

**THE IMPORTANCE OF INTERACTION BETWEEN CUSTOMS AUTHORITIES
AND PARTICIPANTS IN FOREIGN ECONOMIC ACTIVITY IN THE EAEU**

УДК 69.03

П. В. ГЕРАСИМЕНКО
Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I, Российская Федерация

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ РФ ПО 2025 ГОД**

Железнодорожный транспорт осуществляет массовую перевозку грузов, таких как топливо, металл, лес, строительные материалы, удобрение, зерно и многие другие грузы для всех отраслей экономики. Тем самым транспорт, работая непрерывно в течение суток и года, обеспечивает нормальную в стране экономическую деятельность людей в городах и сельской местности. Поскольку роль транспорта в экономике страны огромная, то прогноз доставки годовых объемов грузов продолжает сохранять свою актуальность.

В работе предложен алгоритм прогнозирования доставки груза по железной дороге и на его основе выполнено сравнение прогнозных (с учетом влияния двухлетней транспортировки в условиях развития пандемии) объемов груза и плановых показателей по 2025 год. Основные этапы реализации методики включают моделирование и верификацию модели, модельное точечное и интервальное прогнозирования. Математическая модель построена по выборке статистических данных Росстата с 2009 по 2020 годы [1, 2]. Построение модели и выполненное прогнозирование осуществлены с помощью ППП Excel.

В основу построения алгоритма положен регрессионный анализ и метод наименьших квадратов. Основными этапами прогнозирования являются:

- построение модели доставки суммарного объема груза за год в виде аналитической функции регрессии;
- проверка качества модели с помощью погрешностей аппроксимации, коэффициента детерминации и статистической значимости функции регрессии;
- точечной и интервальной оценки прогнозного общего объема груза по годам;
- сравнительное оценивание плановых и прогнозных значений объемов груза с 2021 по 2025 годы.

На рисунке 1 представлены статистические данные и график линейной модели доставки груза.

Оценка максимальной и средней относительных погрешностей составила соответственно 5,8 и 2,1 %, что позволяет заключить об удовлетворительных результатах предложенной наиболее простой модели. Проведена также оценка качества моделирования с помощью коэффициента детерминации [3]. Из рисунка 1, на котором нанесен коэффициент детерминации, равный 0,6434, видно, что связь между результатами применения моделей и фактором, определяющим результат, относительно тесная.

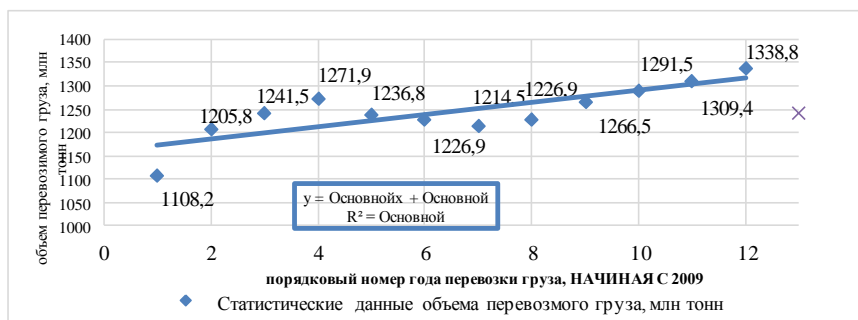


Рисунок 1 – Зависимость объема перевезенного груза от года доставки

Поскольку статистические данные перевозки груза рассматриваются как значения случайной величины, то проведена, кроме того, оценка статистической значимости модели. Для проверки статистической значимости использован инструмент «Регрессия» надстройки «Пакет анализа» [4]. Инструмент «Регрессия» пакета анализа данных Excel позволил по статистическим данным получить, кроме значений выборочных коэффициентов корреляции и детерминации, также разложения общей суммы квадратов на объясненную и остаточную, расчетное значение критерия, а также значения регрессионных параметров. Основные величины в результате применения «Пакета анализа», представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Выборочные значения параметров моделирования объемов груза

Коэффициенты регрессии		Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации	Табличное значение статистики Фишера
13,1	1159,7	0,802	0,64	18,04
Суммы квадратов разностей		Общая	Факторная	Остаточная
		38209,6	24583,5	13626,1
Суммы квадратов разностей на одну степень свободы		Общая	Факторная	Остаточная
		3473,6	24583,5	1362,6

Оценка значимости модели в целом осуществляется с помощью сопоставления табличного и расчетного значения критерия Фишера. Для расчета значения критерия Фишера использованы суммы квадратов разностей на

одну степень свободы, приведенные в таблице 1. Применительно к решенной в работе задаче число степеней свободы для общей суммы равно 11, для факторной суммы – 1 и для остаточной суммы – 10. Сопоставляя факторную и остаточную дисперсии в расчете на одну степень свободы, получена величина статистики Фишера, равная 18,04. Сравняя ее с табличным значением статистики Фишера, которое равно 4,54, приходим к заключению, что факторная дисперсия существенно больше остаточной. Следовательно, нулевая гипотеза, как это трактует математическая теория статистики, опровергает равенство этих двух дисперсий [4]. В работе сделан вывод о наличии существенной связи между объемом доставляемого груза и годом доставки.

Построенная модель (функция регрессии) позволяет использовать ее для прогнозных расчетов объемов доставки груза по 2025 год. Для этого, если принять за T^* прогнозируемый год перевозки груза, то, обозначив через прогнозируемое ожидаемое значение груза $\hat{Y}(T^*)$, его можно вычислить по построенной функции регрессии. Такой прогноз считают точечным прогнозом, поскольку он прогнозирует точку на числовой координатной оси объема груза. Вместе с тем, точечный прогноз несет в себе ошибку, поскольку объемы груза $Y(T)$ оцениваются как значения случайной величины. Более корректным прогнозом является прогноз с использованием интервальной оценки доставки груза. Как известно, случайная составляющая дает возможность установить доверительный интервал (окрестность) точечной оценки, который «накрывает» с определенной вероятностью истинное значение результата. Для этого точечный расчет результирующей переменной $\hat{Y}(T^*)$ дополнен интервальной оценкой прогнозируемого значения, которая имеет вид:

$$\hat{Y}(T^*) - m_{Y(T^*)} \leq Y^* \leq \hat{Y}(T^*) + m_{Y(T^*)},$$

где Y^* – истинное значение результирующего показателя, которое станет известным после доставки груза; $m_{Y(T^*)} = t_{1-\alpha, n-2} \cdot S_{Y(T^*)}$ – предельная ошибка прогноза; $t_{1-\alpha, n-2}$ – табличное значение t -распределения Стьюдента с $n-2$ степенями свободы на уровне значимости $\alpha = 0,05$; $S_{Y(T^*)}$ – оценка среднего квадратичного отклонения доставляемого груза (стандартная ошибка)

$$S_{Y(T^*)} = S_e \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(T - \bar{T})^2}{\sum_{k=1}^n (T - \bar{T})^2}},$$

$$S_e = \frac{1}{n-2} \sum_{t=1}^n (Y_T - \hat{Y}(T))^2 \text{ – остаточная дисперсия.}$$

Табличная величина t -статистики в Excel определена с помощью функции «СТЮДРАСПОБР». Эта функция имеет два аргумента: вероятность (уровень статистической значимости $\alpha = 0,05$) и степень свободы (количество степеней свободы $n - 2 = 10$). Результаты расчета точечного (среднего) значения и границ доверительного интервала объемов доставляемого груза в млн т для прогнозных годов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты планового, точечного и интервального прогноза

Прогнозный год	2021	2022	2023	2024	2025
Точечное прогнозное значение	1330,2	1343,3	1356,4	1369,5	1382,6
Прогнозный доверительный интервал	176,3	182,5	189,3	196,6	204,5
Левая доверительная граница	1242,0	1252,0	1261,7	1271,2	1280,4
Правая доверительная граница	1418,3	1434,5	1451,0	1467,8	1484,8
Плановые значения	1369,0	1400,4	1433,8	1478,7	1526,0

В таблице 2 представлены предельные значения доверительных интервалов для точечных прогнозных значений грузооборота по модели с 2021 по 2025 годы. Сравнение планируемых и интервальных прогнозируемых значений объемов доставляемых грузов по железной дорогой свидетельствует, что планы необходимо корректировать, начиная с 2023 года, так как их выполнение становится маловероятным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Статистический анализ грузооборота железнодорожного транспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://pandia.org/text/80/541/63496.php>. – Дата доступа : 20.02.2022.

2 Долгосрочная программа развития открытого акционерного общества «Российские железные дороги» до 2025 года: распоряжение Правительства РФ от 19 марта 2019 г. № 466-р // Собрание законодательства Российской Федерации, № 12, 25.03.2019, ст.1354.

3 Математическому образованию – развивающую направленность / Г. Х. Гайдаржи [и др.] // Проблемы математической и естественно-научной подготовки в инженерном образовании : сб. тр. IV Междунар. науч.-метод. конф. ; под ред. В. А. Ходаковского. – 2017. – С. 37–40.

4 Герасименко, П. В. Введение в эконометрику / П. В. Герасименко, В. А. Ходаковский : учеб. пособие. – СПб. : ПГУПС, 2005. – 60 с.

P. V. GERASIMENKO

Petersburg State University of Communications of Emperor Alexander I, Russian Federation

PREDICTION OF CARGO DELIVERY RAILWAY TRANSPORT OF THE RUSSIAN FEDERATION TILL 2025