

В. В. Полянов

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА ВИРТУАЛЬНО СЦЕПЛЕННЫХ ПОЕЗДОВ

Аннотация. В работе предложен метод моделирования оптимального межпоездного интервала в условиях случайных задержек поездов, на основе собранных статистических данных с Транссибирской магистрали. Актуальность исследования обусловлена необходимостью учета случайных отклонений при разработке графика движения грузовых поездов с повышенной степенью надежности в условиях уменьшения межпоездных интервалов с применением систем интервального регулирования. Проведено моделирование задержек с использованием распределений Хи-квадрат, Гамма, Эрланга и Вейбулла для определения минимального межпоездного интервала, который обеспечивает устойчивость графика без накопления дополнительных задержек. Предложены рекомендации по оптимизации технической скорости движения и внедрению буферного времени для предотвращения возможных сбоя в графике.

Ключевые слова: график движения поездов, стохастические отклонения, межпоездной интервал, пропускная способность, виртуальная сцепка, тяжеловесные поезда, длинносоставные поезда.

Для цитирования: Полянов, В. В. Метод определения оптимального интервала виртуально сцепленных поездов / В. В. Полянов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 3. – С. 155–161. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_3_155.

Введение

Разработка надежного графика движения поездов является важным вопросом на железнодорожном транспорте при увеличении объемов грузоперевозок. На Транссибирской магистрали с движением тяжеловесных и длинносоставных поездов (до 8–9 тыс. тонн и длиной до 2 км) становится актуальной необходимостью увеличения пропускной способности за счет уменьшения интервалов между поездами [1]. Однако случайные отклонения от графика из-за внутренних и внешних факторов (отказы оборудования, ограничения инфраструктуры, погодные условия, человеческий фактор) ограничивают возможности сокращения этих интервалов [2].

Первичные задержки, возникающие из-за негативного воздействия влияющего фактора и вторичные – из-за опозданий предыдущих поездов, значительно нарушают график движения. Применение современных технологий, таких как виртуальная сцепка, позволяет сократить интервал между поездами до 2–3 минут вместо 6–10 минут при использовании традиционной системы автоблокировки. Однако без учета случайных отклонений это может привести к накоплению вторичных задержек и нарушению стабильности графика.

Целью исследования является разработка метода моделирования стохастических отклонений в движении грузовых поездов на перегоне О – М Транссибирской магистрали с целью определения минимально допустимого межпоездного интервала, который не снизит стабильность графика. Для этого в рамках исследования собраны и проанализированы статистические данные об опозданиях поездов на участке О – М, выполнено исследование случайных отклонений с применением вероятностных распределений, оценено воздействие временных интервалов между поездами на накопление последующих задержек.

Методы

Исследование проведено на перегоне О – М протяженностью 23,1 км с интенсивным движением поездов. Нормативное время хода по перегону составляет 21 минуту для грузовых и 17 минут для пассажирских поездов. Участок характеризуется наличием кривых и затяжных уклонов до 10,8 ‰, что затрудняет соблюдение графика движения при ведении, например, тяжеловесных поездов. Данные о выполнении графика собраны за период 240 часов (10 суток) в январе 2025 года с помощью базы данных графика исполненного движения.

Общее количество поездов в выборке – 1013, из них 238 отнесены к тяжеловесным (23,5 ‰), и 190 к – длинносоставным (18,7 ‰) [3]. Для анализа данных графика исполненного движения используются действующие нормативы [4], в соответствии с которыми:

– незначительные изменения в продолжительности прохода до 0,1 мин. не учитываются и округляются до 0 мин.;

– если грузовой поезд задержан более 1 часа, а пассажирский – более шести минут, то это расценивается как неисправность технического оборудования и эти случаи не учитываются при анализе;

– отрицательные задержки (опережение графика) не учитываются (принимаются равными 0 мин.).

Для описания случайных отклонений использовались распределения Хи-квадрат, Вейбулла, Эрланга и Гамма. Для проверки гипотезы о законе распределения использовался критерий Хи-квадрат с уровнем значимости 0,05 [5].

Для оценки воздействия промежутков времени между поездами на стабильность графика была разработана дискретно-событийная модель, которая описывает движение поездов на участке с учетом случайных задержек. Для верификации модели выбран межпоездной интервал 20 мин., поскольку он способен компенсировать любую случайную задержку на интервале (0,20), наблюдаемую в генеральной совокупности [6]. Более того, величина межпоездного интервала 20 мин. сопоставима с расчетным временем хода поезда по перегону 20,9 мин., что исключает влияние задержек на более поздние поезда, т.е. гарантированно ограничивает распространение вторичных задержек.

Структурная схема модели показана на рис. 1.

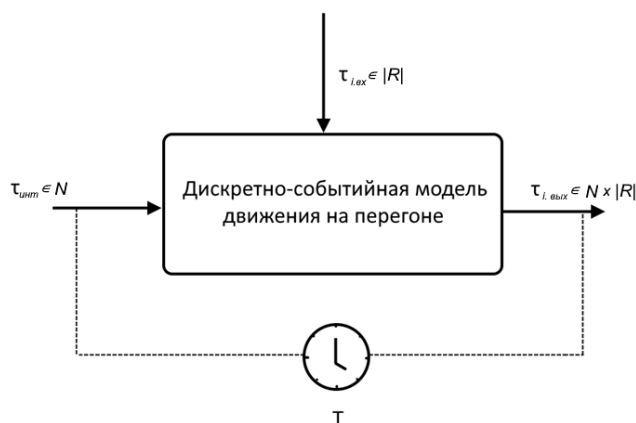


Рис. 1. Блок-схема дискретно-событийной модели перегона

Интервал отправления поездов на перегон $\tau_{\text{инт}}$ устанавливается в минутах, исходя из требований увеличения пропускной способности, и может достигать минимального значения 2 мин. при условии применения виртуальной сцепки поездов. Входное множество стохастических задержек $\tau_{i,\text{вх}}$ описывается законом распределения. Множество выходных задержек поездов $\tau_{i,\text{вых}}$ ($i = 1, \dots, n$) сравнивается с множеством входных задержек после серии экспериментов. Данные группируются в интервалы длиной 1 мин.

Индикатором распространения вторичных задержек является превышение математического ожидания статистической выборки относительно исходного распределения. Анализ распространения отклонений от графика на различных межпоездных интервалах позволяет определить минимально допустимый интервал, исключающий рост вторичных задержек поездов.

Для оценки изменения средней задержки вычислено математическое ожидание задержки поезда на перегоне. В соответствии с приложениями центральной предельной теоремы определение минимального необходимого объема выборки с заданной точностью Δ и уровнем значимости α выполнено согласно выражению [5]:

$$n = \left(\frac{z_{\alpha} \sigma}{\Delta}\right)^2, \quad (1)$$

где z_{α} – квантиль нормального распределения уровня $1 - \frac{\alpha}{2}$;

σ – стандартное отклонение;

Δ – точность доверительного интервала.

Для нормального распределения $1 - \frac{\alpha}{2} = 0,995$, определен квантиль $z_{\alpha} = 2,58$. Точность интервала принята $\Delta = 1$ мин.

Для определения оптимальной пропускной способности используется критерий оптимальности с учетом ограничений:

$$\begin{cases} \max C(v) \\ S(v) > L \\ v < v_{limit} \end{cases}, \quad (2)$$

где $C(v)$ – пропускная способность, поездов;

v – скорость движения поездов (техническая), км/ч;

L – плечо смены локомотивной бригады, км;

$S(v)$ – пройденное расстояние поездом с одной локомотивной бригадой, км;

v_{limit} – максимально допустимая техническая скорость для грузовых поездов, км/ч.

При формулировании критерия оптимальности учтено, что в зависимости от времени «на работе» локомотивной бригады и обстановки на диспетчерском участке к поезду может быть применена одна из стратегий продвижения по участку:

1 Движение для гарантированной смены локомотивной бригады на участковой станции.

2 Движение «ходом» для проследования двух участков одной локомотивной бригадой. При движении с технической скоростью 60 км/ч поезд может проследовать 2 участка без смены локомотивной бригады.

Результаты

Компоненты дискретно-событийного моделирования в среде Anylogic способны обеспечить оптимизированные вычисления, обработку результатов и масштабируемость модели. Именно поэтому в исследовании, в качестве инструмента имитационного моделирования, используется программное обеспечение Anylogic. В основу модели приняты блоки «Конвейер» (для реализации движения поездов по участку без отклонений), а также блок «Задержка» (для добавления случайной задержки прибытия поезда).

Безопасность движения поездов обеспечивается набором ограничений:

1 Количество поездов на перегоне не ограничено, но интервал движения в блоке «Конвейер» исключает возможность сближения поездов.

2 Установка блока «Очередь» FIFO перед блоком «Задержка» исключает обгон поездов.

3 Размещение блока «Очередь» FIFO перед блоком «Конвейер» позволяет накапливать поезда перед выходом на перегон, в ожидании свободного первого удаления.

Статистический анализ данных показал, что точность выполнения графика движения зависит от категории поезда и не превышает 3 % для грузовых поездов на исследуемом участке [6]. В среднем время задержки на перегоне О – М составило 4,2 мин для тяжеловесных, 4,1 минуты для длиннооставных и 0,6 мин. для пассажирских поездов. Основной причиной задержек приняты случайные отклонения, поскольку за период наблюдений не было зафиксировано отказов технических средств или ограничений скорости.

Распределения задержек поездов описаны законами Хи-квадрат, Вейбулла, Эрланга и Гамма. Диаграмма задержек тяжеловесных поездов приведена на рис. 2.

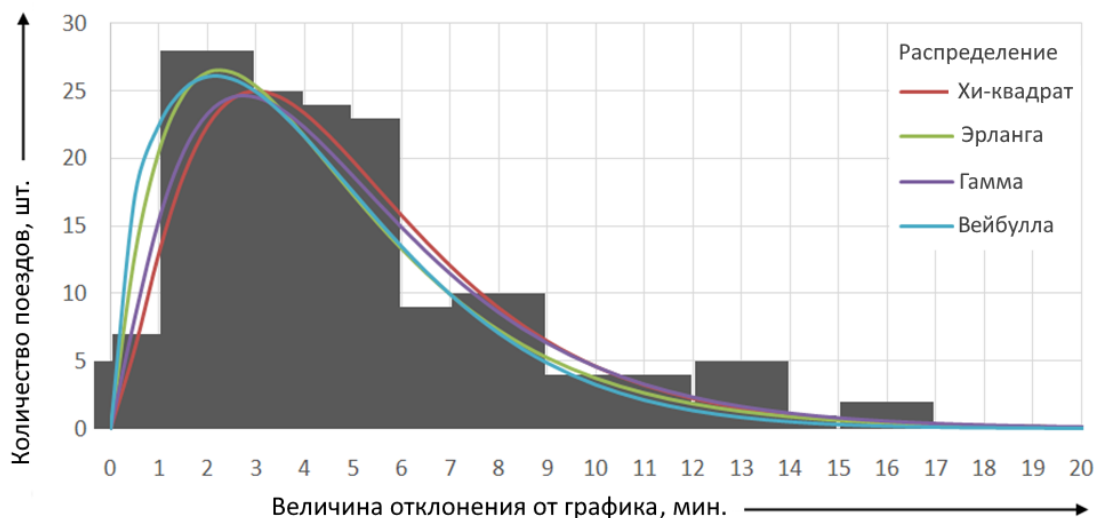


Рис. 2. Распределение задержек тяжеловесных поездов

Таблица 1

Закон распределения	Наблюдаемое значение критерия,	Критическое значение критерия
	$X_{набл}^2$	$X_{крит}^2$
Хи-квадрат	18,03	21,03
Вейбулла	60,14	19,68
Эрланга	25,67	19,68
Гамма	28,37	19,68

Для тяжеловесных поездов наилучшее соответствие наблюдается с распределением Хи-квадрат ($X_{набл}^2 = 18,03 < X_{крит}^2 = 21,03$) с количеством степеней свободы $\nu = 4$. Для длинносоставных поездов оптимальным является распределение Вейбулла ($X_{набл}^2 = 16,52 < X_{крит}^2 = 19,68$) с параметрами формы $\alpha = 21$ и масштаба $\beta = 45$ [6].

Имитационное моделирование с указанными законами распределения задержек показало, что при временном интервале между поездами в 6 минут и более математическое ожидание выходных задержек не превышает величину входных, что говорит об отсутствии распространения вторичной задержки. В табл. 2 приведены результаты моделирования межпоездного интервала.

Таблица 2

Результаты моделирования межпоездного интервала

Межпоездной интервал, ($\tau_{инт}$), мин.	Мат. ожидание входного множества задержек, ЕХ ($\tau_{i.вх}$), мин	Мат. ожидание выходного множества задержек, ЕХ ($\tau_{i.вых}$), мин	Дисперсия выходного множества задержек, S ($\tau_{i.вых}$), мин ²	Минимальный объем выборки, n, шт.	Фактический объем выборки, n, шт.
20	5	5	12	80	105
13	5	5	9	56	105
10	5	5	8	52	201
9	5	5	11	76	201
8	5	5	14	93	190
7	5	5	10	63	190
6	5	6	21	141	190
4	5	10	130	865	1012
2	5	12*	945*	6295	1012*

* Анализ выходного множества задержек при межпоездном интервале 2 мин. связан с вычислительными сложностями по проведению 6295 экспериментов, поэтому фактический объем выборки не соответствует минимальному, вычисленному по формуле (1).

При интервалах менее 6 мин происходит накопление вторичных задержек и потеря стабильности графика. На рис. 3 (а, б) приведены результаты моделирования оптимальной скорости при разных интервалах между поездами.

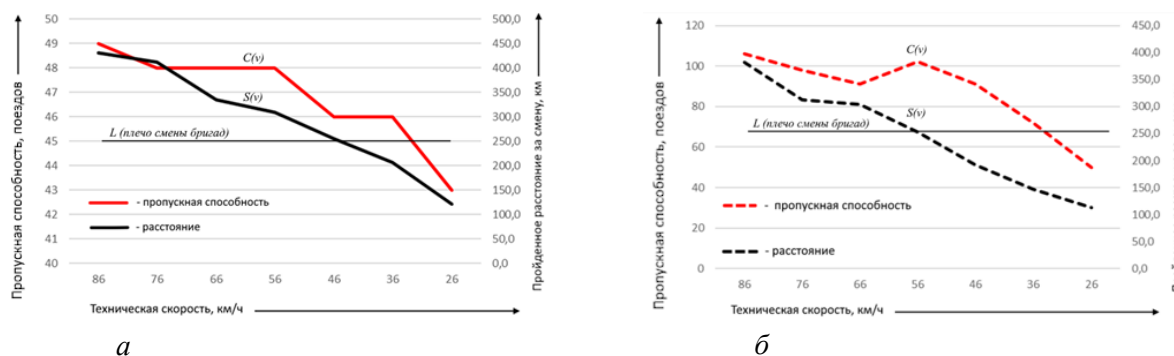


Рис. 3. Результаты моделирования оптимальной скорости:
 а – на межпоездном интервале 7 мин (стабильный график);
 б – на межпоездном интервале 3 мин (нестабильный график).

Оптимизация пропускной способности показывает, что уменьшение скорости на 10–20 км/ч (с 90 до 70–80 км/ч) может увеличить пропускную способность на 15–20 % за счет более эффективного использования вместимости перегона. Однако это потребует дополнительного количества локомотивов и персонала.

Обсуждение

Полученные данные подтверждают, что случайные отклонения значительно ограничивают возможности сокращения интервалов между поездами. Минимальный интервал в 6 минут, выявленный в результате моделирования соответствует результатам исследований [7–13], где для участков с интенсивным движением рекомендуется не менее 5–7 минут для предотвращения вторичных задержек. Применение распределений Хи-квадрат и Вейбулла для моделирования задержек способствует повышению точности имитационных моделей по сравнению с традиционными методами, не учитывающими случайную природу задержек [14].

Внедрение метода буферного времени в соответствии с предложениями из исследования [15] может повысить надежность графика работы системы, однако приводит к снижению производительности на 5–10 %, что требует дальнейшей оптимизации. Например, на участках с низкой интенсивностью движения поездов в Уральском регионе Транссибирской магистрали точность выполнения графика движения обеспечивается 41,4 % поездов [16]. Это подчеркивает важность адаптации моделей к конкретным условиям эксплуатации.

Сокращение технической скорости движения грузовых поездов напрямую влияет на эксплуатационные показатели. С одной стороны, это способствует повышению безопасности и увеличению пропускной способности участка, с другой – приводит к увеличению эксплуатационных расходов. Это важно учитывать при разработке графика. Например, при снижении установленной скорости с 90 до 70 км/ч количество поездов на участке может вырасти на 15 %, но потребуются на 20 % больше локомотивов. Стоит отметить, что целесообразность изменения технической скорости должна быть оценена, в том числе, и с позиции влияния на участковую скорость на участке.

Сравнение с данными исследований на шведских железных дорогах [7] показывает, что точность исполнения графика движения, выраженная в поездах, следующих с отклонением менее 1 мин. на участке О – М составляет 12 %, что существенно ниже, чем на шведских – 75 %. Причиной может быть в более сложных условиях эксплуатации (кривые, уклоны до 10,8 ‰ и вес поездов до 9000 т). Тем не менее, стохастический подход в обоих исследованиях предоставляет базу для более глубокого анализа причин первичной и вторичной задержек. Например, согласно шведским исследованиям 92,7 % всех задержек приходятся на интервал ± 3 минуты, что указывает на более высокий уровень стабильности за счет меньшего количества тяжелых поездов и развитой инфраструктуры.

Дополнительным аспектом влияния на безопасность движения поездов является человеческий фактор. На участках с высокой сложностью маршрута машинисты часто снижают скорость до 50 км/ч при подходе к желтому сигналу автоблокировки для избежания остановки на подъеме. Исследования показывают возможность уменьшения влияния человеческого фактора за счет использования автоматической системы регулирования скорости и расстояния между поездами.

Выводы

В статье приведен анализ задержек движения грузовых поездов на участке Транссибирской магистрали с использованием стохастических методов. Исследование показало, что задержки для тяжелых поездов соответствуют распределению Хи-квадрат, в то время как для длиннооставных применяется распределение Вейбулла. Минимальное время между поездами в 6 минут обеспечивает стабильность графика без накопления дополнительных задержек. Уменьшение скорости на 10–20 км/ч может повысить пропускную способность на 15–20 %, однако потребует дополнительных ресурсов.

Предложенный метод может быть использован для других участков с различными условиями, такими как климатические условия, интенсивность движения и соотношение пассажирских и грузовых поездов. Дальнейшие исследования направлены на создание надежного графика движения с учетом запасного времени и на внедрение результатов моделирования в реальное расписание поездов.

Список литературы

1 Особенности эксплуатации железнодорожного полигона с порожним вагонопотоком / О. П. Югрин, Л. С. Жарикова, А. А. Бессолин

References

1 Features of operation of a railway polygon with empty car traffic / O. P. Yugrina, L. S. Zharikova, A. A. Bessolitsyn [et al.] // TransSiberia-2021. –

цын [и др.] // ТрансСибиря-2021. – Т. 2. – Новосибирск : Springer Nature, 2022. – С. 376–384. – DOI 10.1007/978-3-030-96383-5_42.

2 **Польянов, В. В.** Анализ стохастических отклонений от графика грузовых поездов / В. В. Польянов // *Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта.* – 2025. – № 1 (16). – С. 40–45. – DOI 10.52170/2712-9195_2025_1_40.

3 Инструкция по разработке графика движения поездов в ОАО «РЖД». Утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 28.12.2023 № 3362р.

4 Положение по учету, расследованию и анализу случаев отказов в работе технических средств на инфраструктуре ОАО «РЖД». Утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 23.12.2013 № 2852р.

5 **Фадеева, Л. Н.** Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие / Л. Н. Фадеева, А. В. Лебедев. – 2-е изд. – Москва : Эксмо, 2010. – 496 с. – ISBN 978-5-699-42318-8.

6 **Польянов, В. В.** Стохастические отклонения от графика движения тяжеловесных и длинно-составных поездов / В. В. Польянов, В. В. Атучин, С. А. Бессоненко // *T-Comm.* – 2025. – Т. 19, № 2. – С. 53–60. – DOI 10.36724/2072-8735-2025-19-2-53-60.

7 **Palmqvist C.-W.** A method to separate primary and secondary train delays in past and future timetables using macroscopic simulation / C.-W. Palmqvist, I. Johansson, H. Sipilä // *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives.* – 2023. – Vol. 17, 100747. – DOI 10.1016/j.trip.2022.100747.

8 **Chen, W.** Modeling and heuristically solving group train operation scheduling for heavy-haul railway transportation / W. Chen, Q. Zhuo, L. Zhang // *Mathematics.* – 2023. – Vol. 11, 2489. – DOI 10.3390/math11112489.

9 A time headway control scheme for virtually coupled heavy haul freight trains / Q. Wu, X. Ge, S. Zhu [et. all.] // *Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control.* – 2024. – Vol. 146. – P. 1–16. – DOI 10.1115/1.4065401.

10 **Li, M.** Train timetable optimization for suppressing traction power fluctuations, especially on mountainous railway lines with long, steep grades / M. Li, C. Dai, W. Chen // *Transportation Research Record.* – 2024. – Vol. 2678. – DOI 10.1177/03611981231220631.

11 **Jovanović, P.** Optimal allocation of buffer times to increase train schedule robustness / P. Jovanović // *European Journal of Operational Research.* – 2017. – Vol. 256, No. 1. – P. 44–54. – DOI 10.1016/j.ejor.2016.05.013.

12 **Vromans, M.** Reliability of railway system. The Netherlands TRAIL Research School. – 2005. –

Vol. 2. – Novosibirsk : Springer Nature, 2022. – P. 376–384. – DOI 10.1007/978-3-030-96383-5_42.

2 **Polyanov, V. V.** Analysis of stochastic deviations from the schedule of freight trains / V. V. Polyanov // *Fundamental and applied issues of transport.* – 2025. – No. 1 (16). – P. 40–45. – DOI 10.52170/2712-9195_2025_1_40.

3 Instructions for developing train schedules in JSC Russian Railways. Approved by Order of JSC Russian Railways dated 28.12.2023 No. 3362r.

4 Regulations on the recording, investigation and analysis of cases of failures in the operation of technical equipment on the infrastructure of JSC Russian Railways. Approved by Order of JSC Russian Railways dated 23.12.2013 No. 2852r.

5 **Fadeeva, L. N.** Probability Theory and Mathematical Statistics : a tutorial / L. N. Fadeeva, A. V. Lebedev. – 2nd ed. – Moscow : Eksmo, 2010. – 496 p. – ISBN 978-5-699-42318-8.

6 **Polyanov, V. V.** Stochastic deviations from the schedule of heavy-haul and long-unit trains / V. V. Polyanov, V. V. Atuchin, S. A. Bessonenko // *T-Comm.* – 2025. – Vol. 19, No. 2. – P. 53–60. – DOI 10.36724/2072-8735-2025-19-2-53-60.

7 **Palmqvist C.-W.** A method to separate primary and secondary train delays in past and future timetables using macroscopic simulation / C.-W. Palmqvist, I. Johansson, H. Sipilä // *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives.* – 2023. – Vol. 17, 100747. – DOI 10.1016/j.trip.2022.100747.

8 **Chen, W.** Modeling and heuristically solving group train operation scheduling for heavy-haul railway transportation / W. Chen, Q. Zhuo, L. Zhang // *Mathematics.* – 2023. – Vol. 11, 2489. – DOI 10.3390/math11112489.

9 A time headway control scheme for virtually coupled heavy haul freight trains / Q. Wu, X. Ge, S. Zhu [et. all.] // *Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control.* – 2024. – Vol. 146. – P. 1–16. – DOI 10.1115/1.4065401.

10 **Li, M.** Train timetable optimization for suppressing traction power fluctuations, especially on mountainous railway lines with long, steep grades / M. Li, C. Dai, W. Chen // *Transportation Research Record.* – 2024. – Vol. 2678. – DOI 10.1177/03611981231220631.

11 **Jovanović, P.** Optimal allocation of buffer times to increase train schedule robustness / P. Jovanović // *European Journal of Operational Research.* – 2017. – Vol. 256, No. 1. – P. 44–54. – DOI 10.1016/j.ejor.2016.05.013.

12 **Vromans, M.** Reliability of railway system. The Netherlands TRAIL Research School. – 2005. –

255 p. – URL: https://re-pub.eur.nl/pub/6773/EPS2005062LIS_905892089_5_VROMANS.pdf (дата обращения: 08.01.2024).
13 Integrated optimization of train diagrams and rolling stock circulation with full-length and short-turn routes of virtual coupling trains in urban rail transit // F. Lu, L. Wang, J. Hu [et al.] / *Applied Sciences*. – 2024. – Vol. 14, 5006. – DOI 10.3390/app14125006.
14 **Högdahl, J. A.** Combined simulation-optimization approach for robust timetabling on main railway lines / J. Högdahl, M. Bohlin // *Transportation Science*. – 2022. – Vol. 57, No. 1. – P. 1–30. – DOI 10.1287/trsc.2022.1158.
15 **Duvnjak, B.** Buffer time optimization in the function of timetable stability / B. Duvnjak, T. Jospip, D. Kezić // *Traffic & Transportation*. – 2023. – Vol. 35, No. 4. – P. 514–524. – DOI 10.7307/ptt.v35i4.13.
16 **Жарков, М. Л.** Моделирование работы станций и участков железнодорожной сети на основе изучения отклонений от графика движения / М. Л. Жарков, П. А. Парсюрлова, А. Л. Казаков // *Вестник ИрГТУ*. – 2014. – № 6 (89). – С. 23–31. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-raboty-stantsiy-i-uchastkov-zheleznodorozhnoy-seti-na-osnove-izucheniya-otkloneniy-ot-grafika-dvizheniya> (дата обращения: 11.08.2025).

255 p. – URL: https://re-pub.eur.nl/pub/6773/EPS2005062LIS_905892089_5_VROMANS.pdf (date of access: 08.01.2024).
13 Integrated optimization of train diagrams and rolling stock circulation with full-length and short-turn routes of virtual coupling trains in urban rail transit // F. Lu, L. Wang, J. Hu [et al.] / *Applied Sciences*. – 2024. – Vol. 14, 5006. – DOI 10.3390/app14125006.
14 **Högdahl, J. A.** Combined simulation-optimization approach for robust timetabling on main railway lines / J. Högdahl, M. Bohlin // *Transportation Science*. – 2022. – Vol. 57, No. 1. – P. 1–30. – DOI 10.1287/trsc.2022.1158.
15 **Duvnjak, B.** Buffer time optimization in the function of timetable stability / B. Duvnjak, T. Jospip, D. Kezić // *Traffic & Transportation*. – 2023. – Vol. 35, No. 4. – P. 514–524. – DOI 10.7307/ptt.v35i4.13.
16 **Zharkov, M. L.** Modeling the operation of stations and sections of the railway network based on the study of deviations from the schedule / M. L. Zharkov, P. A. Parsyurova, A. L. Kazakov // *Bulletin of IrSTU*. – 2014. – No. 6 (89). – P. 23–31. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-raboty-stantsiy-i-uchastkov-zheleznodorozhnoy-seti-na-osnove-izucheniya-otkloneniy-ot-grafika-dvizheniya> (date of access: 11.08.2025).

V. V. Polyanov

A METHOD FOR DETERMINING THE OPTIMAL INTERVAL OF VIRTUALLY COUPLING TRAINS

Abstract. The paper proposes a method for modeling the optimal inter-train interval under conditions of random train delays, based on statistical data collected from the Trans-Siberian Railway. The relevance of the study is due to the need to take into account random deviations when developing a freight train schedule with an increased degree of reliability in conditions of decreasing inter-train intervals using interval control systems. Delays were modeled using the Chi-square, Gamma, Erlang and Weibull distributions to determine the minimum inter-train interval that ensures schedule stability without accumulating additional delays. Recommendations are proposed for optimizing the technical speed of movement and introducing buffer time to prevent possible disruptions to the schedule.

Keywords: train schedule, stochastic deviations, inter-train interval, capacity, virtual coupling, heavy trains, long trains.

For citation: Polyanov, V. V. A method for determining the optimal interval of virtually coupled trains / V. V. Polyanov // *Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya*. – 2025. – No. 3. – P. 155–161. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_3_155.

Сведения об авторах

Полянов Валерий Валерьевич

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС), кафедра «Управление эксплуатационной работой», старший преподаватель, e-mail: polyanovvv@mail.ru

Information about the authors

Polyanov Valery Valerievich

Siberian Transport University (STU), Chair “Operational Work Management”, Senior Lecturer, e-mail: polyanovvv@mail.ru