

УДК 629.421.2 : 656.224.027

К. М. ШКУРИН, магистр технических наук, Белорусская железная дорога, г. Минск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАССЫ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ НА ИХ УЧАСТКОВУЮ СКОРОСТЬ

Рассмотрено влияние массы грузовых поездов на их участковую скорость. На основе анализа данных о движении грузовых поездов на двухпутном участке Минск – Орша и однопутном участке Могилев – Осиповичи исследована возможность установления зависимости между массой и участковой скоростью поезда. Рассмотрены перспективы использования данных о массе поезда при разработке графика движения поездов.

Масса поезда – один из важнейших эксплуатационных показателей, определяющих качество работы железнодорожного транспорта; она в значительной степени определяет себестоимость и экономическую эффективность системы организации перевозок, поскольку удельный расход топлива (электроэнергии) на тягу поездов непосредственно связан с величиной данного параметра. В связи с этим целесообразным является исследование влияния массы грузового поезда на его участковую скорость и, соответственно, на время его следования по участку. В случае если между указанными параметрами обнаружится достаточно высокая корреляция, выявленную закономерность необходимо учитывать при разработке графика движения поездов.

В связи с тем, что на участковую скорость поезда оказывает влияние большое число трудно формализуемых факторов, для исследования взаимосвязи между массой и скоростью поезда целесообразно использовать методы математической статистики. Для оценки уровня статистической взаимосвязи между массой поезда и его участковой скоростью используем коэффициент корреляции Пирсона, определяющий силу линейной зависимости между величинами (далее – коэффициент корреляции). При значении данного коэффициента более 0,5 можно утверждать, что между исследуемыми величинами существует достаточно высокий уровень корреляции; если же величина параметра менее 0,2, корреляция является очень слабой [7].

Рассмотрим результаты анализа данных о движении грузовых поездов различных категорий на железнодорожных участках Минск – Орша и Осиповичи – Могилев в 2015–2017 гг., выполненного с использованием программного пакета Statgraphics. Необходимо отметить, что интенсивность движения на указанных участках существенно различается. Так, согласно нормативному графику движения на 2017–2018 гг., размеры движения на двухпутном участке Минск – Орша составляют до 104 пар поездов в сутки (в том числе до 46 пар грузовых поездов); на однопутном участке Осиповичи – Могилев – до 18 пар поездов в сутки (в том числе до 9 пар грузовых поездов).

На рисунке 1 показано распределение участковых скоростей $v_{уч}$ сквозных грузовых поездов, следующих в направлении Минск – Орша, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$.

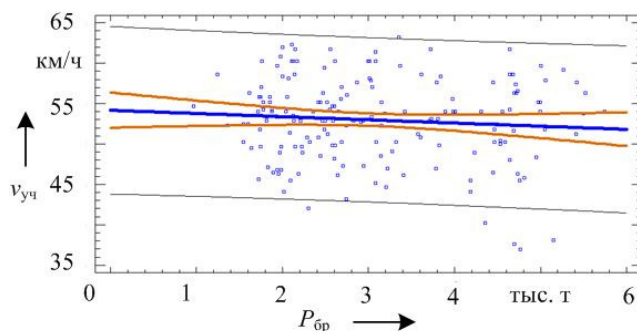


Рисунок 1 – Распределение участковых скоростей $v_{уч}$ сквозных грузовых поездов, следующих в направлении Минск – Орша, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$

Формула линейной зависимости между участковой скоростью сквозного грузового поезда $v_{уч}$ и его массой брутто $P_{бр}$ для направления Минск – Орша имеет вид

$$v_{уч} = 54,1784 - 0,000394271P_{бр}. \quad (1)$$

При этом коэффициент корреляции составляет $-0,088$, что позволяет сделать вывод об очень слабой зависимости между рассматриваемыми параметрами – с увеличением массы поезда его участковая скорость незначительно уменьшается.

На рисунке 2 показано распределение участковых скоростей $v_{уч}$ сквозных грузовых поездов, следующих в направлении Орша – Минск, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$.

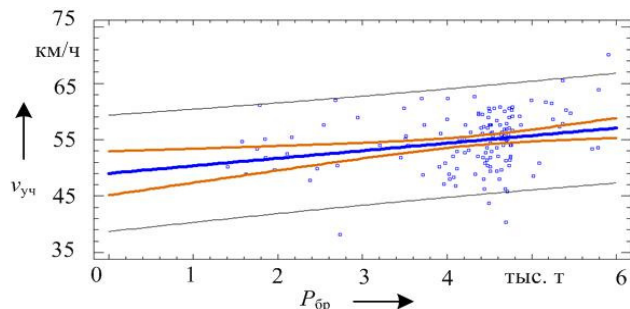


Рисунок 2 – Распределение участковых скоростей $v_{уч}$ сквозных грузовых поездов, следующих в направлении Орша – Минск, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$

Формула линейной зависимости между участковой скоростью сквозного грузового поезда $v_{уч}$ и его массой брутто $P_{бр}$ для направления Орша – Минск имеет вид

$$v_{уч} = 49,0244 + 0,00134147P_{бр}. \quad (2)$$

При этом коэффициент корреляции составляет $0,248$, что характеризует корреляцию как слабую. На указан-

ном направлении при увеличении массы грузового поезда наблюдается некоторое повышение его участковой скорости.

Уровень корреляции между массами участковых поездов и их участковыми скоростями также достаточно низок. На рисунке 3 показано распределение участковых скоростей $v_{уч}$ участковых грузовых поездов, следующих в направлении Орша – Минск, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$.

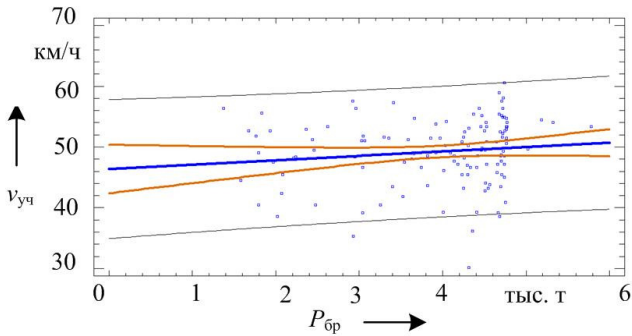


Рисунок 3 – Распределение участковых скоростей $v_{уч}$ участковых грузовых поездов, следующих в направлении Орша – Минск, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$

Формула линейной зависимости между участковой скоростью участкового грузового поезда $v_{уч}$ и его массой брутто $P_{бр}$ на направлении Орша – Минск имеет вид

$$v_{уч} = 46,3659 + 0,000724421P_{бр}. \quad (3)$$

При этом коэффициент корреляции составляет 0,130, что свидетельствует о том, что для данной категории поездов корреляция между массой и участковой скоростью также является очень слабой. Участковая скорость поезда незначительно возрастает с увеличением его массы.

Таким образом, результаты проведенного на участке Орша – Минск исследования корреляции между участковой скоростью грузового поезда и его массой позволяют утверждать, что взаимосвязь между данными параметрами является достаточно слабой.

Рассмотрим результаты аналогичного исследования, выполненного на железнодорожном участке Могилев – Осиповичи. На рисунке 4 показано распределение участковых скоростей $v_{уч}$ сквозных грузовых поездов, следующих в направлении Могилев – Осиповичи, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$.

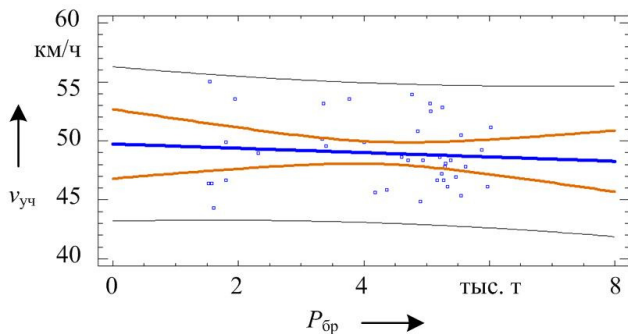


Рисунок 4 – Распределение участковых скоростей $v_{уч}$ сквозных грузовых поездов, следующих в направлении Могилев – Осиповичи, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$

Формула линейной зависимости между участковой скоростью сквозного грузового поезда $v_{уч}$ и его массой

брутто $P_{бр}$ для направления Могилев – Осиповичи имеет вид

$$v_{уч} = 49,7399 - 0,000183384P_{бр}. \quad (4)$$

При этом коэффициент корреляции составляет $-0,093$. Таким образом, уровень корреляции между параметрами является очень слабым. Наличие очень слабой отрицательной корреляции свидетельствует о том, что при увеличении массы поезда его участковая скорость незначительно снижается.

Распределение участковых скоростей участковых грузовых поездов $v_{уч}$, следующих в направлении Могилев – Осиповичи, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$ показано на рисунке 5.

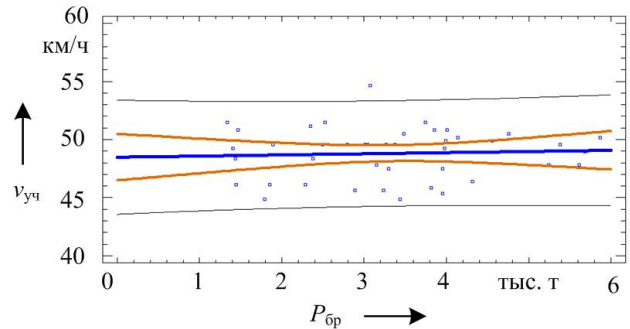


Рисунок 5 – Распределение участковых скоростей $v_{уч}$ участковых грузовых поездов, следующих в направлении Могилев – Осиповичи, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$

Формула линейной зависимости между участковой скоростью участкового грузового поезда $v_{уч}$ и его массой брутто $P_{бр}$ для направления Могилев – Осиповичи имеет вид

$$v_{уч} = 48,4792 + 0,0000980343P_{бр}. \quad (5)$$

При этом коэффициент корреляции составляет 0,055, что указывает на наличие очень слабой корреляции между участковой скоростью и массой грузового поезда. Участковая скорость поезда незначительно возрастает при увеличении его массы.

На рисунке 6 показано распределение участковых скоростей $v_{уч}$ в зависимости от массы брутто $P_{бр}$ для участковых грузовых поездов, следующих в направлении Осиповичи – Могилев.

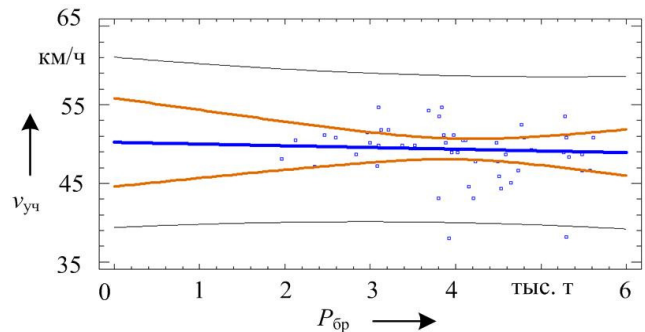


Рисунок 6 – Распределение участковых скоростей $v_{уч}$ участковых грузовых поездов, следующих в направлении Осиповичи – Могилев, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$

Линейная зависимость между участковой скоростью участкового грузового поезда $v_{уч}$ и его массой брутто $P_{бр}$ для направления Осиповичи – Могилев имеет вид

$$v_{уч} = 50,2257 + 0,0002184557P_{бр}. \quad (6)$$

При этом коэффициент корреляции составляет $-0,047$, что свидетельствует о наличии очень слабой корреляции между участковой скоростью и массой грузового поезда. При увеличении массы поезда его участковая скорость незначительно снижается. Таким образом, на железнодорожном участке Могилев – Осиповичи корреляция между массой грузового поезда и его участковой скоростью является очень слабой.

Результаты приведенных выше исследований взаимосвязи между участковыми скоростями грузовых поездов и их массами, а также аналогичных исследований, выполненных для других категорий грузовых поездов и направлений движения, сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции между участковыми скоростями грузовых поездов и их массами

Направление следования поезда	Категория грузовых поездов		
	сквозные	участковые	всего
Минск – Орша	-0,088	-0,289	-0,103
Орша – Минск	0,248	0,130	0,237
Могилев – Осиповичи	-0,093	0,055	-0,020
Осиповичи – Могилев	0,060	-0,047	-0,027

Приведенные в таблице 1 данные показывают, что корреляция между участковыми скоростями грузовых поездов и их массами на обоих исследованных железнодорожных участках варьируется от очень слабой до слабой.

Данные о корреляции между массами грузовых поездов различных категорий и их участковыми скоростями на железнодорожном участке Минск – Орша позволяют сделать вывод о том, что в рамках одного железнодорожного участка в зависимости от направления следования поезда зависимость между его массой и участковой скоростью может быть положительной или отрицательной, что обусловлено особенностями продольного профиля участка и величиной руководящих

уклонов для каждого из направлений следования. На однопутном участке Могилев – Осиповичи корреляция между рассмотренными параметрами значительно ниже, чем на двухпутном участке Минск – Орша, что обусловлено значительно более низкой интенсивностью движения на участке.

В целом результаты выполненного исследования позволяют сделать вывод о том, что масса грузовых поездов имеет слабую связь с их участковой скоростью и, соответственно, временем следования по участку. В то же время, в соответствии с [4], масса и состав поездов, следующих по железнодорожному направлению, оказывают непосредственное влияние на величину эксплуатационных затрат, связанных с тем или иным вариантом организации вагонопотоков, и должны учитываться при разработке плана формирования поездов.

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 Боровикова, М. С. Организация движения на железнодорожном транспорте / М. С. Боровикова. – М. : Маршрут, 2003. – 368 с.
- 3 Вентцель, Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – М. : Транспорт, 1969. – 576 с.
- 4 Негрей, В. Я. Развитие теории расчета плана формирования однопутных поездов / В. Я. Негрей, К. М. Шкурин // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2017. – № 2 (35). – С. 123–126.
- 5 Правдин, Н. В. Прогнозирование грузовых потоков / Н. В. Правдин, М. Л. Дыканюк, В. Я. Негрей. – М. : Транспорт, 1987. – 247 с.
- 6 Серегина, В. С. Решение инженерных задач методами математической статистики / В. С. Серегина. – Гомель : БелГУТ, 1994. – 109 с.
- 7 Шевченко, Д. Н. Теория вероятностей и математическая статистика / Д. Н. Шевченко. – Гомель : БелГУТ, 2006. – 314 с.

Получено 08.05.2018

К. М. Shkurin. Analysis of the influence of freight train weight on its segment speed.

The research aims at the analysis of the influence of freight train weight on its segment speed. The possibility of establishing the relationship between the gross weight and the segment speed of freight train is considered. The research is based on the analysis of the data on the movement of freight trains on Minsk – Orsha and Mogilev – Osipovich railway sections. The prospects for using data on freight train weight in the development of train schedule are considered.