

УДК 656.222.3

К. М. ШКУРИН, аспирант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ПОЕЗДОВ

Рассматривается влияние времени нахождения подвижного состава в движении на величину эксплуатационных расходов. На примере участка Минск – Орша анализируется зависимость участковой скорости и времени следования по участку от его категории. Дано обоснование целесообразности применения критерия минимизации времени нахождения подвижного состава в движении при разработке плана формирования.

В условиях мирового экономического кризиса и сложившегося в последние годы сокращения грузопотоков особую важность на железнодорожном транспорте приобретает задача организации перевозочного процесса при минимальных эксплуатационных расходах. Так, в плане организации вагонопотоков на Белорусской железной дороге на 2016 год было отмечено, что одной из задач организации вагонопотоков в поездах является обеспечение минимальных расходов на перевозки.

Таким образом, критерий минимизации эксплуатационных расходов является одним из определяющих при сравнении различных вариантов пропуска вагонопотока. При этом особую важность должна приобрести задача сокращения времени нахождения поездов в движении. Это связано с тем, что стоимость локомотиво-часа работы значительно превышает стоимость вагоно-часа. Так, в соответствии с Методическими рекомендациями по расчету экономических параметров, позволяющих оценить эксплуатационные расходы по технологическим операциям услуг железнодорожного транспорта общего пользования, утвержденными приказом Начальника Белорусской железной дороги от 20.12.2016 № 376Н, укрупненная расходная ставка на 1 час движения одиночного локомотива составляет 499,32 руб. в тепловозной тяге и 447,63 руб. – в электровозной. В то же время стоимость одного вагоно-часа (далее – ваг.ч) составляет 1,33 руб. Таким образом, стоимость 1 часа движения локомотива в тепловозной тяге эквивалентна стоимости 375 ваг.ч, а в электровозной – 336 ваг.ч.

Приведенные данные показывают, что изменение системы организации вагонопотока может позволить достичь значительного экономического эффекта за счет сокращения времени нахождения локомотивов в движении даже при увеличении затрат в вагоно-часах. При этом даже в рамках одного участка железной дороги существуют значительные расхождения в участковой скорости для поездов различных категорий (таблица 1).

Рассмотрим распределение времени и участковой скорости различных поездов для одного из участков Белорусской железной дороги.

Для анализа были использованы данные о среднем времени следования грузовых поездов различных категорий по участку Минск – Орша в октябре 2015 года.

Относительная частота W распределения времени $t_{yч}$ и участковой скорости $v_{yч}$ следования грузовых поездов в направлении Минск – Орша показана на рисунках 1, 2.

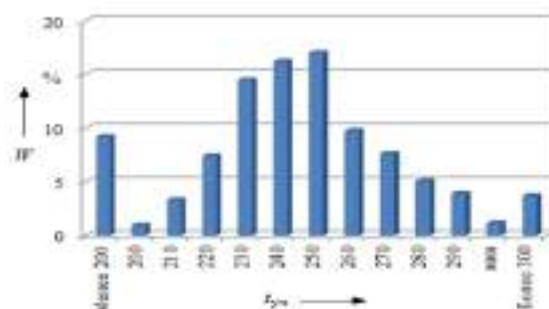


Рисунок 1 – Распределение времени следования грузовых поездов по участку Минск – Орша

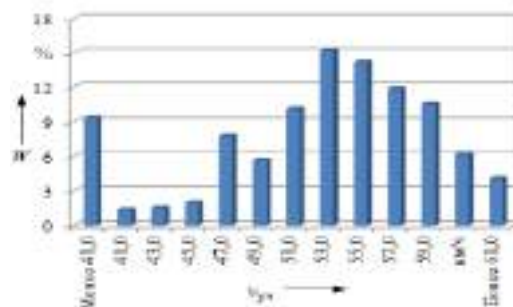


Рисунок 2 – Распределение скорости следования грузовых поездов по участку Минск – Орша

Из рисунков 1, 2 видно, что распределение времени и скорости грузовых поездов в направлении Минск – Орша приближается к нормальному. Анализ полученных данных показывает, что математическое ожидание времени следования поезда по участку $M(t_{yч})$ составляет 237,7 мин при среднеквадратическом отклонении $\sigma = 53,3$ мин и коэффициенте вариации $c_v = 22,4$ %, а математическое ожидание участковой скорости $M(v_{yч}) = 51,1$ км/ч при $\sigma = 8,1$ км/ч и $c_v = 15,8$ %.

Распределение времени и скорости следования грузовых поездов в направлении Орша – Минск приведено на рисунках 3, 4.

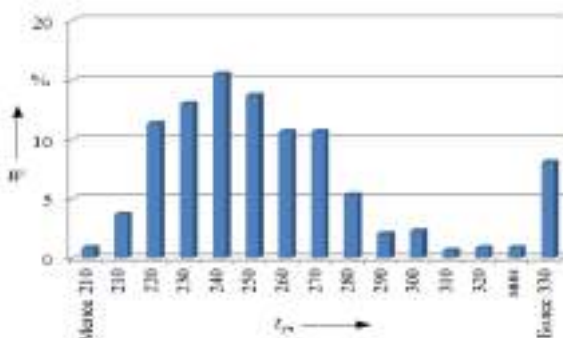


Рисунок 3 – Распределение времени следования грузовых поездов по участку Орша – Минск

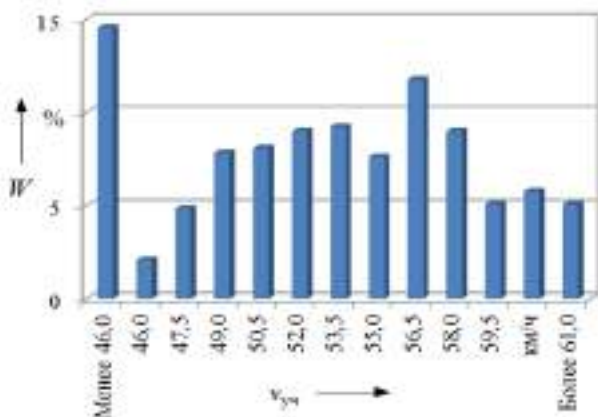


Рисунок 4 – Распределение скорости следования грузовых поездов по участку Орша – Минск

Математическое ожидание времени следования поезда по участку $M(t_{уч})$ составляет 260,7 мин при $\sigma = 61,6$ мин и $c_v = 23,6$ %; математическое ожидание участковой скорости $M(v_{уч}) = 51,0$ км/ч при $\sigma = 9,0$ км/ч и $c_v = 17,6$ %. Распределение времени и скорости грузовых поездов в направлении Орша – Минск также близко к нормальному распределению, однако заметно, что значительная доля поездов имеет участковую скорость ниже 46,0 км/ч, что объясняется преимущественно влиянием сборных поездов.

Рассмотрим распределение времен и участковых скоростей движения грузовых поездов отдельных категорий (рисунки 5–10).

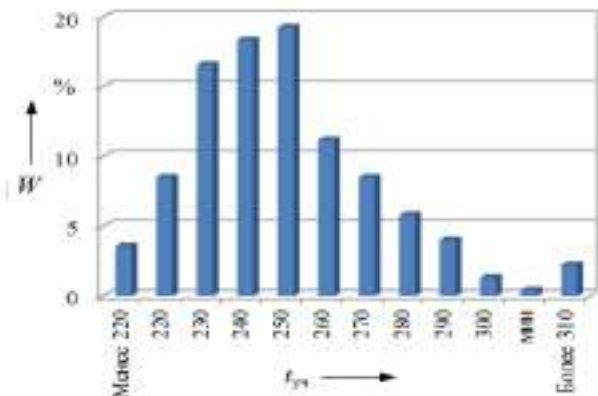


Рисунок 5 – Распределение времени следования сквозных поездов в направлении Минск – Орша

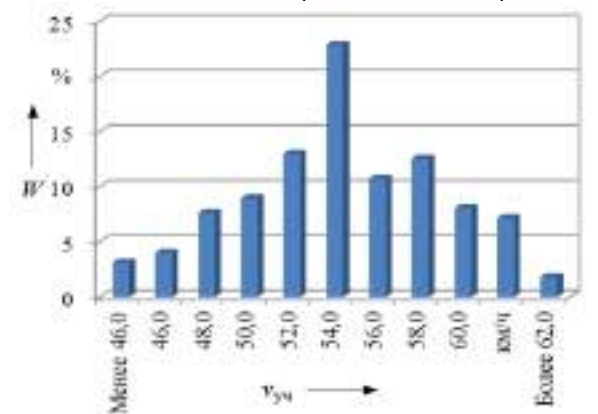


Рисунок 6 – Распределение скорости следования сквозных поездов в направлении Минск – Орша

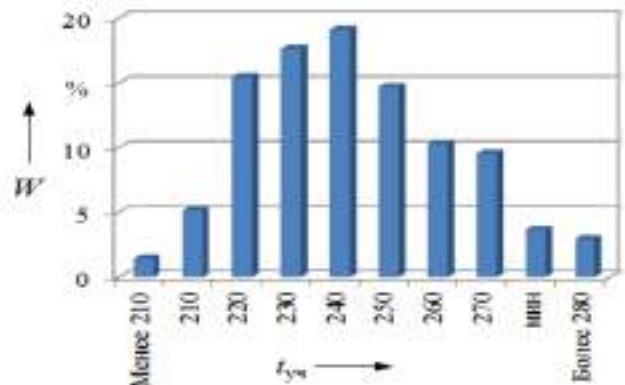


Рисунок 7 – Распределение времени следования сквозных поездов в направлении Орша – Минск

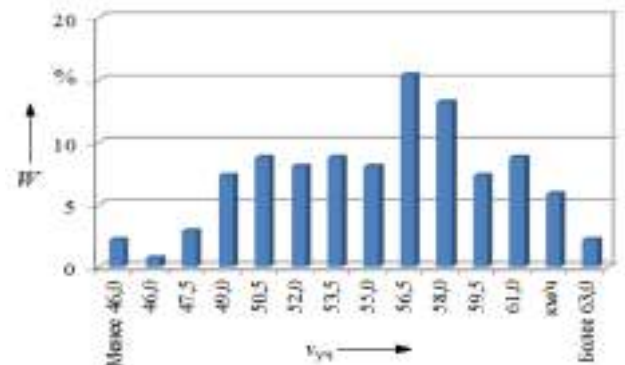


Рисунок 8 – Распределение скорости следования сквозных поездов в направлении Орша – Минск

Поскольку сквозные поезда – основная категория грузовых поездов на участке Минск – Орша (см. таблицу 1), распределение времен и участковых скоростей их следования в целом соответствует распределениям времен и скоростей движения всех грузовых поездов, приведенных на рисунках 1–4. Для грузовых поездов, следующих в направлении Минск – Орша, $M(t_{уч})$ составляет 245,9 мин при $\sigma = 24,8$ мин и $c_v = 10,1$ %, $M(v_{уч}) = 53,2$ км/ч при $\sigma = 4,9$ км/ч и $c_v = 9,3$ %; для сквозных поездов в направлении Орша – Минск – $M(t_{уч}) = 239,0$ мин при $\sigma = 23,1$ мин и $c_v = 9,6$ %, $M(v_{уч}) = 54,7$ км/ч при $\sigma = 5,0$ км/ч и $c_v = 9,1$ %.

Станцией Орша формируется также значительное количество участковых поездов назначением на станцию Минск-Сортировочный.

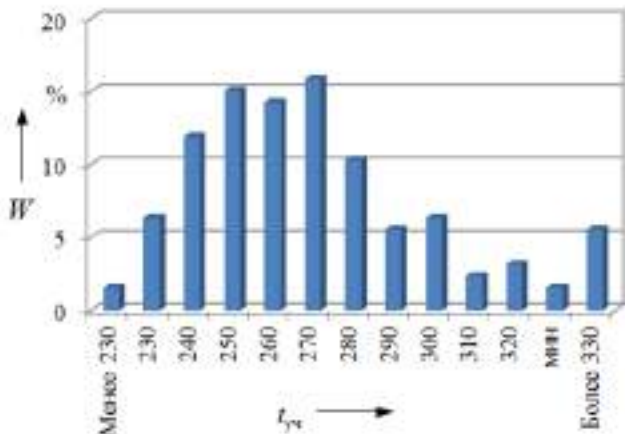


Рисунок 9 – Распределение времени следования участковых поездов по участку Орша – Минск

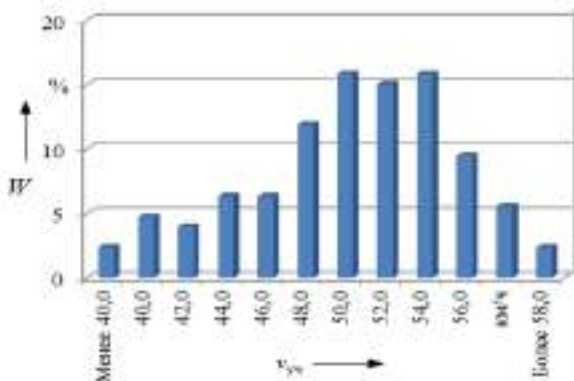


Рисунок 10 – Распределение скорости следования участковых поездов по участку Орша – Минск

Распределение времени следования и скорости участковых поездов также подчиняется нормальному закону, однако заметно, что средняя скорость их следования значительно уступает средней скорости сквозных поездов. Математическое ожидание времени следования участкового поезда $M(t_{уч})$ составляет 266,9 мин при $\sigma = 33,5$ мин и $c_v = 12,6$ %; участковой скорости $M(v_{уч}) = 49,2$ км/ч при $\sigma = 5,4$ км/ч и $c_v = 11,1$ %.

Развоз местного груза на участке Минск – Орша осуществляется преимущественно вывозными поездами, следующими в сообщении Минск – Смолевичи – Борисов, и сборными поездами в сообщении Орша – Минск (Орша – Степянка). Распределение времен и скоростей следования поездов данных категорий показано на рисунках 11–14.

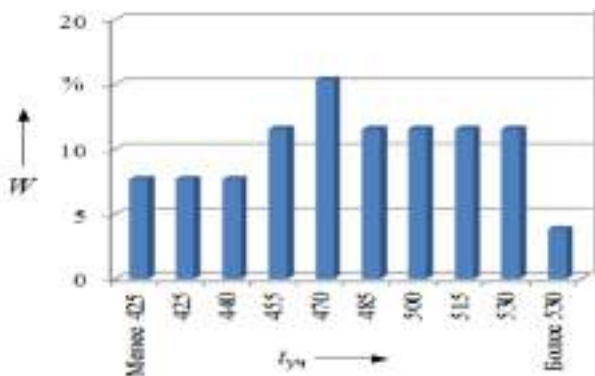


Рисунок 11 – Распределение времени следования сборных поездов в направлении Орша – Минск

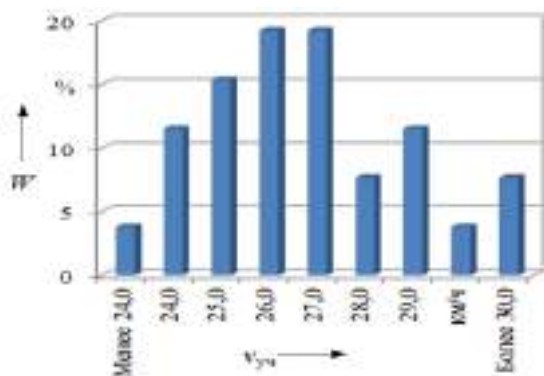


Рисунок 12 – Распределение скорости следования сборных поездов в направлении Орша – Минск

Время следования сборных поездов в направлении Орша – Минск почти равномерно распределено в диапазоне 450–530 мин, что объясняется различным количеством остановок таких поездов на станциях участка

для прицепки и отцепки местных вагонов. Математическое ожидание времени следования сборного поезда в направлении Орша – Минск $M(t_{уч})$ составляет 471,0 мин при $\sigma = 43,7$ мин и $c_v = 9,3$ %; участковой скорости $M(v_{уч}) = 26,5$ км/ч при $\sigma = 2,7$ км/ч и $c_v = 10,1$ %.

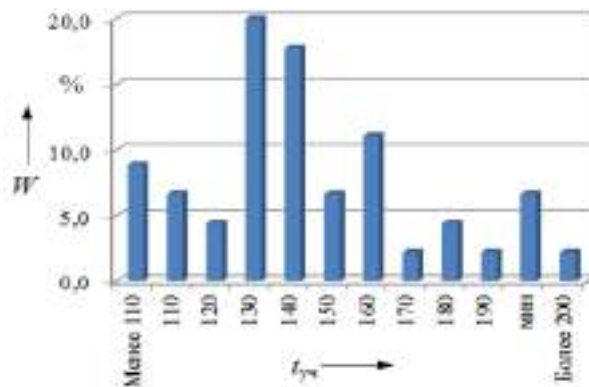


Рисунок 13 – Распределение времени следования вывозных поездов по участку Минск – Борисов

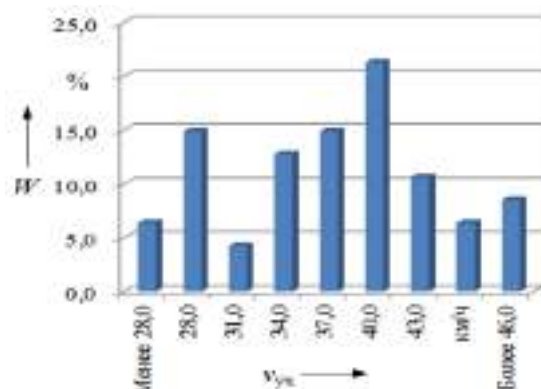


Рисунок 14 – Распределение скорости следования вывозных поездов по участку Минск – Борисов

Распределение времени следования вывозных поездов имеет два пика – около 110 мин и около 140 мин, в зависимости от того, осуществляет ли поезд отцепку вагонов на станции Смолевичи. Математическое ожидание времени следования вывозного поезда по участку $M(t_{уч})$ составляет 132,3 мин при $\sigma = 36,9$ мин и $c_v = 27,9$ %; математическое ожидание участковой скорости $M(v_{уч}) = 36,3$ км/ч при $\sigma = 8,2$ км/ч и $c_v = 22,7$ %.

Проанализированные сведения о средней участковой скорости движения поездов различных категорий и их доле в общем поездопотоке по направлениям следования на участке Минск – Орша сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Сравнение участковых скоростей поездов различных категорий

Категория поездов	Направление Минск – Орша		Направление Орша – Минск	
	доля поездов	$v_{уч}$, км/ч	доля поездов	$v_{уч}$, км/ч
Сквозные	0,877	53,2	0,687	54,7
Участковые	0,026	45,0	0,248	49,2
Сборные	0,013	26,5	0,051	24,5
Вывозные	0,084	27,9	0,014	36,3
ВСЕГО	1,000	51,1	1,000	51,0

Приведенные в таблице 1 данные показывают, что средняя скорость участковых поездов, следующих по

участку Минск – Орша, значительно уступает средней скорости движения сквозных поездов.

Графическое сравнение участковых скоростей движения поездов различных категорий по направлениям следования на участке Минск – Орша приведено на рисунке 15.

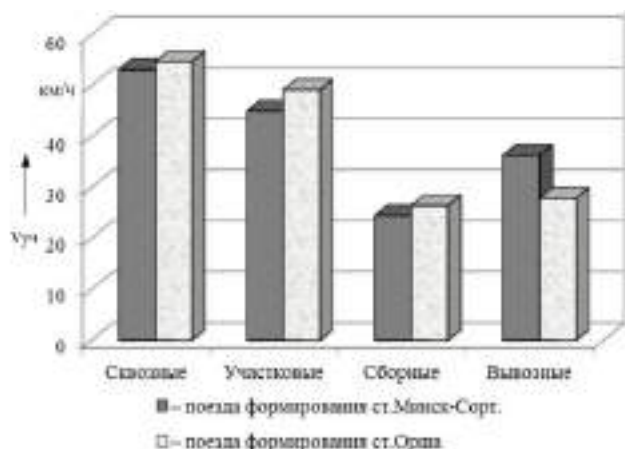


Рисунок 15 – Сравнение участковых скоростей поездов различных категорий

Получено 10.01.2017

К. М. Shkurin. Systematic approach to the optimization of train formation plan.

The influence of the time, which rolling stock spends in motion, on operating costs is considered. The relation between service speed and train category is analyzed. The expedience of minimizing the time, which rolling stock spends in motion, in the development of train formation plan is justified.

Таким образом, категория грузового поезда в значительной степени обуславливает его участковую скорость и, соответственно, время его следования по участку. Использование критерия минимизации нахождения грузового вагона в пути (предусматривающего, в том числе, и сокращение потребности в локомотивном парке) является одним из условий совершенствования существующей системы организации вагонопотоков.

Список литературы

- 1 **Акулиничев, В. М.** Математические методы в эксплуатации железных дорог / В. М. Акулиничев, В. А. Кудрявцев, А. Н. Корешков. – М. : Транспорт, 1981. – 223 с.
- 2 **Вентцель, Е. С.** Исследование операций: задачи, принципы, методы / Е. С. Вентцель. – М. : Наука, 1988. – 206 с.
- 3 **Некрашевич, В. И.** Управление эксплуатацией локомотивов / В. И. Некрашевич, В. И. Апатцев. – М. : РГОТУПС, 2004. – 257 с.
- 4 **Правдин, Н. В.** Прогнозирование грузовых потоков / Н. В. Правдин, М. Л. Дыканюк, В. Я. Негрей. – М. : Транспорт, 1987. – 247 с.
- 5 **Серегина, В. С.** Решение инженерных задач методами математической статистики / В. С. Серегина. – Гомель : БелГУТ, 1994. – 109 с.