

личины вибродинамического воздействия. Распространение колебаний в теле железнодорожного полотна и за его пределами описывается экспоненциальной функцией (7).

Библиографический список

1. **Колебания** глинистых грунтов земляного полотна при высокоскоростном движении поездов / И. В. Прокудин // Вопросы земляного полотна и геотехники на железнодорожном транспорте : сб. научн. тр. – Днепропетровск : ДИИТ, 1979. – Вып. 203, № 28. – С. 43–51.
2. **Распространение** в железнодорожных насыпях колебаний, возникающих от проходящих поездов / И. В. Прокудин // Вопросы земляного полотна и геотехники на железнодорожном транспорте : сб. научн. тр. – Днепропетровск : ДИИТ, 1980. – Вып. 208, № 29. – С. 24–26.

УДК 656.222.1

А. Г. Котенко, О. В. Котенко, А. В. Гоголева

Петербургский государственный университет путей сообщения

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УЧАСТКОВОЙ СКОРОСТИ НА ОСНОВЕ СТОХАСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРА, ОПИСЫВАЮЩЕГО ВЛИЯНИЕ ЗАДЕРЖЕК ПОЕЗДОВ

Рассмотрен способ определения участковой скорости через ходовую скорость и коэффициент скорости, учитывающий воздействие технологических факторов. Предложено при определении коэффициента скорости использовать параметр влияния факторов, связанных с задержками грузовых поездов. Построена соответствующая стохастическая модель и произведена оценка ее адекватности.

участковая скорость, коэффициент скорости, задержки грузовых поездов, стохастическая модель.

Введение

Одним из ключевых показателей оценки перевозочной деятельности на железных дорогах является участковая скорость. В теории эксплуатации железных дорог известно несколько подходов, позволяющих определить значение участковой скорости.

1 Постановка задачи

В настоящее время для определения планового значения участковой скорости ($v_{\text{уч}}$) используется подход [1], основанный на зависимости:

$$v_{\text{уч}} = \frac{\sum NL}{\sum NT},$$

где $\sum NL$ – общий пробег поездов, предусмотренный по нормативному графику движения (далее – нормативный график), поездо-км; $\sum NT$ – общие затраты времени нахождения поездов на участках, определяемые по нормативному графику, поездо-ч.

Недостаточная гибкость этого подхода приводит к существенным расхождениям между значениями, рассчитанными по нормативному графику, плановыми и фактическими значениями $v_{\text{уч}}$.

Вместе с тем более гибким способом определения участковой скорости, согласно [2], является выражение $v_{\text{уч}}$ через значение ходовой скорости (v_x), определяемое тяговыми расчетами в зависимости от веса поезда, силы тяги локомотива, профиля пути и коэффициента β_x , учитывающего потери v_x , связанные с технологическими факторами, увеличивающими время нахождения поезда на участке:

$$v_{\text{уч}} = \beta_x v_x. \quad (1)$$

Коэффициент скорости β_x определяется по формуле:

$$\beta_x = 1 - \frac{T_{\text{зан}}}{1440}, \quad (2)$$

где $T_{\text{зан}}$ – нормативное время занятия графика движения под все виды работ.

В зависимости от вида графика $T_{\text{зан}}$ рассчитывается на основе различных формул. Для двухпутных линий при частично-пакетном графике $T_{\text{зан}}$ можно найти по формуле:

$$T_{\text{зан}} = (0,75 + 0,3\gamma_3^{\text{рп}})[(1 - 0,3\alpha_{\text{п}})t_{\text{рп}}^{\text{пп}}N_{\text{рп}} + (1 - 0,5\alpha_{\text{п}})(1,2 + \Delta t_{\text{пс}}^{\text{пп}} + (1 - 0,7\Delta)t_{\text{об}}^{\text{пп}})N_{\text{пс}}], \quad (3)$$

где $\gamma_3^{\text{рп}}$ – коэффициент заполнения графика; $N_{\text{рп}}$, $N_{\text{пс}}$ – число грузовых и пассажирских поездов (или пар поездов) соответственно; Δ – отношение времен хода пассажирских и грузовых поездов; $\alpha_{\text{п}}$ – коэффициент пакетности; $t_{\text{рп}}^{\text{пп}}$, $t_{\text{пс}}^{\text{пп}}$ – время стоянок при скрещении пакетов грузовых поездов с грузовыми и грузовыми поездами соответственно, мин; $t_{\text{об}}^{\text{пп}}$ – время стоянок под обгоном, мин.

Анализ формул определения $T_{\text{зан}}$ показывает, что в них не учитывается влияние факторов x_1, x_2, \dots, x_n , вызывающих задержки поездов, что приводит к сильному огрублению значений $T_{\text{зан}}$. Для повышения гибкости расчета $T_{\text{зан}}$ можно в формулу (2) ввести поправочный коэффициент A . По

смыслу A можно считать параметром участковой скорости, учитывающим влияние факторов x_1, x_2, \dots, x_n . Соответственно

$$\beta_x = 1 - A \cdot \frac{T_{\text{зан}}}{1440}, \quad (4)$$

тогда для определения значения A требуется найти зависимость

$$A = f(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

Предполагая, что факторы x_1, x_2, \dots, x_n имеют вероятностную природу, исследуем возможность построения стохастической модели для нахождения коэффициента A .

Исследование проведем на основе реальных данных за период январь–февраль 2011 г. по направлению Санкт-Петербург – Кошта Октябрьской железной дороги.

2 Обработка исходных данных

В качестве исходных для построения стохастической модели используем посугочные данные о выполнении участковой скорости из отчетов ЦО-4 автоматизированной системы централизованной обработки маршрута машиниста (табл. 1) и значения $v_x, T_{\text{зан}}$ из нормативного графика движения поездов.

Выводя A из (1) и (4):

$$A = \left(1 - \frac{v_{\text{уч}}}{v_x}\right) \cdot \frac{1440}{T_{\text{зан}}},$$

сформируем ряд значений A .

ТАБЛИЦА 1. Форма отчета ЦО-4 (раздел 3)

Код	Наименование	Длина	Лок-км пробега	Лок-ч		...	Средний вес поезда, т	Средняя скорость поезда, км/ч
				в пути	на перегоне			
xxx	Волховстрой 1 – Пикалево	xx	xx	xx	xx	...	xx	xx
...

На основе данных из ежесуточных справок о задержках грузовых поездов, составляемых инженерами-анализаторами графика исполненного движения (табл. 2), с использованием перечня, установленного «Положе-

нием по отнесению задержек поездов на службы и хозяйства железных дорог и причины», утверждённого распоряжением ОАО РЖД от 31.03.2009 г. № 668р, на основе подсистемы «Анализ» ГИД «Урал-ВНИИЖТ» сформируем ряды посutoчных значений x_1, x_2, \dots, x_{76} .

ТАБЛИЦА 2. Форма справки о задержках грузовых поездов

Номер поезда	Время опоздания		Участки	Виновные службы	Причина задержки
	по от-прав-лению	по проследо-ванию			
2xxx		xx	Войбокало–СПСМ	xx	Мга, ТР-1, ваг. № ××××××× Рабочий нагрев
2xxx		xx			Удаление п. 2xxx
1xxx		xx			
Отправлено –xx % выполнения – 100 опоздало – 0			Проследовало –xxx % выполнения – 95,2 опоздало – xx П – x, В – x		

Объединяя факторы x_1, x_2, \dots, x_{76} в группы: несвоевременное формирование составов и подготовки поездных документов Φ_1 ; несоблюдение норм времени на операции по отправлению Φ_2 ; неисправность ПС на станциях Φ_3 ; нарушение нормальной работы технических устройств и объектов инфраструктуры на станциях Φ_4 ; нарушение технологии работ на участках Φ_5 ; чрезвычайные ситуации в пути следования Φ_6 ; неисправность ПС в пути следования Φ_7 ; нарушение нормальной работы технических устройств и объектов инфраструктуры на участках Φ_8 , получим исходную матрицу *наблюдения–признаки* размерностью 59×9 , где m – количество наблюдений, соответствующее количеству дней в исследуемом периоде; n – количество признаков, включающих результативный признак A и факторные признаки $\Phi_1 – \Phi_8$.

3 Анализ моделируемой совокупности

Предварительную обработку рядов данных начнем с установления закона распределения A (рис. 1).

Для установления закона распределения данных по задержкам поездов проанализируем суммарные значения времени задержек (рис. 2).

Так как соблюдается отношение $\chi^2_{\text{набл}} << \chi^2_{\text{кр}}(\alpha; k)$, полученные распределения будем считать нормальными.

Для построения уравнения регрессии проверим однородность совокупности по условию

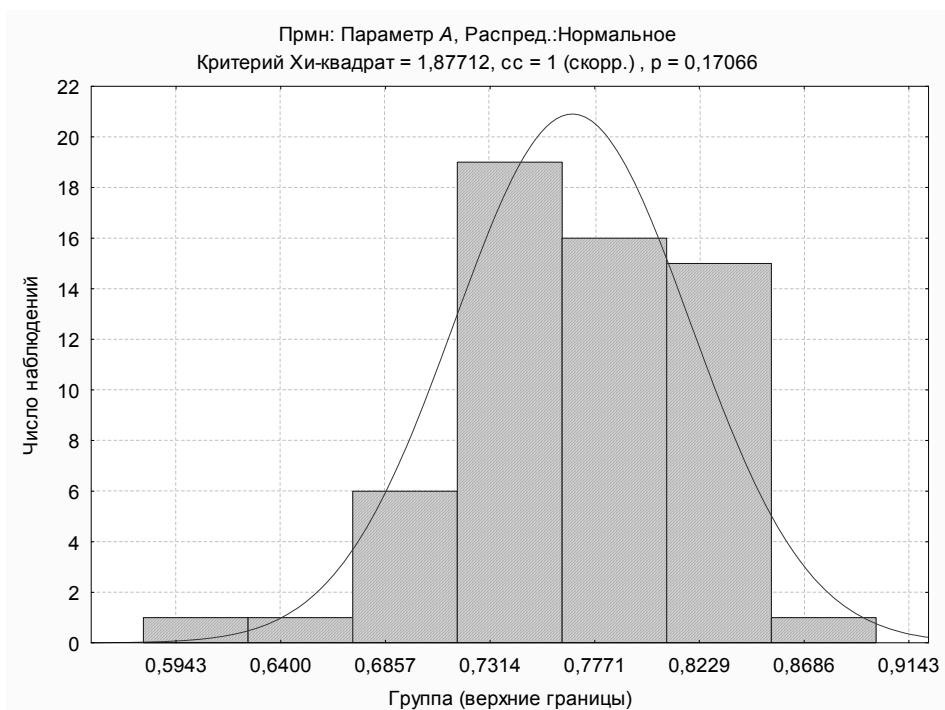
$$V_\sigma = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100 \leq 33\%,$$

где V_σ – коэффициент вариации; σ – среднеквадратичное отклонение; \bar{X} – среднее значение.

$$\chi^2_{\text{набл}} = 1,877$$

$$\chi^2_{\text{кр}}(0,05;4) = 9,49$$

$$\chi^2_{\text{набл}} < \chi^2_{\text{кр}}$$

Рис. 1. Распределение значений A

$$\chi^2_{\text{набл}} = 1,573$$

$$\chi^2_{\text{кр}}(0,05;4) = 9,49$$

$$\chi^2_{\text{набл}} < \chi^2_{\text{кр}}$$

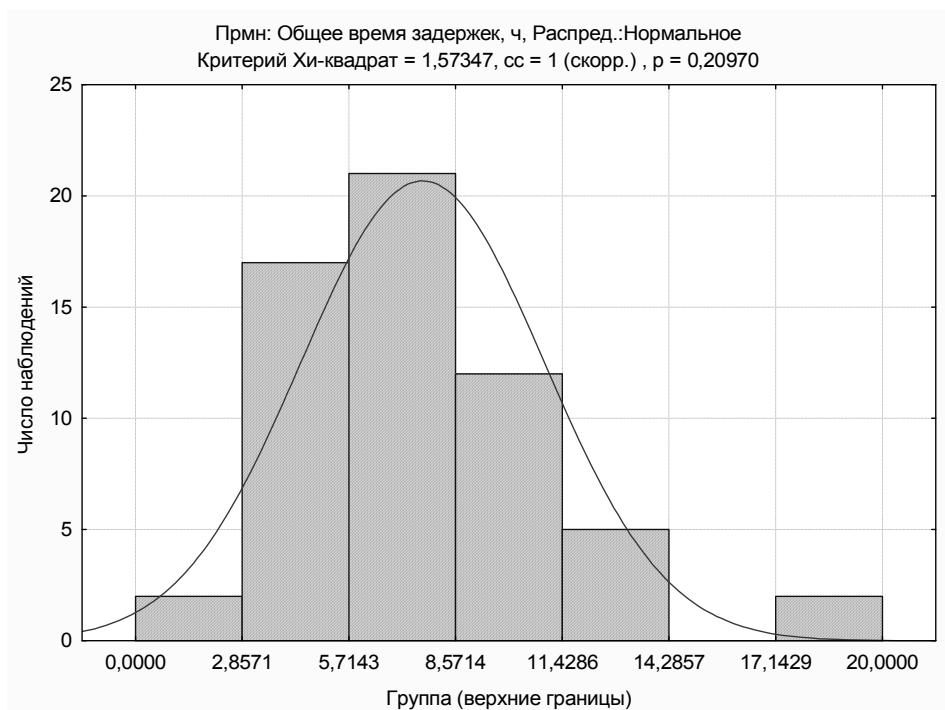


Рис. 2. Распределение суммарных задержек

Результаты проверки однородности сведем в табл. 3.

ТАБЛИЦА 3. Проверка однородности

Показатели	A	Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4	Φ_5	Φ_6	Φ_7	Φ_8
σ	0,053	0	1,252	0,963	0,878	1,824	0	1,425	0,444
\bar{X}	0,778	0	2,331	1,255	0,783	1,869	0	1,089	0,365
V_σ	6,8	0	53,7	76,7	112,1	97,6	0	130,8	121,8

Анализ таблицы 3 показывает, что данные по группам Φ_2 – Φ_8 неоднородны и содержат «аномальные» наблюдения. После устранения «аномальных» наблюдений и исключения из исходной матрицы строк с нулевыми значениями получим окончательную матрицу *наблюдения–признаки*, где группы Φ_1 и Φ_6 оказались нулевыми (табл. 4).

ТАБЛИЦА 4. Окончательная матрица *наблюдения–признаки*

A	Φ_2	Φ_3	Φ_4	Φ_5	Φ_7	Φ_8
0,781	3,58	0,78	0,83	1,99	1,02	0,29
0,780	2,29	3,55	0,86	0,90	1,05	0,28
0,772	2,39	1,36	1,03	4,88	2,41	0,46
0,762	3,58	1,20	1,00	1,19	3,66	0,20
0,779	0,81	0,48	0,35	2,08	1,51	0,17
0,820	1,89	2,23	0,28	2,71	3,14	0,81
0,744	2,14	1,45	2,19	1,14	1,50	1,25
0,777	4,74	1,08	0,63	0,86	1,44	0,63
0,735	1,73	0,98	2,03	0,43	0,36	1,06
0,759	3,97	0,78	0,99	1,74	0,88	0,69

4 Построение регрессионной зависимости и оценка ее адекватности

Для рассматриваемых условий в общем случае уравнение регрессии будет иметь вид:

$$A = a + a_2 \Phi_2 + \dots + a_8 \Phi_8.$$

Определяя коэффициенты a , a_2 , ..., a_8 с помощью метода наименьших квадратов, получим оценки коэффициентов, при которых сумма квадратов отклонений фактических значений результативного признака A от расчетных \bar{A} минимальна:

$$\sum_{i=1}^M (A_i - \bar{A}_i)^2 \rightarrow \min.$$

Используя данные из таблицы 4, получим регрессионную статистику (табл. 5), где se_a – стандартное значение ошибки для постоянной a ; se_i – стандартные значения ошибок для коэффициентов a_i ; r^2 – коэффициент детерминированности; se_y – стандартная ошибка для оценки A ; F – F -статистика;

d_f – степени свободы; $ss_{\text{пер}}$ – регрессионная сумма квадратов; $ss_{\text{ост}}$ – остаточная сумма квадратов.

ТАБЛИЦА 5. Регрессионная статистика

a_8	0,0228	a_7	0,0021	a_5	0,0021	a_4	-0,0376	a_3	0,0069	a_2	-0,001	a	0,7815
se_8	0,0142	se_7	0,0042	se_5	0,0035	se_4	0,0089	se_3	0,0044	se_2	0,0034	se_a	0,0192
r^2	0,9207	se_v	0,0114										
F	5,8040	d_f	3										
$ss_{\text{пер}}$	0,0045	$ss_{\text{ост}}$	0,0004										

Таким образом, влияние групп Φ_2 – Φ_8 на A определим уравнением:

$$A = 0,782 - 0,001\Phi_2 + 0,0069\Phi_3 - 0,376\Phi_4 + 0,0021\Phi_5 + \\ + 0,0021\Phi_7 + 0,0228\Phi_8. \quad (5)$$

Для проверки адекватности модели сравним (рис. 3) фактические значения $v_{\text{уч}}$ за рассматриваемый период и значения, полученные путем расчета по формулам (1), (3), (4) с использованием регрессионного уравнения (5).



Рис. 3. Анализ сходимости результатов расчета участковой скорости

Из рисунка 3 видно, что несмотря на разбросы значений фактическая величина $v_{\text{уч}}$ за исследуемый период равна 35,68 км/ч, расчетная – 35,84 км/ч. Разница составляет 0,4 %, что показывает хорошую сходимость результатов.

Заключение

Полученная стохастическая модель оценки параметра влияния факторов, связанных с задержками грузовых поездов, позволяет при известных

значениях групп факторов $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_8$ определять ожидаемую величину $v_{\text{уч}}$. Однако прогноз значений $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_8$ представляет собой отдельную и достаточно сложную задачу, решение которой выходит за рамки настоящего исследования.

Библиографический список

1. Управление эксплуатационной работой на железнодорожном транспорте : учебник. В 2 т. Т. 2 / В. И. Ковалев, А. Т. Осьминин, В. А. Кудрявцев и др.; ред. В. И. Ковалев и А. Т. Осьминин. – М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2011. – 440 с.
2. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте : учебник для вузов / ред. П. С. Грунтов. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.
3. Положение по отнесению задержек поездов на службы и хозяйства железных дорог и причины. Утверждено распоряжением первого вице-президента ОАО РЖД В. Н. Морозова № 663 от 31.03.2009 г. и введено в действие с 01.04.2009 г.
4. Рациональное соотношение вместимости путей станций и вагонных парков с учетом увеличения доли приватных вагонов / А. Ф. Бородин, Е. А. Сотников // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 3. – С. 8–19.
5. Учет выполнения графика движения грузовых поездов / Г. А. Кузнецов, С. В. Крашенинников, С. А. Свинин, И. К. Вагизов // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 3. – С. 20–25.

УДК 699.86.022.3

А. В. Кузнецов

Петербургский государственный университет путей сообщения

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ В МОНОЛИТНО-КАРКАСНЫХ ДОМАХ

В статье описываются вопросы, связанные с климатическими изменениями, произошедшими в Санкт-Петербурге за последние 100 лет. Рассматриваются основные варианты решений ограждающих конструкций узлов сопряжения наружных стен с перекрытиями. Приводятся некоторые результаты натурных и расчётно-теоретических исследований, в ходе которых были выявлены теплотехнические дефекты. Даются способы повышения теплотехнических качеств ограждающих конструкций.

ограждающая конструкция, строительная теплофизика, энергоэффективность зданий, теплотехнические дефекты зданий, температурный перепад, повышение теплотехнических качеств ограждающих конструкций.