенты корреляции вычислялись по статистическим данным маршрутной системы троллейбусов города Днепропетровска. В качестве элементов последовательности Y_i использовались данные по возвратам подвижного состава на один рейс для i -го маршрута, которые вычислялись на

основе отчетных данных предприятия. В качестве последовательностей X_{ki} на i -м маршруте использовались: X_{1i} - количество остановочных пунктов; X_{2i} - количество светофоров; X_{3i} - количество пересечений; X_{4i} - количество поворотов. По результатам расчета имеем :

$$r(Y_i, X_{1i}) = -0.243; r(Y_i, X_{2i}) = -0.483; r(Y_i, X_{3i}) = 0.124; r(Y_i, X_{4i}) = 0.399.$$

Здесь положительный коэффициент корреляции означает, что обе последовательности данных ковариантны (развиваются в одном направлении), отрицательный же коэффициент означает, что они контрвариантны (развиваются в разных направлениях). Чем ближе абсолютная величина коэффициента корреляции к единице, тем больше обе переменные зависят друг от друга.

Связь между количеством возвратов подвижного состава с линии и количеством остановочных пунктов и светофоров на маршруте носит обратный характер (отрицательные коэффициенты корреляции). Это можно объяснить следующим. Если количество остановочных пунктов и светофоров на маршруте велико, то подвижной состав большую часть времени либо движется с небольшой скоростью, либо находится на остановочном пункте. Поэтому динамические воздействия на его элементы в связи с невозможностью развития подвижным составом высоких эксплуатационных скоростей в большинстве случаев понижены.

Для проверки зависимости между двумя величинами X и Y в случае, когда в чисто математическом смысле нельзя утверждать, что величина Y является функцией другой величины X , применяют также регрессионный анализ. Для этого зависимые пары значений (X_i, Y_i) наносят в плоскости (X, Y) . Для определения количественной оценки “регрессии” переменной Y относительно переменной X регрессионный анализ проводят в виде вычисления сглаживания (с помощью аппроксимационной функции) [2].

Через общее число N пар величин (X_i, Y_i) необходимо провести функцию $F(X)$ так, чтобы можно было задать аналитическую связь между ними (характеристику). Функция, задаваемая формулой, имеет преимущество по ряду причин. С ее помощью можно: описывать результаты измерений; заносить характеристику в память компьютера; вычислять и выдавать значение абсциссы, которое соответствует определенному значению ординаты; проводить дальнейшую обработку аналитически заданной функции.

Обработка статистических данных проводилась на ПЭВМ в EXCEL. Для сглаживания применялись аппроксимирующие полиномы степени 2. Результаты исследований приведены на рис.1. Здесь Y – удельное количество возвратов подвижного состава с линии (суммарное годовое по маршрутам, отнесенное к количеству выполненных рейсов). Форма и наклон кривых подтверждают результаты, полученные коррелятивными методами. Хорошо прослеживается обратный характер связи между количеством остановочных пунктов, светофоров на маршруте и возвратами подвижного состава, а также прямой - между количеством пересечений, поворотов и возвратами.

Для оценки зависимости скорости деградации технического состояния подвижного состава от условий эксплуатации также была проведена многомерная полиномиальная регрессия с помощью MathCAD 8.1 (степень полинома $n = 1$).

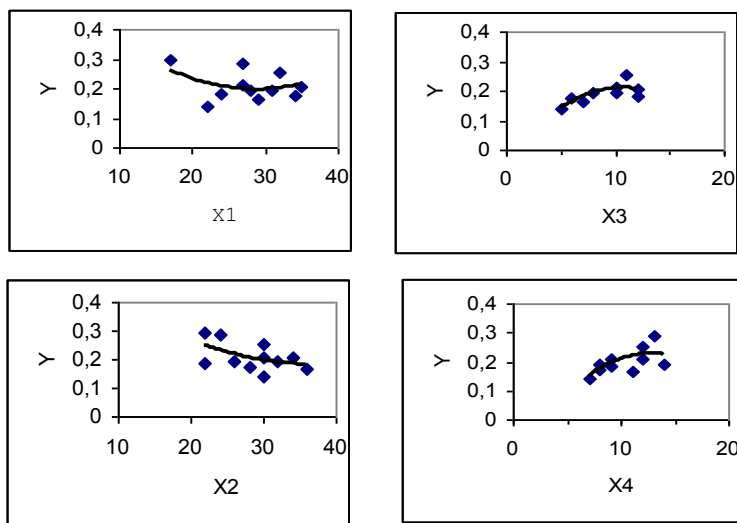


Рис.1. Влияние условий эксплуатации на технический ресурс

В результате регрессионного анализа получена зависимость

$$P(X1, X2, X3, X4) = 0.254 - 0.003297X1 - 0.003213X2 + 0.002905X3 + 0.011X4.$$

По величинам коэффициентов при соответствующих аргументах можно оценить влияние данного аргумента на количество возвратов подвижного состава с линии. Из полученного выражения следует, что наиболее сильное влияние на количество возвратов подвижного состава с линии имеет количество поворотов на маршруте.

Таким образом, можно выполнить оценку зависимости количества возвратов подвижного состава с линии по неисправности от характеристик маршрутов, определяющих условия движения, т.е. в целом условия эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кобозев В.М. Эксплуатация и ремонт подвижного состава городского электрического транспорта. – М.: Высшая школа, 1982. – 328 с.
2. Шрюфер Э. Обработка сигналов. – К.: Либидь, 1995. – 360 с.

Поступила в редколлегию 19.7.2000