

Наконец, в-седьмых, полученная при рекуперативном торможении энергия может сразу возвращаться в электросеть при эксплуатации электровозов либо аккумулироваться на борту тепловозов в аккумуляторах. Понятно, что в первом случае это проще и надежнее.

Энергосбережение в локомотивном хозяйстве осуществляется по двум принципиально важным и самостоятельным направлениям:

- уменьшение расхода энергии (электрической или дизельного топлива) на тягу поездов;
- экономия топливно-энергетических ресурсов при ремонте и техническом обслуживании локомотивов.

Первое направление связано с устройством самого локомотива, качеством ремонта и технического обслуживания, поддержанием исправного состояния приборов учета энергоресурсов (электроэнергии или топлива), а также автоведения поезда.

Второе направление предусматривает повышение топливно-энергетической эффективности ремонтного производства за счёт снижения прямых удельных затрат на выпуск локомотива после соответствующего ремонта, уменьшение доли вспомогательных производственных затрат, затрат на транспортирование материалов и комплектующих, сокращение непроизводительного расхода ТЭР, связанного с нарушениями технологической дисциплины, с устранением последствий брака в работе, логистическими потерями и т. д.

В действительности снижение уровня непроизводительных затрат является первоочередной задачей повышения энергетической эффективности ремонта и техобслуживания локомотивов.

Экономически целесообразно уменьшать затраты энергии в наиболее энергоёмких процессах ремонта и техническом обслуживании локомотивов.

Основными энергоёмкими технологическими процессами при техническом обслуживании и ремонте локомотивов являются:

- сушка песка, заправка смазкой, освещение смотровых канав при ТО и экипировке;
- сушка изоляции электрических машин, реостатные испытания, обточка колесных пар под локомотивом, проверка и обслуживание тормозной системы и оборудования, подшипниковых узлов и зубчатых передач при ремонтах ТР-1 и ТР-2;
- очистка локомотива и его оборудования перед ремонтом, демонтаж и установка оборудования, разборка, сборка, ремонт колесно-моторных блоков, электромашин, колесных пар, поршневых компрессоров, восстановление оборудования сваркой и наплавкой, очистка от старой краски, окраска, сушка кузовов, изготовление деталей, испытания и обработка – при ремонтах ТР-3 и КР.

Своевременное качественное техническое обслуживание и ремонт локомотива являются залогом надежной эксплуатации подвижного состава и эффективного его использования.

#### Список литературы

1 Энергетическая [р]еволюция: перспективы устойчивого развития энергетического сектора Беларуси / С. Симон [и др.] / под ред. Ю. Огаренко // Фонд им. Г. Белля. – Минск : Плутос, 2018. – 124 с.

УДК 51-7

## РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

*Т. В. ПОТУРАЕВА*

*Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, Российская Федерация*

Посредством регрессионных моделей сопоставлен ряд экологических факторов, влияющих на динамику численности населения. Для исследования выбраны две области (Орловская и Липецкая), различные по социально-экономическим параметрам.

В работе используется методика анализа динамики численности населения как функции факторов, потенциально воздействующих на здоровье населения, а именно:

- количество автотранспорта –  $z_1$ , тыс.;
- объем выбросов в атмосферу –  $z_2$ , млн т;
- площадь лесов –  $z_3$ , тыс. га;
- объем сброса сточных вод –  $z_4$ , млрд м<sup>3</sup>.

На основании статистических данных Федеральной службы государственной статистики (таблицы 1, 2) составлены поля корреляции объясняющих и объясняемых факторов. На каждом графике показаны средствами ППП Excel линии тренда и полиномиальные функции  $Z_i = Z_i(x)$  ( $i = 1, 2, \dots, 6$ ) и  $Y_j = Y_j(x)$  ( $j = 1, 2, \dots, 18$ ), где  $x$  – номер года, если 2000 год считать первым ( $x = 1$ ), причем  $x$  изменяется от 1 до 18 (рисунок 1).

Таблица 1 – Данные по Орловской области

| Фактор   | $Y_0$   | $Z_{10}$ | $Z_{20}$ | $Z_{30}$ | $Z_{40}$ |
|--|---------|----------|----------|----------|----------|
| Численность населения $Y_0$                          | 1       | -        | -        | -        | -        |
| Автотранспорт $Z_{10}$                               | -0,9732 | 1        | -        | -        | -        |
| Выбросы в атмосферу стационарных источников $Z_{20}$ | -0,5144 | 0,4762   | 1        | -        | -        |
| Площадь леса $Z_{30}$                                | 0,8207  | -0,7614  | -0,2989  | 1        | -        |
| Сток вод $Z_{40}$                                    | 0,9585  | -0,8985  | -0,4626  | 0,8554   | 1        |

Таблица 2 – Данные по Липецкой области

| Фактор   | $Y_L$  | $Z_{1L}$ | $Z_{2L}$ | $Z_{3L}$ | $Z_{4L}$ |
|--|--------|----------|----------|----------|----------|
| Численность населения $Y_L$                          | 1      | -        | -        | -        | -        |
| Автотранспорт $Z_{1L}$                               | 0,9752 | 1        | -        | -        | -        |
| Выбросы в атмосферу стационарных источников $Z_{2L}$ | 0,8956 | -0,9422  | 1        | -        | -        |
| Площадь леса $Z_{3L}$                                | 0,7472 | -0,6726  | 0,6738   | 1        | -        |
| Сток вод $Z_{4L}$                                    | 0,9127 | -0,9089  | 0,7896   | 0,6345   | 1        |

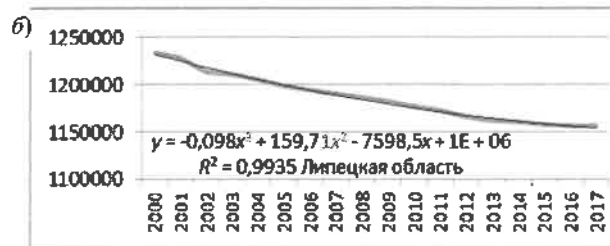
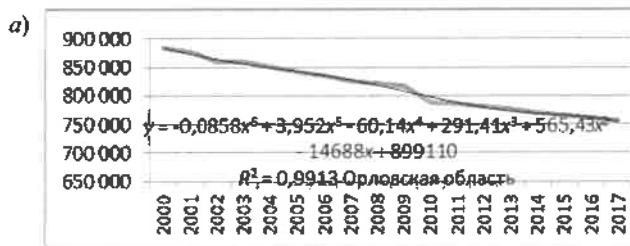


Рисунок 1 – Поля корреляций:  
а – Орловская область; б – Липецкая область

Принимаем, что в регрессионную модель будут включены два фактора, связь которых с зависимой переменной наиболее сильная ( $r_{Y_j} \geq 0,7; j = 1 \dots 4$ ).

Анализ матрицы парных коэффициентов корреляции из таблицы 2 показывает, что наиболее сильная связь с численностью населения в Орловской области у «автотранспорта» и «площади лесов», в Липецкой – у «выбросов в атмосферу стационарных источников» и «стока вод». При этом проанализированы связи между этими переменными для исключения мультиколлинеарности:

$$\hat{Y}_O = a_{10} + a_{20}Z_{10} + a_{30}Z_{10}; \quad (1.1)$$

$$\hat{Y}_L = a_{1L} + a_{2L}Z_{2L} + a_{3L}Z_{4L}, \quad (1.2)$$

где  $a_{1i}, a_{2i}, a_{3i}$  ( $i = O, L$ ) – параметры двухфакторной регрессии, подлежащие оценке.

Оценку параметров  $a_{1i}, a_{2i}, a_{3i}$  ( $i = O, L$ ) двухфакторной регрессии – коэффициентов уравнения – проведём методом наименьших квадратов. Непосредственное вычисление вектора оценок  $\bar{a}_O = (a_1 \ a_2 \ a_3)^T$  и  $\bar{a}_L = (a_1 \ a_2 \ a_3)^T$  параметров регрессии (1.1); (1.2):

$$\bar{a} = (Z^T Z)^{-1} Z^T Y, \quad (2)$$

где  $Z$  – матрица размерности  $18 \times 3$ , содержащая вектор-столбцы  $Z, Z_1, Z_3$  (в указанном порядке),  $Y$  – вектор-столбец значений объясняемого фактора. В результате получаем вектор  $\bar{a}$  со следующими координатами:

$$\bar{a}_O = (a_{10} \ a_{20} \ a_{30})^T = \begin{pmatrix} -124973316 \\ -0,27051596 \\ 619841,899 \end{pmatrix}; \quad (3.1)$$

$$\bar{a}_L = (a_{1L} \ a_{2L} \ a_{3L})^T = \begin{pmatrix} 971863 \\ 423,5846 \\ 558,0587 \end{pmatrix}. \quad (3.2)$$

Таким образом, уравнения регрессии (1.1), (1.2) принимают вид – Орловская область:

$$\hat{Y}_O = -124973316 - 0,27051596Z_{10} + 619841,899Z_{30}; \quad (4.1)$$

– Липецкая область

$$\hat{Y}_L = 971863 + 423,5846Z_{2Л} + 558,0587Z_{4Л}. \quad (4.2)$$

Проведённым статистическим анализом уравнений регрессии и проверкой значимости и качества уравнений и модели подтверждается наличие тесной связи между переменными  $Y$  (численности населения),  $Z_{10}$  (количество транспортных средств) и  $Z_{30}$  (площадь леса) по Орловской области и между переменными  $Y$ ,  $Z_{2Л}$  (выбросы в атмосферу) и  $Z_{4Л}$  (сток вод) по Липецкой области.

Для того чтобы использовать построенную модель для прогнозирования, мы принимаем допущение о сохранении ранее существовавших взаимосвязей переменных в прогнозируемом периоде. Для прогнозирования зависимой переменной на несколько шагов вперед необходимо знать прогнозные значения всех факторов, участвующих в модели. Их оценки могут быть получены на основе моделей временных экстраполяций.

1 По Орловской области.

В качестве константы выбран коэффициент  $Z_{30}$ , т. е.  $Z_{30}(18) = Z_{30}(19) = 203$ . Для временной шкалы  $Z_{10}$  в качестве аппроксимирующей выбираем квадратичную функцию, по которой выполняется прогноз на два года вперед (2018 и 2019) (она соответствует наибольшему значению коэффициента детерминации  $R^2 = 0,9679$ );  $Z_{10} = 722,96t^2 + 636,63t + 137903$ ;  $Z_{10}(18) = 360682,7$ ;  $Z_{10}(19) = 386795,6$ .

Получим прогнозные оценки для переменной  $\hat{Y}_O$  «Численность населения»:

$$\hat{Y}_O = -124973316 - 0,27051596Z_{10} + 619841,899Z_{30}; \quad Y(18) = -7866x + 888642; \quad R^2 = 0,9821. \quad (5.1)$$

2 По Липецкой области.

Для временной шкалы  $Z_{2Л}$  в качестве аппроксимирующей выбираем квадратичную функцию, по которой выполняется прогноз на два года вперед (2018 и 2019) (она соответствует наибольшему значению коэффициента детерминации  $R^2 = 0,8766$ );  $Z_{2Л} = -0,0808t^2 - 3,2459t + 401,19$ .

Получим прогнозные оценки для переменной  $\hat{Y}_L$  «Численность населения»:

$$\hat{Y}_L = 971863 + 423,5846Z_{2Л} + 558,0587Z_{4Л}; \quad Y = -4595,3x + 10^6; \quad R^2 = 0,9693. \quad (5.2)$$

Таким образом, построенная модель позволяет воспроизвести наблюдаемые тенденции изменения численности населения региона и сделать краткосрочный прогноз ожидаемых тенденций в изменении всех факторов и их численных значений.

Сравнивая данные двух областей, можно отметить, что в Орловской области фактором, влияющим на численность населения, является  $Z_1$  «количество автомобилей». В Липецкой области наиболее значимыми по воздействию на объясняемый фактор  $Y$  «численность населения» являются объясняющие факторы  $Z_2$  «выбросы в атмосферу от стационарных источников» и  $Z_4$  «сток вод». Это может быть связано с более развитым промышленным потенциалом Липецкой области по сравнению с Орловской.

УДК 504.06:599.363

## О ВЛИЯНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ РЕДКИХ И МАЛОИЗУЧЕННЫХ ВИДОВ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ БЕЛАРУСИ (НА ПРИМЕРЕ *NEOMYS ANOMALUS CABRERA*, 1907)

А. А. САВАРИН

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Республика Беларусь

Среди экологов широко распространено мнение о несовместимости дорожной сети с обитанием редких и малоизученных видов микротериофауны. Такая точка зрения основана на традиционном негативном восприятии техногенных систем, элементом которых являются и автомобильные дороги. Не отрицая комплексного воздействия автомобильных дорог и транспорта на различные аспекты жизнедеятельности животных, следует указать на усиление адаптаций в их локальных популяциях.

Интересным примером в этом плане являются последние находки куторы малой (*Neomys anomalus Cabrera*, 1907) (рисунок 1, а), вида, занесенного в приложение Красной книги Республики Беларусь (2015) со статусом «недостаточно данных» (DD) [1].