

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТАНЦИИ СТЫКОВАНИЯ



Д.И. Бодриков



А.А. Воробьев

Разработана имитационная модель эксплуатации электровозов на участке со сменой рода тока, позволяющая оценивать и оптимизировать работу станции стыкования при изменении интенсивности движения поездов.

Ключевые слова: станция стыкования, имитационное моделирование, электровоз, суммарные удельные потери, локомотивный парк

В процессе эксплуатации подвижного состава с целью повышения эффективности работы в настоящее время решаются различные актуальные задачи: определение рациональных участков обращения локомотивов и работы локомотивных бригад, оптимального числа локомотивов эксплуатируемого парка, оптимизация системы ремонта, оценка влияния различных факторов на систему эксплуатации и многие другие.

Решение поставленных задач аналитическим или численным методом не дает возможности с высокой степенью достоверности описать и рассчитать раз-

личные отдельные элементы системы, а также их взаимодействие друг с другом. Наиболее эффективным в этом случае является имитационное моделирование, которое дает возможность проводить эксперименты с моделями объектов, учитывать случайный характер процессов [1].

С точки зрения особенности организации системы эксплуатации локомотивов представляет интерес исследование процесса функционирования станций стыкования, на которых осуществляется смена локомотивов и локомотивных бригад из-за смены рода тока. Именно на них образуются непроизводительные потери

Бодриков Денис Игоревич, ассистент кафедры «Электропоезда и локомотивы» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (ИТТСУ РУТ (МИИТ)), начальник отдела Проектно-конструкторского бюро локомотивного хозяйства – филиала ОАО «РЖД». Область научных интересов: имитационное моделирование, оптимизация работы станции стыкования, организация системы эксплуатации и ремонта. Автор десяти научных работ.

Воробьев Александр Алексеевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Электропоезда и локомотивы» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (ИТТСУ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: надежность и совершенствование системы ремонта и эксплуатации тягового подвижного состава. Автор более 190 научных работ, в том числе одной монографии, двух учебников и более десяти учебных пособий.

Смирнов Валентин Петрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Тяговый подвижной состав» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: повышение надежности локомотивов. Автор 149 научных работ. Имеет три патента на изобретения.

Фадейкин Тимофей Николаевич, кандидат технических наук, ведущий конструктор Проектно-конструкторского бюро локомотивного хозяйства – филиала ОАО «РЖД». Область научных интересов: повышение энергоэффективности тяговых электроприводов с асинхронными тяговыми двигателями. Автор десяти научных работ. Имеет два патента на изобретения.

в бюджете: увеличение времени простоя локомотивов и поездов, а также неэффективное использование рабочего времени локомотивных бригад.

С целью оптимизации работы станции стыкования была создана имитационная модель в среде AnyLogic. При условии, что нечетные поезда прибывают со стороны участка с питанием на постоянном токе, а четные поезда — со стороны переменного тока. Алгоритм определения количества простаивавших поездов и локомотивов после прибытия нечетного поезда с электровозом постоянного тока и четного поезда с электровозом переменного тока представлен на рис. 1. Одним из примеров станции стыкования родов тока является ст. Вязьма Московской железной дороги.

Общий вид имитационной модели процесса функционирования станции стыкования представлен на рис. 2.

В модели присутствуют переменные, которые позволяют отслеживать общее количество локомотивов постоянного и переменного тока (DC_Loc , AC_Loc), количество простаивающих четных и нечетных поездов ($Even_kol$, Odd_kol), а также дополнительные промежуточные переменные, позволяющие накапливать время простоя поездов и локомотивов на основании которых затем рассчитывается среднее время простоя поездов и локомотивов.

В качестве целевой функции для решения поставленной задачи целесообразно использовать удельные суммарные потери от простоя поездов и локомотивов. При этом необходимо эти потери разделить на четыре составляющих: от простоя четных поездов, от простоя нечетных поездов, от простоя локомотивов постоянного тока и от простоя локомотивов переменного тока.

Общие потери определяются на основании среднего времени простоя поездов и локомотивов и расходных ставок (1).

$$\Sigma Q = T_{\text{срл}} \cdot C_{\text{л}} + T_{\text{срп}} \cdot C_{\text{п}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{л}}$, $C_{\text{п}}$ — расходная ставка для локомотивов и поездов, соответственно, руб./ч;

$T_{\text{срл}}$, $T_{\text{срп}}$ — среднее время простоя локомотивов и поездов, соответственно, ч.

Тогда удельные суммарные потери от простоя поездов и локомотивов определяются по формуле (2).

$$\Sigma q = \frac{\Sigma Q}{T_{\text{мод}}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{мод}}$ — период моделирования, ч.

В ходе эксперимента выполнялась вариация размеров локомотивного парка постоянного и переменного тока, а также вариация в размерах межпоездных интервалов. Период моделирования был принят равным 8760 минут, что составляет один год.

Для того, чтобы проанализировать функционирование модели, необходимо ввести следующие обозначения:

$\Delta N = N^{DC} - N^{AC}$ — разница между количеством локомотивов постоянного тока и количеством локомотивов переменного тока, находящимися в депо;

$\Delta \tau = \tau^{Odd} - \tau^{Even}$ — разница между межпоездными интервалами.

Очевидно, что простой нечетных поездов будет определяться прибытием четных поездов, при отсутствии в депо локомотивов переменного тока, и наоборот, простой четных поездов будет определяться прибытием нечетных поездов, при отсутствии в депо локомотивов постоянного тока.

В этой связи в целевой функции Σq в зависимости от изменения параметров ΔN или $\Delta \tau$ два слагаемых из четырех будут всегда нулевыми, а другие два — ненулевыми, что определяется большей интенсивностью поступления поездов с той или иной стороны.

В результате расчетов в среде AnyLogic получена зависимость, определяющая изменение суммарных удельных потерь от простоя поездов и локомотивов от разницы в размерах движения с четной и нечетной стороны и эксплуатируемым парком локомотивов постоянного и переменного тока (рис. 3). Результаты расчетов приведены в таблице.

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод о том, что наименьшие потери от простоя поездов и локомотивов будут в том случае, если размер локомотивного парка электровозов постоянного и переменного тока, а также интенсивность движения четных и нечетных поездов, то есть межпоездные интервалы между четными и нечетными поездами будет одинаковыми. В противном случае будут возникать дополнительные потери от простоя поездов или локомотивов. При образовании избытка локомотивов постоянного тока будут простаивать нечетные поезда из-за того, что будет недостаточно локомотивов переменного тока. Для решения этой задачи (в случае неравномерности) необходимо регулировать размер локомотивного парка постоянного или переменного тока пересылкой локомотивов в основное депо приписки со станции стыкования.

Таким образом, созданная имитационная модель эксплуатации электровозов на участке со сменой рода тока позволяет оценивать не только реальную ситуацию на станции стыкования в части непроизводительного простоя локомотивов и поездов, но и оптимизировать работу станции при изменении интенсивности движения поездов, определив необходимое количество локомотивов постоянного и переменного тока. 

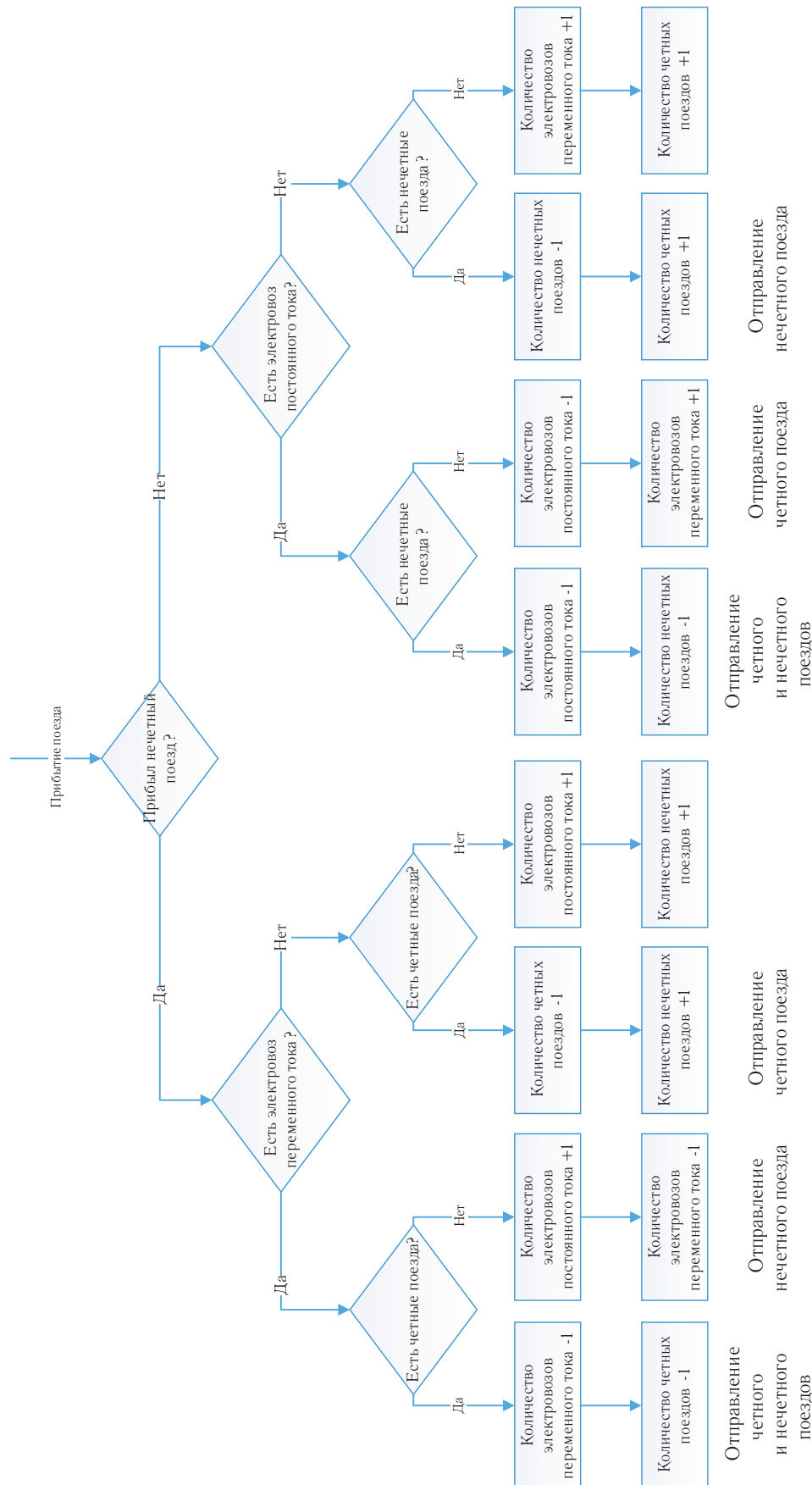


Рис. 1. Алгоритм функционирования станции стыкования



Рис. 3. Зависимость суммарных удельных потерь от простоя поездов и локомотивов

Таблица

Изменение суммарных удельных потерь от простоя поездов и локомотивов

$\Delta\tau$, ч	ΔN , ед.										
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
-2,0	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289
-1,5	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260
-1,0	0,217	0,217	0,217	0,217	0,217	0,217	0,217	0,217	0,217	0,217	0,217
-0,5	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,5	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145
1,0	0,217	0,217	0,217	0,217	0,217	0,217	0,217	0,217	0,217	0,217	0,217
1,5	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260
2,0	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289

Литература

1. Кораблев, Ю.А. Имитационное моделирование [Текст]: учебник / Ю.А. Кораблев. — М.: КНОРУС. — 2017. — 144 с.
2. Компьютерное моделирование: Пособие для курсового и дипломного проектирования. — СПб.: ВАС. — 2011. — 348 с.
3. Бодриков, Д.И. Оптимизация продолжительности простоя электропоезда на плановом ремонте с учетом стоимости жизненного цикла / Д.И. Бодриков, А.В. Скребков, А.А. Воробьев // Безопасность движения поездов // Труды восемнадцатой научно-практической конференции. — 2017. — С. V-10 — V-11.
4. Бодриков, Д.И. Имитационная модель эксплуатации электровозов на участке со сменой рода тока / Д.И. Бодриков, А.А. Бенецкая // Неделя науки // Труды Всероссийской научно-практической конференции. — 2018. — С. III-10.