РАЗДЕЛ V. ТРАНСПОРТ

Солоп И.А., Чеботарева Е.А.

Разработка мероприятий по сокращению простоя вагонов на сортировочных станциях на базе метода межфункционального элиминирования

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»
(Россия, Ростов-на-Дону)

doi: 10.18411/lj-08-2021-15

Аннотация

В статье дается обзор методов анализа выполнения ключевых показателей для железнодорожной сети, выявления непроизводительных потерь в работе сортировочных станций при переработке вагонопотоков. На примере разложения фактического показателя простоя вагонов с переработкой на отдельные элементы и применения метода межфункционального вариантного элиминирования выявлены критические технологические элементы, для которых требуется проверка соблюдения технологических процессов, в том числе в работе смежных подразделений и разработка системы корректирующих мероприятий.

Ключевые слова: железнодорожные станции, эксплуатационные показатели, анализ, технологический процесс, простой вагонов, непроизводительные простои, эффективность.

Abstract

The article provides an overview of methods for analyzing the performance of key indicators for the railway network, identifying unproductive losses in the operation of marshalling yards during the processing of car traffic. By the example of the decomposition of the actual indicator of the idle time of cars with processing into separate elements and the application of the method of cross-functional variant elimination, critical technological elements are identified, for which it is necessary to check compliance with technological processes, including in the work of related departments and the development of a system of corrective measures.

Keywords: railway stations, operational indicators, analysis, technological process, idle time of cars, unproductive downtime, efficiency.

Введение

В настоящий момент на сети ОАО «РЖД» существует сложное положение с выполнением основных показателей на станциях, что проявляется в завышении норм простоя вагонов, времени оборота вагона, увеличения доли отправок вагонов, прибывающих с нарушением сроков и скорости доставки грузов, уменьшении резерва пропускных способностей [1-4]. Например, за 4 месяца 2021 года Центральной дирекцией выполнены 30 из 38 ключевых показателей текущей деятельности, что составило 79,0 %.

К невыполненным показателям относятся:

1. Расходы по перевозочным видам деятельности (показатель ухудшен 13-ю дирекциями).
2. Коэффициент разрыва между эксплуатационными и тарифными тонно-километрами (показатель выше плана на 0,08 млрд. т-км. Данный показатель ухудшен 10-ю дирекциями).

3. Рабочий парк локомотивов в грузовом движении (показатель выше плана на 86 единиц в среднем в сутки или на 1,6%. Данный показатель ухудшен 14-ю дирекциями).
4. Эксплуатируемый парк локомотивов в грузовом движении (показатель выше плана на 15 единиц в среднем в сутки или на 0,2%. Данный показатель ухудшен 10-ю дирекциями).
5. Средняя участковая скорость движения грузового поезда (при плане 43,0 км/час составила 42,3 км/час или 98,4%. Данный показатель ухудшен 11-ю дирекциями).
6. Простой транзитных вагонов с переработкой на технических станциях (показатель выше уровня прошлого года на 1,89 часа. Например, за 4 месяца 2020 года – 14,23 часа, а за 4 месяца 2021 года – 16,12 часа. Данный показатель ухудшен 14-ю дирекциями).
7. Простой транзитных вагонов без переработки на технических станциях (показатель выше уровня прошлого года на 0,21 часа. Например, за 4 месяца 2020 года – 2,82 часа, а за 4 месяца 2021 года – 3,03 часа. Данный показатель ухудшен 14-ю дирекциями).
8. Уровень безопасности движения выше плана на 0,018 ед/млн. поездо-км или 166,8%. Данный показатель ухудшен 10-ю дирекциями.

Результаты работы дирекций по количеству выполненных показателей за этот период распределились следующим образом (рис. 1).

Рис. 1. Результаты работы дирекций по количеству выполненных ключевых показателей за 4 месяца 2021 года

Лидирующую позицию занимают Северо-Кавказская и Юго-Восточная дирекции (выполнены 31 из 38 показателей). Последнее место у Октябрьской и Восточно-Сибирской дирекций (выполнены 23 из 38 показателей).

С целью улучшения показателей работы сети и станций, повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта Компанией ОАО «РЖД» проводится работа по развитию инновационных управленческих технологий, объединенные под общим понятием «бережливое производство (lean production)». На текущий момент создана организационная, нормативная и методическая база для реализации концепции «бережливого производства» в ОАО «РЖД», при этом внедрение мероприятий идет как по отдельным подразделениям, так и базе нескольких структурных подразделений, объединенных общими технологическими задачами [5]. С точки зрения эффективности межфункциональные проекты приносят гораздо большую отдачу, чем простой функциональный проект. Они направлены на улучшение показателей деятельности сразу нескольких подразделений ОАО «РЖД». В связи с этим в данном исследовании рассматривается выполнение одного из ключевых

показателей работы сортировочных станций – простоя вагонов с переработкой с учетом разработки межфункциональных мероприятий по его сокращению.

1. Возможность применения метода межфункционального вариантного элиминирования при анализе выполнения качественных показателей работы станции

Сложилась определенная потребность в повышении уровня эффективности организации технологических процессов на станциях [6]. Существующие методы проведения анализа выполнения основных качественных показателей помогают выявить поэлементно факты невыполнения норматива, но не исследуют оценку эффективности оптимизации элементов качественного показателя и межфункциональное влияние технологических операций на исследуемый процесс. Основные методы определения норм простоя вагонов и выявления непроизводительных потерь приведены на рис. 2.

Рис. 2. Методы определения норм простоя вагонов

Количество ошибок при использовании графического и табличного моделирования составляет примерно 20 % [7], но несмотря на трудоемкость проводимых расчетов оба метода применяются в эксплуатационной практике. Полученные плановые показатели простоя вагонов соотносятся с фактическими для разработки мероприятий по устранению нарушений технологии и дальнейшему повышению качества работы станции.

В данном исследовании предлагается применить метод элиминирования – это логический метод, при котором последовательно выделяют влияние одного фактора и исключают воздействие других.

Обычно анализ методом элиминирования основывается на методе агрегатных индексов, при котором каждый фактор последовательно рассматривается как переменный, предполагая остальные постоянными. То есть изучение конкретных производственных процессов происходит без учета их взаимного влияния друг на друга, процесс лишь анализируется в частности (дедуктивный метод).

Особенность предлагаемого метода состоит в изучении влияния производственных процессов на межфункциональную эффективность в едином технологическом процессе и его итоговый результат (индуктивный метод).

Авторами произведен анализ одного из качественных показателей работы станции – нормы простоя транзитного вагона с переработкой на примере статистических данных по станции Краснодар-Сортировочный за 2020 год (табл. 1). С помощью примененного метода межфункционального вариантного элиминирования сделана попытка выявления причин завышения данного показателя с целью разработки мероприятий, направленных на повышение уровня эффективности организации технологического процесса на станции.

Норма простоя транзитного вагона с переработкой на станции Краснодар-Сортировочный не выполнена на 6,47 час, завышена на 43,2 %.

Таблица 1

*Выполнение нормы простоя транзитного вагона с переработкой по станции
Краснодар-Сортировочный за 2020 г.*

Наименование показателя	План, p_i	Факт, f_i
Простой транзитного вагона с переработкой	15	21,47
В парке прибытия:	2,5	2,24
закрепление и ограждение состава	0,2	0,29
ожидание обработки	0,1	0,71
обработка	0,5	0,51
ожидание расформирования	1,7	0,73
Расформирование	0,5	0,58
Сортировочный парк	8,04	10,27
накопление	7,1	8,22
ожидание формирования	0,69	1,81
формирование и перестановка	0,25	0,24
В парке отправления	3,96	8,38
закрепление и ограждение состава	0,2	0,2
ожидание обработки	0,1	0,42
обработка состава	0,75	0,68
обеспечение поезда тягой	1,83	6,11
обеспечение поезда тормозами	0,73	0,78
ожидание отправления	0,35	0,19

2. Анализ влияния элементов времени простоя вагонов на отклонение от нормативного значения показателя

Выполним анализ влияния элементов на отклонение от нормативных значений в следующем порядке:

1. Определим отклонение элементов от норматива по формуле

$$o_i = f_i - p_i.$$

Отрицательная разница показывает выполнение нормы простоя по данному элементу, сохранение математической разницы имеет значение при дальнейшем функциональном исследовании.

2. Определим удельный вес элементов норматива по формуле $F_i = \frac{f_i}{\sum f_i}$.

3. Рассчитаем удельный вес отклонения элемента от норматива по формуле $O_i = \frac{o_i}{\sum o_i}$.

Выполнив анализ, исключаем те элементы, для которых норматив выполняется, и далее проведем оценку критичности влияния элементов простоя с максимальным отклонением на норматив (табл. 2).

Таблица 2

Оценка критичности влияния отклонения элемента простоя от норматива на невыполнение технологической нормы

Элементы простоя транзитного вагона с переработкой с максимальным отклонением	Удельный вес элемента норматива $F_i = \frac{f_i}{\sum f_i}$	Удельный вес отклонения элемента от норматива $O_i = \frac{o_i}{\sum o_i}$	Оценка критичности влияния отклонения элемента простоя от норматива на невыполнение технологической нормы
- в т.ч. ожидание обработки	0,033069399	0,094281298	0,061211899
- в т.ч. ожидание формирования	0,084303680	0,173106646	0,088802966
От окончания формирования или выставки в парк отправления до отправления поезда	0,390312063	0,683153014	0,292840951
- в т.ч. ожидание обработки	0,019562180	0,049459042	0,029896862
- обеспечение поезда тягой	0,284583139	0,661514683	0,376931544 max

Максимальным является отклонение в блоке «от окончания формирования или выставки в парк отправления до отправления поезда» по элементу «Обеспечение поезда тягой», данный элемент технологического процесса находится в зоне ответственности не только Дирекции движения, но и Дирекции тяги. Изменение этого элемента в сравнении с прошлым периодом показывает увеличения простоя вагонов вследствие ожидания обеспечения поездов локомотивами (рис. 3). Поэтому дальнейшие исследования проведем для этого элемента и выполним более подробный его анализ.

Анализ элементов по принципу взаимозависимости сводится к определению следующих категорий:

- независимые элементы – элементы, взаимосвязь которых не подтверждается едиными технологическими операциями;
- зависимые элементы – элементы, взаимосвязь которых подтверждается едиными технологическими операциями внутри исследуемой системы;
- косвенно-зависимые элементы – элементы, взаимосвязь которых подтверждается едиными технологическими операциями не внутри исследуемой системы, а во внешней системе, которая влияет на исследуемый процесс.

Рис. 3. Поэлементный анализ времени простоя транзитного вагона с переработкой на станции Краснодар – Сортировочный

В нашем примере все элементы являются независимыми.

Выявим определяющие факторы (элементы) исследуемой системы, которые оказывают наиболее критичное влияние на отклонение от нормативных значений. Они могут быть, как условно-переменными, то есть те, которые возможно изменять, так и условно-постоянными, которые невозможно изменять.

В исследуемом процессе примем к рассмотрению только условно-переменные технологические процессы (факторы).

Элемент «Обеспечение поезда тягой»:

- ✓ Отсутствие локомотивов под поезда своего формирования назначением на станции: (Батайск, М. Горький, Кавказская, Тихорецкая), вследствие неисправности локомотивов – последствие проведение внепланового ремонта локомотивов, всего 361 поезд или 4,5% от общего числа – со средним простоем более 1,5 часов;
- ✓ Отсутствие локомотивов под поезда вследствие ожидания локомотивов из депо – 80 поездов со средним простоем 0,69 часа;
- ✓ Ожидание локомотивных бригад – 96 поездов со средним простоем 0,71 часа;
- ✓ Завышения накладного времени локомотивных бригад по отправлению – было допущено 1291 случай со средним простоем 0,7 часа;
- ✓ Постановка на внеплановый ремонт локомотива (<0,4 ч);
- ✓ Регулировочные действия ДНЦ (< 0,3 ч).

Далее для анализа выберем первые четыре фактора как наиболее значимые.

Для дальнейшего исследования введем понятие коэффициента влияния технологического процесса (K_i) – коэффициент, показывающий оценочную долю влияния технологического процесса (технологической операции) на удельный вес отклонения элемента от норматива.

Удельный вес технологического процесса (технологической операции) на отклонение от нормативных значений определяется по формуле $\Delta O_i = K_i \cdot O_i$;

Результаты вычислений приведены в таблице 3.

Таблица 3

Расчет удельного веса технологического процесса на отклонение от нормативных значений

Элемент простоя	Удельный вес отклонения элемента от норматива, O_i	Технологические процессы	Коэффициент влияния технологического процесса, K_i	Удельный вес технологического процесса на отклонение от нормативных значений $\Delta O_i = K_i \cdot O_i$
«Обеспечение поезда тягой»	0,661514683	Отсутствие локомотивов вследствие их неисправности	0,42	0,2778
		Отсутствие локомотивов вследствие ожидания локомотивов из депо	0,19	0,1257
		Ожидание локомотивных бригад	0,20	0,1323
		Завышение накладного времени локомотивных бригад по отправлению	0,19	0,1257

3. Разработка мероприятий, направленных на сокращение простоя вагонов при межфункциональном взаимодействии подразделений в обеспечении технологического процесса станции

Дальнейший анализ сводится к определению мероприятий, направленных на сокращение элементов простоя вагона с переработкой [8-12]. Для оценки полезности мероприятий введем коэффициент эффективности предложенных мероприятий. В нашем примере вводимый коэффициент эффективности предложенных мероприятий определен эмпирически с учетом мнений экспертов в указанной области исследования. Сокращение простоя вагонов по каждому мероприятию представлено в графе 5 табл. 4.

Таблица 4

Сокращение простоя вагонов по каждому предложенному мероприятию

Элементы	Удельный вес технологического процесса $\Delta O_i = K_i \cdot O_i$	Меры оптимизации	Достижимая эффективность, %	Сокращение простоя вагонов, час
1	2	3	4	5
Отсутствие локомотивов вследствие их неисправности	0,2778	Контракт жизненного цикла - гарантированное устранение всех выявляемых конструктивных недостатков производителем, независимо от срока, прошедшего с начала эксплуатации	0,15	0,642
		Своевременная закупка запасных частей	0,10	0,428
		Выполнение нормы оборота локомотива	0,20	0,856
Отсутствие локомотивов вследствие ожидания локомотивов из депо	0,1257	Предусмотреть отдельные пути на станции для ожидания локомотивов без захода в депо	0,05	0,214
		Заблаговременное планирование подачи локомотива из депо	0,10	0,428
		Пересмотр технологических маршрутов локомотивов из депо	0,05	0,214
		Согласованные действия дежурно-диспетчерского аппарата	0,05	0,214
Ожидание локомотивных бригад	0,1323	Планирование работы локомотивных бригад	0,10	0,428
		Заблаговременное выявление ухудшения здоровья и своевременная замена локомотивной бригады	0,05	0,214
Завышение накладного времени локомотивных бригад по отправлению	0,1257	Эффективное взаимодействие локомотивного депо и подразделений, обслуживающих тяговый подвижной состав	0,10	0,428
		Контроль исполнительской дисциплины локомотивных бригад	0,05	0,214

Набор мероприятий может меняться в силу специфики отдельных предприятий, но при этом видна ценность того или иного мероприятия, что позволяет наглядно оценить влияние реализации отдельного мероприятия на итоговый показатель.

Вывод: Предлагаемая система математического анализа выполнения качественных показателей сортировочными станциями на примере станции Краснодар-Сортировочный имеет более сложный алгоритм по сравнению с типовыми методиками, однако позволяет более точно оценить «полезность» разрабатываемых мероприятий для сокращения простоя вагонов для критического технологического элемента.

1. Бутунов, Д.Б. Мониторинг временных и количественных характеристик потерь в работе сортировочной станции // Инновационное развитие современной науки: матер. XVI Междунар. науч.-практ. конф., Анапа, 10 октября 2019 г. – Анапа: ООО НИЦ эконом. и соц. процессов, 2019. – С. 28-31.
2. Сапегин, С.В. Нормирование показателей работы сортировочных станций / С.В. Сапегин, Е.О. Дмитриев, А.С. Петров // Железнодорожный транспорт. – 2017. – № 9. С. 28-33.
3. Шипулин, Н.П. Совершенствование технологии работы сортировочных станций / Н.П. Шипулин, А.Н. Шабельников // Автоматика, связь, информатика. – 2013. – № 1. С. 6-8.
4. Чеботарева Е.А. Анализ выполнения показателей эксплуатационной деятельности и повышение производственной эффективности работы ОАО «Российские железные дороги» / Е.А. Чеботарева, И.А. Солоп // Национальная ассоциация ученых (НАУ). – 2020. – № 34(61). – С. 43-46.
5. Концепция применения технологий бережливого производства в ОАО «РЖД». Утв. 28.06. 2010 г. № 11250. Режим доступа: <https://ppt.tatarstan.ru/file/old/structure/96bf4f1fdb1344f0d632ff8d1f89c8a.pdf>. Дата обращения: 25.02.2018.
6. Лысиков, М.Г. Система планирования показателей работы железнодорожной сортировочной станции / М.Г. Лысиков, А.М. Ольшанский // Перспективные информационные технологии – 2014: матер. Междунар. науч. – техн. конф., Самара 30 июня 2014 г.: Самарский научный центр РАН, 2014. – С. 372-379.
7. Бутунов, Д.Б. Оценка непроизводительных потерь в работе сортировочной станции / Д.Б. Бутунов, А.Г. Котенко // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2018. – Т.15. – № 4. С. 498-510. DOI: 10.20295/1815-588X-2018-4-498-510.
8. Чеботарева, Е.А. Повышение эффективности использования тяговых ресурсов на полигонах железных дорог / Е.А. Чеботарева, И.А. Солоп // Транспорт: наука, образование, производство: матер. Междунар. науч. – практ. конф. Транспорт-2020, Ростов н/Д. – Т. 3: Технические и экономические науки: РГУПС, 2020. – С. 230-235.
9. Романова, П.Б. Разработка мероприятий по улучшению качественных показателей работы сортировочной станции / П.Б. Романова, А.А. Король, А.С. Гердо // Наука и образование транспорту. – 2018. – № 1. С. 115-120.
10. Гильманов, А.И. Исследование факторов, влияющих на простой транзитных вагонов с переработкой на сортировочных станциях / А.И. Гильманов, Е.В. Дорогайкина, О.И. Залогова // Молодая наука Сибири. – 2019. – № 1(3). С. 98-104.
11. Зубков, В.Н. Повышение эффективности работы станции Краснодар-Сортировочный / В.Н. Зубков, Р.И. Кураев // Совершенствование технологии железнодорожных перевозок: матер. межвуз. сб. науч. тр. Ростов н/Д.: РГУПС, 2004. – С. 78-82.
12. Светлакова, Е.Н. Анализ простоя транзитного вагонопотока с переработкой на сортировочной станции / Е.Н. Светлакова, С.С. Иванов // Организация безопасности на транспорте: матер. межвуз. сб. науч. тр. Чита.: ЗаБИЖТ, 2015. – С. 140-148.

Тихонов Н.Ф., Шумихина Е.Г., Секлетина Л.С.

Требования к судовым энергетическим установкам (СЭУ) и их показатели надежности

*ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/lj-08-2021-16

Аннотация

Цель статьи – выявление требований к СЭУ, обеспечивающих их надежность. Гипотеза исследования – на данный момент разработаны требования к СЭУ, выполнение которых обеспечивает создание надежных СЭУ.

Ключевые слова: судовые энергетические установки, надежность, требования, двигатель, электроэнергетические системы.