

УДК: 656.222.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСФОРМИРОВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ НА СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ

*Оксана Ищука**аспирант, Институт Рижского Технического Университета, улица Азенес 12-316,
Рига, Латвия, E-mail: oksieca@inbox.lv**Денис Ломотько**д.т.н., профессор, Украинский государственный университет железнодорожного
транспорта, пл. Фейербаха, 7, Харьков, Украина, E-mail: den@kart.edu.ua*

Целью работы являлось рассмотреть вопросы математического моделирования технологии расформирования – формирования составов на сортировочных станциях с целью определения оптимальной очередности расформирования составов с горки.

В настоящее время особенно остро встает вопрос о повышении точности расчетов путем математического моделирования организации маневровой работы с учетом местных условий, а также повышение эффективности и безопасности движения поездов [1]. В связи с этим актуальной становится оптимизационная задача ресурсосохранения – сокращение времени нахождения вагонов на сортировочных станциях и рационального использования маневровых средств. В результате решения этой задачи позволит ускорить оборот вагона, т.е. даст экономию вагонов, как ресурса.

Решение данной оптимизационной задачи является резервом повышения эффективности работы сортировочной станции и её экономической эффективности [2]. Решение этой задачи может быть решена с помощью теории расписаний [3, 4].

Рассматривая существующую ситуацию, учитывая местные условия работы, на сортировочных станциях – Шкиротава и Даугавпилс, наблюдается устойчивое наличие сезонных колебаний вагонооборота на фоне тенденции к уменьшению объема работы. Принимая во внимания динамику колебания величины объёма работы на сортировочных станциях, этот фактор отрицательно влияет на эксплуатационные показатели работы сортировочных станций. Это приводит к увеличению нерационального использования маневровых средств, а значит - и к увеличению операционных затрат на станции.

При сравнении **времени простоя в системе расформирования** двух станций был проведен анализ корреляционной связи между объемом переработки вагонопотока и временем простоя в системе расформирования r_{xy} . Результат этого анализа позволяет сделать вывод, что как на станции Даугавпилс ($r_{xy} = 0,681$ за 2018 год; $r_{xy} = 0,213$ за 2019 год), так и на станции Шкиротава ($r_{xy} = 0,272$ за 2018 год; $r_{xy} = 0,422$ за 2019 год) величина коэффициента корреляции отражает в основном слабую или очень слабую связь, что доказывает неэффективность существующей технологии системы расформирования [5]. Решение проблемы по станции Даугавпилс – модернизация системы централизации станции Даугавпилс и пересмотр путевого развития станции, а также пересмотр технологии работы по двум станциям, а именно развитие транспортно-логистической инфраструктуры как катализатора экономии [6].

Сравнивая простой транзитных вагонов с переработкой наблюдается определенная закономерность, что станция Даугавпилс перерабатывает количество этих вагонов меньше, чем станция Шкиротава, а **простой накопления вагонов** наоборот на станции Даугавпилс больше, чем на станции Шкиротава. Особенно это подтверждается при определении коэффициента корреляции между простоем накопления вагонов на этих двух станциях. Обработка статистических данных о простоях вагонов за 2018 год установила отрицательную слабую корреляционную взаимосвязь ($r_{xy} = -0,417$), а за 2019 год – очень слабую корреляционную взаимосвязь ($r_{xy} = 0,034$) [5].

Сравнивая **время простоя в системе формирования** на двух станциях, видно, что значительное превышение времени простоя есть на станции Даугавпилс, чем на станции

Шкиротава. С помощью корреляционного анализа, были сделаны выводы, что между объемом переработки вагонопотока и временем простоя в системе формирования как на станции Даугавпилс ($r_{xy} = 0,603$ за 2018 год; $r_{xy} = 0,298$ за 2019 год), так и на станции Шкиротава ($r_{xy} = 0,236$ за 2018 год; $r_{xy} = 0,492$ за 2019 год) [5] обнаружена слабая или очень слабая связь, что доказывает неэффективность существующей технологии системы расформирования.

Решение этой проблемы – модернизация сортировочной горки и оборудование новой электрической централизацией управления стрелками и сигналами с помощью программируемого логического контроллера для переключения и контроля [7], удлинения путей сортировочного парка, а также пересмотр технологии работы системы формирования по двум станциям.

Анализируя **простой вагонов без переработки**, установлено, что по станции Шкиротава он значительно завышен, чем на станции Даугавпилс. Это результат того, что порт не может принять груз из-за того, что нет соответствующего путевого развития припортовой станции или погрузо-разгрузочных средств на этой станции, поэтому грузовые поезда вынуждены “простаивать на актах” в транзитном парке по станции Шкиротава. Для решения этой проблемы необходимо разработать комплекс регулировочных мероприятий, позволяющий сократить количество задержек поездов по неприему припортовыми станциями.

Решение существующих проблем возможно с помощью математической модели технологии расформирования – формирования составов на сортировочных станциях. Как известно, из-за неравномерности прибытия поездов на сортировочную станцию объем поездной и маневровой работы в каждые сутки складывается по-разному. На каждый определенный случай необходимо найти такие управляющие решения, чтобы перерабатываемый вагонопоток при сложившихся обстоятельствах быстрее покидал станцию, а грузовые поезда не задерживались на подходах к станции [8].

Поиск оптимальных решений выполняется с помощью оперативного управления, цель которого обеспечить в конкретных условиях планируемого периода безусловное и качественное выполнение работы станции с минимальными эксплуатационными затратами. В связи с этим необходимо создать систему поддержки принятия решений оперативного персонала станции, которая будет решать основную задачу выбора энергоэффективной технологии из множества возможных вариантов.

Предполагаемая модель будет являться динамической и основывается на теории расписаний в виде решения задачи типа "Flow shop" (потокосная линия). С помощью математической модели, возможно, будет определять эксплуатационные расходы и рассчитать показатели работы на прогнозируемый период, используя исходные данные реального времени [9].

С целью повышении точности расчетов путем математического моделирования технологии работы с учетом местных условий будет составлен алгоритм выбора технологии работы станции.

Реализация математической модели с помощью программных средств позволит имитировать с достигаемой высокой степенью приближения реальные процессы, происходящие на станции, а также повысит конкурентоспособность и финансово-экономическую стабильность на основе синергетического эффекта [10].

Предлагается решить задачу о порядке расформирования – формирования составов на сортировочной станции формализуется следующим образом: «В сортировочном парке имеется нужное количество накопленных вагонов для формирования состава на определенное направления, при условии, что есть свободная нитка графика движения поездов и имеется локомотивная бригада. В противном случае, если нет определенного количества этих вагонов, то в каком порядке следует расформировать поезда, чтобы работа сортировочной станции была оптимальной?». Цель решения – свести к минимуму суммарный простой вагонов, находящихся как под накоплением, так и в поездах,

ожидающих расформирования.

Поставленная задача решается с помощью целевой функции модели:

$$F = \sum_{j=1}^{g_i} t_{ij} + \sum_{j=1}^{g_i} u_i W_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

где $\sum_{j=1}^{g_i} t_{ij}$ – общая длительность всех операций по обработке грузового поезда;

W_{ij} – время ожидания начала выполнения технологической операции ij , т.е. интервал времени между окончанием $(j-1)$ -ой и началом j -ой технологической операцией для i -ой работы;

u_i – весовой коэффициент, характеризующий относительный приоритет технологической операции.

Целевая функция (1) имеет ряд математических ограничений, в частности, неотрицательность ее составляющих.

С помощью выше указанной формулы можно решить динамическую задачу при неодновременном поступлении требований в систему расформирования и формирования, чтобы работа сортировочной станции была оптимальной.

В результате моделирования технологии улучшатся показатели ресурсосохранения, а именно, снизятся энергетические затраты на маневровую работу в системе расформирования и формирования составов, что повысит энергоэффективность технологии работы станции Даугавпилс. В долгосрочной перспективе эффект от внедрения системы поддержки принятия решений оперативным персоналом станции позволит оценить динамику ситуации и сделать выбор оптимальной последовательности технологических операций по обработке грузовых поездов на станции.

Литература:

- [1] Buss, D.; Abishev, K.; Baltabekova, A. 2019. Driver's reliability and its effect on road traffic safety, 2018 ICTE in Transportation and Logistics, DOI: 10.1016/j.procs.2019.01.163. (149): 463-466.
- [2] Mihailovs, F., Sansyzbajeva, Z., Mezitis, M. 2016. Simulation of the interaction of railway station and harbor, 2017 ICTE in Transportation and Logistics, DOI: 10.1016/j.procs.2017.01.117. (104): 222-226.
- [3] Conway, R.V.; Maxwell, V.L.; Miller, L.V. 1975. Theory of schedules. Translation from English by Kokotushkina, V.A.; Mikhaleva D.H. edited by Basharina, H.P. M.: "Science", 197 p.
- [4] Levin, V.I. 2006. Structural-logical methods in the theory of schedules: Monograph. Penza: "Publishing House Penza State Technological Academy", 124 p.
- [5] Abbakumov, V. 2009. Business analysis of information. Statistical methods. Manual. M.: "Economics", 374 p.
- [6] Sultanov, T.; Suleimenov, T.; Tlepiyeva, G.; Sansyzbajeva, Z. 2019. Development of transit potential in conditions of integration of the Republic of Kazakhstan into the world transport system, 2018 ICTE in Transportation and Logistics, DOI: 10.1016/j.procs.2019.01.158. (149): 430-435.
- [7] Muhitovs, R.; Mezitis, M.; Freimane, J.; Korago, I. 2019. Development of the decision-making algorithm for railway maneuverer park equipment with independent controllers, 2018 ICTE in Transportation and Logistics, DOI: 10.1016/j.procs.2019.01.124. (149): 202-205.
- [8] Prokhorchenko, A.; Parkhomenko, L.; Kyman, A.; Matsiuk, V.; Stepanova, J. 2019. Improvement of the technology of accelerated passage of low-capacity wagon traffic on the basis of scheduling of grouped trains of operational purpose, 2018 ICTE in Transportation and Logistics, DOI: 10.1016/j.procs.2019.01.111. (149): 86-94.
- [9] Espinosa-Aranda, J.L.; García-Ródenas, R.; Cadarso, L.; Ángel Marín. 2014. Train Scheduling and Rolling Stock Assignment in High Speed Trains, Procedia - Social and Behavioral Sciences, DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.12.115. (160): 45-54.
- [10] Romanova, A.; Abdurakhmanov, A.; Ilyin, V.; Vygnanova, M.; Skrebutene, E. 2019. Formation of a regional industrial cluster on the basis of coordination of business entities' interests, DOI: 10.1016/j.procs.2019.01.171. (149): 525-528.