

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ НЕРАВНОМЕРНОСТИ КОЛИЧЕСТВА ОТЦЕПЛЯЕМЫХ ВАГОНОВ НА ВОСТОЧНОМ ПОЛИГОНЕ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

В.Е. Гозбенко, В.А. Оленцевич

Иркутский государственный университет путей сообщения

Аннотация.

С целью выявления зависимости неравномерности количества отцепляемых вагонов на Восточном полигоне, в пакете Statgraphics Plus обработаны статистические данные по количеству отцепляемых вагонов от грузовых поездов по различным причинам за период с 2010 по 2020 гг. С использованием критериев достоверности аппроксимаций: коэффициент детерминации, критерий Дарбина-Уотсона, стандартная и абсолютная ошибки, получены регрессионные зависимости для основных показателей работы Восточного полигона: размера общего количества погруженных вагонов, количества отцепленных вагонов от составов грузовых поездов, общего объема перевозки грузов по четному и нечетному направлениям, доле отцепленных грузовых вагонов в зависимости от общего объема погрузки грузов.

Ключевые слова: Восточный полигон, безопасность перевозочного процесса, количество отцепляемых грузовых вагонов, достоверности аппроксимирующих регрессий, параболическая зависимость, критерии достоверности, оптимальные параметры.

Введение

Расширение возможностей Восточного полигона и основных его составляющих Байкало-Амурской магистрали (БАМа) и Транссиба, является основной задачей ОАО «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»). Данный фактор обоснован падением спроса на угольную продукцию в Европе и ставит задачей перенаправление экспорта на восточное направление. Сроком окончания реализации приоритетных проектов развития и модернизации Восточного полигона поставлен 2023 год. Владимир Путин призвал расширить присутствие России на мировом угольном рынке, удвоив объем поставок в восточном направлении к 2025 году и доведя его до 200 млн тонн. К проектам развития Восточного полигона, скорейшая реализацию которых планируется в ОАО «РЖД» относятся сооружение дополнительных железнодорожных главных и приемо-отправочных путей и развитие железнодорожных станций на участках: Междуреченск — Тайшет, Мариинск — Тайшет, Хабаровск — Находка [1-3].

В рамках проекта развития Восточного полигона особое место заняли вопросы обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте — это комплекс организационно-технических мер, направленных на снижение вероятности возникновения фактов угрозы жизни и здоровью пассажиров, сохранности перевозимых грузов, сохранности объектов инфраструктуры и подвижного состава железнодорожного транспорта, экологической безопасности окружающей среды. Объективная оценка уровня безопасности движения поездов в рамках продвижения на Восточном полигоне, где каждая входящая в его состав железная дорога, в процессе обеспечения перевозочного процесса по своей территории, несет ответственность за возникшие материальные потери груза или подвижному составу, является основной задачей сегодня.

Выявление зависимости неравномерности величины отцепляемых вагонов

С целью выявления зависимости неравномерности количества отцепляемых грузовых вагонов от поездов на Восточном полигоне, статистические данные по количеству отцепов за период 2010-2020 года обработаны в пакете Statgraphics Plus [4-6]. Это позволило получить регрессионные зависимости для основных параметров: величина общего количества погруженных вагонов (N); количество отцепленных вагонов от составов грузовых поездов ($N_{от}$); объем выборки (n_B); доля отцепленных грузовых вагонов в зависимости от общего объема погрузки грузов ($pr = 100N_{от}/N$); номер года от 1 до 10 из рассматриваемого периода (2010 по 2020 гг) (t) [7, 8]. При этом использованы следующие критерии достоверности аппроксимаций:

коэффициент детерминации (R^2), критерий Дарбина-Уотсона (DW), стандартная (σ) и абсолютная (Δ) ошибки, таблица 1.

Таблица 1. Значения достоверности аппроксимирующих регрессий

Коэффициент детерминации R^2 , %	Критерий Дарбина-Уотсона, DW	Стандартная ошибка, σ	Абсолютная ошибка, Δ
91,45	1,11	41774,3	67055,5
96,17	1,08	109,056	348,321
96,02	1,14	0,011	0,018
85,22	1,62	0,041	0,021
89,15	2,20	109,001	87,084
82,33	1,87	18501,1	21077,12

Для Красноярской железной дороги:

$$R^2=86,64 \%, \sigma=0,0377, \Delta=0,0247, DW=1,6917$$

$$pr = -0,0103t^2 + 0,1026t + 0,0756$$

без точки 7

$$R^2=81,78 \%, \sigma=46965,2, \Delta=45782,8, DW=1,2222$$

$$N = -9311,62t^2 + 88929,8t + 1,2225$$

без точки 5

$$R^2=90,62 \%, \sigma=473,414, \Delta=415,787, DW=1,0979$$

$$Not = -148,182t^2 + 1500,05t + 647,2$$

Для Восточно-Сибирской железной дороги

без точек 3, 4, 1

$$R^2=93,71 \%, \sigma=82,0328, \Delta=155,695, DW=2,2250$$

$$Not = -40,1163t^2 + 489,348t + 1590,9$$

без точек 4, 5, 6 и 1

$$R^2=97,56 \%, \sigma=0,0107, \Delta=0,0367, DW=0,8691$$

$$pr = -0,0055t^2 + 0,0768t - 0,0042.$$

Для Забайкальской железной дороги

$$R^2=86,42 \%, \sigma=42065,8, \Delta=48923,3, DW=2,215$$

без точки 7, 8, 2

$$N = 6951,91t^2 - 60356,7t + 448087,0$$

без точки 7, 8, 2

$$R^2=87,83 \%, \sigma=74,579, \Delta=93,4968, DW=1,5798$$

$$Not = -15,0595t^2 + 142,156t + 555,576$$

без точки 7, 8

$$R^2=87,07 \%, \sigma=0,0342, \Delta=0,0331, DW=1,1466$$

$$pr = -0,0077t^2 + 0,0738t + 0,1054.$$

Для Дальневосточной железной дороги

без точек 4, 5, 6 $n_B = 7$

$$R^2=90,2045 \%, \sigma=0,021, \Delta=0,03821, DW=0,8984$$

$$pr = 0,00043t^3 - 0,042209t + 0,29389$$

без точек 4, 5, 6 $n_B = 7$

$$R^2=98,9228 \%, \sigma=0,0070, \Delta=0,0265, DW=1,1623$$

$$pr = 0,00005t^4 - 0,0045t^2 + 0,2376$$

N для $R^2=93,85\%$, $\sigma=41825,4$, $\Delta=67257,4$, $Dw=1,10$

$$N = 124,032t^4 - 12809,6t^2 + 10679$$

$R^2=98,47\%$; $\sigma=110,956$; $\Delta=350,2531$; $Dw=1,09$

$$Not = 0,7303t^4 - 66,7441t^2 + 2512,72.$$

Параметр pr для железных дорог входящих в состав Восточного полигона: Восточно-Сибирская, Красноярская и Забайкальская описывается коэффициентом R^2 имеющим значения от 81,98 до 96,66 % и имеет параболическую зависимость – $pr = -Ct^2 + Bt + A$. В данной зависимости обозначениями A, B, C отображены константы, расчётные параметры которых представлены в таблице 2.

Таблица 2. Расчетные параметры констант (A, B, C) и критериев достоверности для параметра pr

Железная дорога, входящая в состав Восточного полигона	константы			критериев достоверности			
	A	B	C	$R^2, \%$	DW	σ	Δ
Красноярская	0,0705	0,1102	0,0099	87,44	1,63	0,0384	0,0239
Восточно-Сибирская	0,0043	0,07547	0,0048	96,54	0,88	0,0114	0,0344
Забайкальская	0,1041	0,0652	0,0074	88,04	1,11	0,0412	0,0342

Параболическая зависимость $pr(t)$ для Восточного полигона в целом представлена формулой (1)

$$pr = -0,0103t^2 + 0,1026t + 0,0756. \quad (1)$$

Графическое изображение параболической зависимости $pr(t)$ доли отцепленных грузовых вагонов согласно формулы (1), в целом для Восточного полигона (%), представлено на рисунке 1.

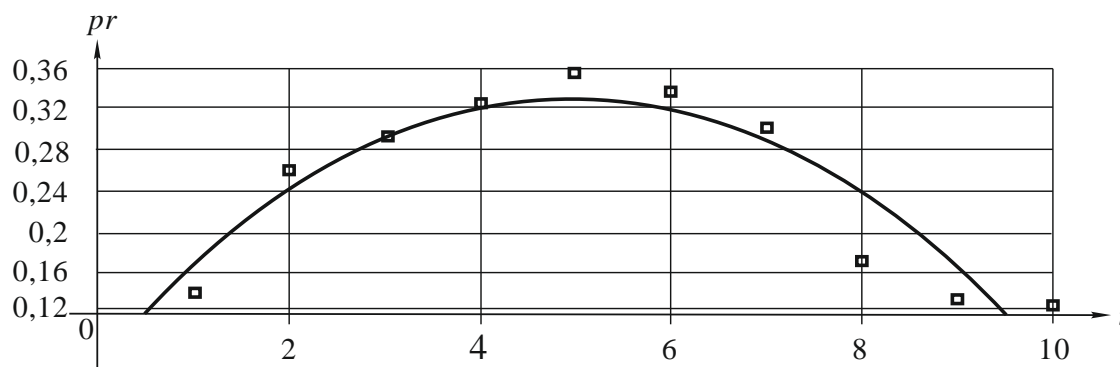


Рис. 1. Параболическая зависимость $pr(t)$ доли отцепленных грузовых вагонов для Восточного полигона

Параметр pr для железных дорог входящих в состав Восточного полигона: Красноярская, Восточно-Сибирская и Забайкальская достоверно описывается коэффициентом R^2 имеющим значения от 80,74 до 93,88 % и имеет параболическую зависимость – $N_{or} = Ct^2 + Bt + A$. В данной зависимости обозначениями A, B, C отображены константы, расчётные параметры которых представлены в таблице 3.

Таблица 3. Расчетные параметры констант (A, B, C) и критериев достоверности для

параметра N_{ot}

Железная дорога, входящая в состав Восточного полигона	константы			критериев достоверности			
	A	B	C	$R^2, \%$	DW	σ	Δ
Красноярская	639,1000	1511,210	139,8750	91,12	1,81	474,174	418,047
Восточно-Сибирская	1593,2000	477,408	40,02473	94,11	2,41	83,313	156,225
Забайкальская	549,6020	143,047	16,0115	86,23	1,61	75,149	91,982

Параболическая зависимость $N_{ot}(t)$ для Восточного полигона в целом представлена формулой (2)

$$N_{ot} = -39,2121t^2 + 399,412t + 816,20. \quad (2)$$

Графическое изображение параболической зависимости $N_{ot}(t)$ доли отцепленных грузовых вагонов согласно формулы (2), в целом для Восточного полигона (%), представлено на рисунке 2.

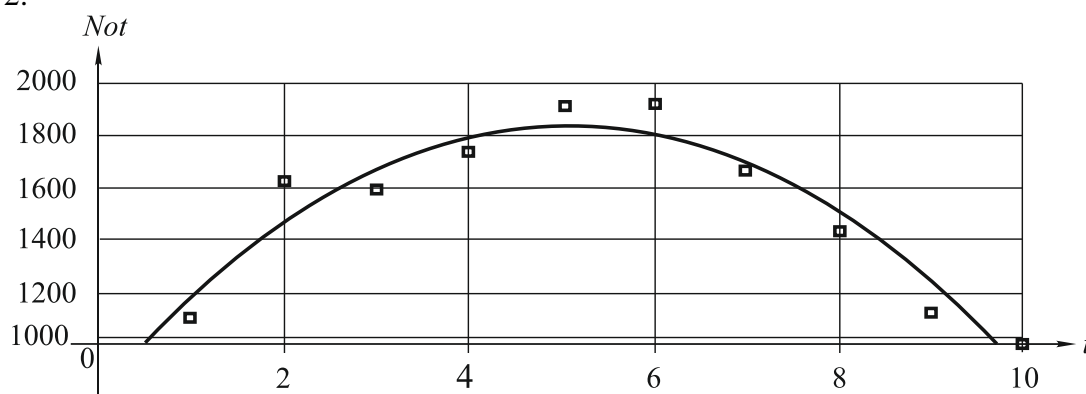


Рис. 2. Параболическая зависимость $N_{ot}(t)$ доли отцепленных грузовых вагонов для Восточного полигона

Параметр N для Забайкальской железной дороги описывается с коэффициентом R^2 от 85,51 до 96,98 % параболической зависимостью. Для Дальне-Восточной железных дорог при аппроксимации параметра N требуется полином 4-й степени.

Графическое изображение зависимости N для Восточного полигона в целом описывается регрессией – $R^2 = 85,88 \%$, рисунок 3.

$$N = 124,032t^4 - 4931,1t^2 + 175181,0t^{0,5} + 379760,0. \quad (3)$$

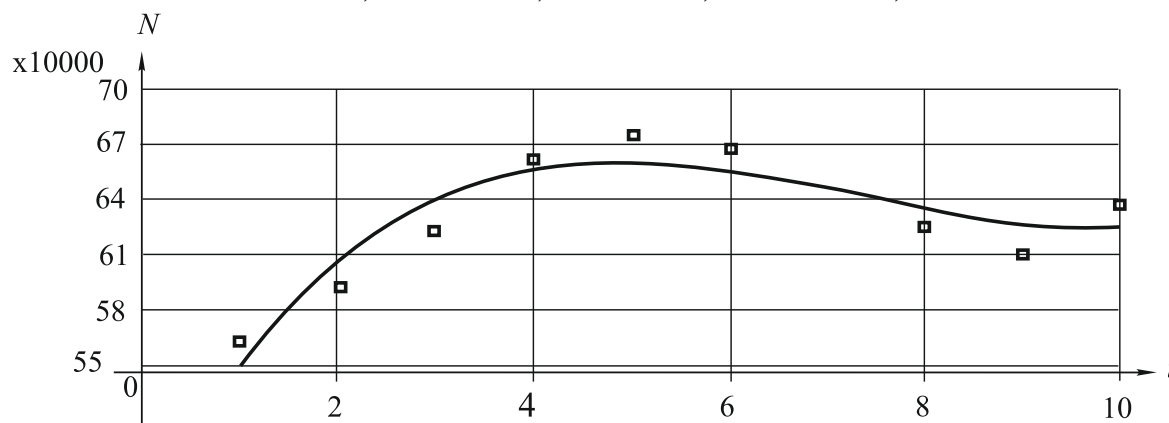


Рис. 3. Графическая зависимость погруженных вагонов N от t для Восточного полигона

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что наиболее оптимальным параметром для оценки эффективности деятельности транспортной инфраструктуры Восточного полигона ОАО «РЖД» в сфере организации безопасности движения поездов является параметр pr – параболическая зависимость.

Вывод

Проанализировав результаты деятельности транспортной инфраструктуры Восточного полигона ОАО «РЖД» в сфере организации безопасности движения поездов, можно сказать, что большинство структурных подразделений придерживается заданного принципа постоянного улучшения деятельности, характеризующегося стабильным поэтапным улучшением, проводимым в рамках существующих процессов, как важнейшего фактора обеспечения безопасности работы железнодорожного транспорта, конкурентоспособности и снижения уровня технических, технологических и финансовых рисков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ОАО «Российские железные дороги»: офиц. портал. URL: <http://www.rzd.ru>
2. Для увеличения пропускной способности БАМа и Транссиба потребуется практически удвоить потребление электрической мощности // Инфраструктура, 28.01.21. e-mail: info@gudok.ru
3. <https://www.rbc.ru/newspaper/2020/02/10/5e3d83999a794763c6d0d675>
4. Гозбенко В.Е., Оленцевич В.А. Обеспечение безопасности и защиты транспортных комплексов путем внедрения методов повышения эффективности использования вагонов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. № 2 (50). С. 167-173.
5. Носков С.И., Оленцевич В.А. Регрессионная многофакторная модель динамики грузооборота // Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем. 2015. № 13. С. 66-69.
6. Оленцевич В.А., Гозбенко В.Е. Вычислительные эксперименты по определению параметров креплений груза, направленные на обеспечение безопасности и эффективности работы железнодорожной транспортной системы // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2013. Т. 1. С. 46-47.
7. Кузьмин О.В., Зеленцов И.А. Комбинаторные методы исследования специальных последовательностей и символьное кодирование // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. 2018. № 1 (1). С. 48-63.
8. Данеев А.В., Воробьев А.А., Лебедев Д.М. Алгоритмы управления сложными организационно-техническими системами // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2010. № 4. С. 83-86.