

Дополнительные показатели использования маневровых локомотивов



В. В. Костенко,
к. т. н., доцент кафедры «Железнодорожные станции и узлы» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ФГБОУ ВО ПГУПС)



А. В. Сугоровский,
к. т. н., доцент кафедры «Железнодорожные станции и узлы» ФГБОУ ВО ПГУПС



Д. И. Хомич,
старший преподаватель кафедры «Железнодорожные станции и узлы» ФГБОУ ВО ПГУПС



М. В. Четчев,
к. т. н., руководитель научно-образовательного центра «Мультимедальные транспортные системы», доцент кафедры «Железнодорожные станции и узлы» ФГБОУ ВО ПГУПС



А. С. Шепель,
ассистент кафедры «Железнодорожные станции и узлы» ФГБОУ ВО ПГУПС

В расходах железнодорожной компании одним из наиболее затратных видов деятельности является тяга. Поэтому необходимо добиваться наибольшей эффективности работы локомотивов, причем не только при их следовании с поездами, но и на маневрах. Для этого в ПГУПС была усовершенствована система расчетных показателей при маневровом движении с учетом закономерностей стохастического распределения продолжительности технологических операций.

Существующая система первичного учета и отчетности локомотивов наличного парка ОАО «РЖД» [1–4] позволяет установить временные периоды, в которые определенный маневровый локомотив находился в распоряжении станции. Это учитывается при расчете значений интегральных показателей использования локомотивов на линейном, региональном и корпоративном уровне. Кроме того, с помощью ряда информационных систем можно установить, двигался ли маневровый локомотив или стоял, как он передвигался: с вагонами или без них. Однако этого не достаточно для понимания полезности и эффективности его использования.

Стоянка маневрового локомотива может быть вызвана разными причинами или составлять часть его работы. Передвигаться маневровый локомотив может с полновесным составом поезда, с одним или несколькими вагонами или резервом. Во всех случаях по подобному формальному признаку нельзя определить, насколько рационально используется маневровый локомотив. При разных формах, методах маневровой работы и особенностях условий на станциях это невозможно сделать автоматически.

Следовательно, показатели, успешно используемые для учета и определения эффективности работы поездных локомотивов: пробег, расчетная скорость следования, коэффициент использования силы тяги локомотива, производительность, загрузка, время нахождения локомотива в движении и др., в случае с маневровыми локомотивами не достаточно информативны

и должны быть модернизированы или заменены другими.

Показатели наличия, состояния и использования локомотивов

В результате исследований, проведенных на кафедре «Железнодорожные станции и узлы» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, предложен ряд расчетных показателей, которые дополняют действующую систему показателей наличия, состояния и использования локомотивов [2] с учетом специфики маневровой работы. Состав показателей определен на основании ГОСТ Р 56046–2014 [5]:

- коэффициент загрузки локомотива, специально выделенного для маневровой работы на станциях и прочей маневровой работы; показатель характеризуется долей времени, требуемого для выполнения необходимых операций, в суммарном бюджете времени маневровых локомотивов рабочего парка;
- производительность локомотива, специально выделенного для маневровой работы на станционных путях; показатель характеризуется количеством переработанных вагонов, приходящихся на один локомотив рабочего парка в среднем в сутки;
- коэффициент обеспеченности маневровой работы на станции специально выделенными локомотивами — отношение расчетного (планового) количества маневровых локомотивов на станции за отчетный период к фактическому количеству специально выделенных локомотивов для выполнения маневровой работы на станции.

В этом перечне коэффициент загрузки маневрового локомотива — единственный показатель, расчет которого зависит от случайных величин, от фактической продолжительности маневровых операций. Рассмотрим детали его расчета.

Коэффициент загрузки маневрового локомотива

Контроль эффективности использования маневровых локомотивов предлагается построить на основе принципа обязательности соблюдения технологии: структура и продолжительность операций должны соответствовать установленным на станции технологическим нормам, а их количество — фактическому объему выполненной работы.

Технологическим процессом каждой технической, грузовой и пассажирской станции на основании норм времени на маневровую работу [7] и хронометражных измерений установлена продолжительность маневровых операций. Фактическое количество таких операций дают статистические отчеты. Объединив эти сведения, можно установить потребный бюджет времени, необходимый (по технологии) на выполнение маневровой работы с участием локомотива, и сопоставить его с временем фактического нахождения маневровых локомотивов в распоряжении станции.

Таким образом, коэффициент загрузки локомотивов, специально выделенных для маневровой работы на станциях и прочей маневровой работы, определится по формуле (1) как отношение суммарного времени, требуемого для выполнения маневровой работы, к фактическим временным затратам парка маневровых локомотивов, выполнивших эту работу $\sum T_{\text{раб}}^{\text{ман}}$:

$$K_{\text{ман}}^3 = \frac{\sum T^{\text{техн}}}{\sum T_{\text{раб}}^{\text{ман}} \cdot k_{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{вп}}}, \quad (1)$$

где

$$\sum T^{\text{техн}} = \sum t_i^{\text{техн}} \cdot n_{\text{оп } i}^{\text{факт}}, \quad (2)$$

$t_i^{\text{техн}}$ — продолжительность выполнения маневровой операции согласно технологическому процессу работы станции; для всех типов станций определяется по Комплексной автоматизированной системе ведения технологических процессов работы железнодорожных станций (АС ВТП) для каждого вида операций, ч;

$n_{\text{оп } i}^{\text{факт}}$ — фактическое количество маневровых операций каждого вида, пред-

смотренных технологическим процессом работы станции за отчетный период; определяется на основе имеющихся станционных автоматизированных систем (АСУ СТ, СКАТИС ГИР, ИТАУР и др.);

$\sum T_{\text{раб}}^{\text{ман}}$ — суммарная продолжительность нахождения (бюджет времени) в рабочем парке за рассматриваемый расчетный период локомотивов, выделенных для маневровой работы на станции, на путях необщего пользования и на тракционных путях линейных предприятий; в качестве источника данных рекомендовано использовать форму внутренней статистической отчетности ЦО-1ВЦ, ч;

$k_{\text{н}}$ — коэффициент для учета возможных перерывов в маневровой работе вследствие отказов технических средств (коэффициент надежности инфраструктуры), который в отсутствие расчета для станций может быть принят как 0,97 на основании положений пункта 1.2.6 Инструкции по расчету наличной пропускной способности железных дорог [6];

$\alpha_{\text{вп}}$ — коэффициент враждебности передвижений для учета продолжительности операций, вызывающих перерывы в выполнении маневровой работы, в общей продолжительности суток; в отсутствие расчета для станций может быть принят как 0,93–0,95 на основании пункта 2.1.1 Норм времени на маневровые работы [7].

Коэффициент загрузки покажет разрыв между потребным и фактическим рабочим парком маневровых локомотивов на станции, который зависит не только от качества управленческих решений, но и от множества объективных и часто случайных причин: фактической, а не расчетной неравномерности подхода поездов и выполнения технологических операций, изменений номенклатуры грузов, неисправностей технических средств и т. д. Поэтому разовое сопоставление абсолютных значений фактических и расчетных временных затрат на маневровую работу не может быть основой для анализа. Однако динамика значений показателей маневровой работы за отчетный период (месяц, квартал, год), сопоставление полученных величин в разрезе однотипных станций и одной станции за разные периоды, анализ значений показателей по отдельным видам операций (расформирование составов с горки, окончание формирования подачи на вытяжном пути, подача на грузовой фронт и т. д.) даст информацию для необходимых решений по улучшению управления или корректировке технологии.

Анализ продолжительности выполнения маневровых операций

Точная продолжительность выполнения маневровых операций — случайная величина, которая зависит от состояния вагонов, поступающих из внешней сети, местных условий и других факторов. Поэтому актуально определение границ, в которых находится эта случайная величина, и закономерностей ее распределения.

Использование методов теории вероятностей и математической статистики позволяют решить поставленную задачу [8].

При обработке статистических данных, во-первых, потребуется определить выборочное среднее \bar{t} , характеризующее положение случайной величины t , по формуле

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^k t_i \cdot p_i^*, \quad (3)$$

где t_i — значение случайной величины в i -том интервале;

p_i^* — эмпирическая вероятность (частота) равенства случайной величины значению t_i :

$$p_i^* = \frac{h_i}{\sum_{i=1}^k h_i}, \quad (4)$$

где h_i — число наблюдений случайной величины n_i ;

$\sum_{i=1}^k h_i$ — общее число наблюдений;

i — номер ($i = 1, 2, \dots, k$).

Во-вторых, нужно определить выборочную дисперсию D_t^* , характеризующую рассеяние значений случайной величины около ее среднего значения:

$$D_t^* = \sum_{i=1}^k x_i^2 \cdot p_i^* - (\bar{t})^2, \quad (5)$$

и среднеквадратическое отклонение σ_t^* , характеризующее среднее абсолютное отклонение случайной величины от его среднего значения:

$$\sigma_t^* = \sqrt{D_t^*}. \quad (6)$$

И в-третьих, для проверки, однородная или неоднородная совокупность данных, необходимо выполнить оценку коэффициента вариации V_t , характеризующего относительное рассеивание случайной величины по отношению к среднему значению:

$$V_t = \frac{\sigma_t^*}{\bar{t}}. \quad (7)$$

Выборочное среднее, рассчитанное для однородной совокупности, значимо, т. е. действительно характеризует ее, для неоднородной совокупности — незначи-



Рис. 1. Результаты аппроксимации эмпирического распределения продолжительности окончания формирования одногруппного или двухгруппного состава с использованием двух путей для накопления вагонов на сортировочной станции

мо, т. е. не характеризует ее вследствие значительного разброса значений признака в совокупности.

Колебания продолжительности маневровых операций приводят к отклонениям коэффициента загрузки локомотивов в маневровой работе на станции, которые могут быть рассчитаны по формуле

$$\sigma_{k_{ман ст}^{эф}} = \frac{1}{(\sum i_{ман ст}^{раб} \cdot k_n \cdot \alpha_{вр})} \sqrt{\sum D_{i_{техн}} \cdot n^2}, \quad (8)$$

где n — количество отдельных маневровых операций.

Границы коэффициента загрузки локомотивов в маневровой работе на станции могут быть определены по правилу трех сигм: все данные с вероятностью 0,997 находятся в пределах $\pm 3\sigma$ (формула 7) от выборочного среднего (формула 3).

Порядок расчета границ коэффициента загрузки локомотивов в маневровой работе на станции изложен на примере трех типичных станций (сортировочной, пассажирской и грузовой) сети ОАО «РЖД».

Расчет границ коэффициента загрузки локомотивов по сортировочной станции

В результате анализа Типового технологического процесса работы сортировочной станции [9] и Технологического процесса работы выбранной по согласованию с ОАО «РЖД» опорной сортировочной станции сети выделены маневровые операции, приведенные в табл. 1 и 2. Время начала и конца маневровых операций получено по данным хронометражных наблюдений на станции.

В результате обработки эмпирических данных с использованием прикладной программы Статистика (Statistica) получены теоретические кривые распределения вероятности продолжительности маневровых операций (табл. 3; рис. 1), рассчитаны и сведены в табл. 2, 3 их выборочное среднее, выборочная дисперсия, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации. Кроме того, в таблице указана продолжительность выполнения маневровой операции по Технологическому процессу станции.

Из данных табл. 1 и 2 видно, что расхождение продолжительности маневровых операций по Технологическому процессу работы станции и рассчитанной по эмпирическим данным

незначительное, поэтому для расчета коэффициента загрузки локомотивов в маневровой работе на сортировочной станции без потерь качества расчетов могут быть приняты значения технологического времени выполнения операций.

В результате расчетов по данным суточного плана-графика сортировочной станции коэффициент эффективности использования локомотивов в маневровой работе для нечетной системы станции составит:

$$k_{ман ст}^{эф} = \frac{86 \cdot 22 + 59 \cdot 43 + 12 \cdot 66 + 15 \cdot 66 + 5 \cdot 20 + 15 \cdot 46 + 40 \cdot 2 + 240}{1440 \cdot 7,375 \cdot 0,97 \cdot 0,97} = 0,73.$$

Его отклонения от среднего

$$\sigma_{k_{ман ст}^{эф}} = \frac{\sqrt{16,21 \cdot 22^2 + 7,22 \cdot 43^2 + 8,51 \cdot 66^2 + 1,45 \cdot 66^2 + 3,87 \cdot 20^2 + 3,97 \cdot 46^2 + 3,7 \cdot 2^2}}{1440 \cdot 7,375 \cdot 0,97 \cdot 0,97} = 0,027$$

Аналогично для четной системы станции $k_{ман ст}^{эф} = 0,71$.

Его отклонения от среднего $\sigma_{k_{ман ст}^{эф}} = 0,025$.

Границы коэффициента загрузки локомотивов в маневровой работе на станции составят $\pm 3 \sigma_{k_{ман ст}^{эф}} = 0,077 (\pm 11 \%)$.

После анализа влияния неравномерности маневровой работы сортировочной станции на величину коэффициента загрузки маневровых локомотивов установлено, что отклонение расчетного значения не превышает 15 % от его фактического значения. Полученный результат может быть использован при установлении контрольных нормативов минимальной и максимальной границ показателя загрузки локомотивов маневрового движения, используемых на технических станциях.

Расчет границ коэффициента загрузки локомотивов по пассажирской и грузовой станциям

Аналогично анализу по сортировочной станции были проведены хронометражные наблюдения и исследования на выбранных по согласованию с ОАО «РЖД» пассажирской и грузовой станциях.

Коэффициент загрузки локомотивов в маневровой работе на пассажирской станции $k_{ман ст}^{эф} = 0,44$.

Его отклонения от среднего $\sigma_{k_{ман ст}^{эф}} = 0,008$.

Границы коэффициента загрузки локомотивов в маневровой работе на станции составят $\pm 3 \sigma_{k_{ман ст}^{эф}} = 0,025 (\pm 6 \%)$.

Для пассажирской станции отклонение величины коэффициента загрузки локомотивов в маневровой работе составляет не более $\pm 10 \%$ от его расчетного значения. Полученный результат может быть использован при установлении контрольных нормативов минимальной и максимальной границ показателя загрузки локомотивов маневрового движения, используемых на пассажирских станциях.

Коэффициент загрузки локомотивов в маневровой работе на грузовой станции $k_{ман ст}^{эф} = 0,71$.

Его отклонения от среднего $\sigma_{k_{ман ст}^{эф}} = 0,005$.

Границы коэффициента загрузки локомотивов в маневровой работе на станции составили $\pm 3 \sigma_{k_{ман ст}^{эф}} = 0,015 (\pm 3 \%)$.

Таким образом, для рассмотренной грузовой станции отклонение величины коэффициента загрузки локомотивов

Таблица 1. Параметры распределения продолжительности отдельных маневровых операций. Нечетная система станции

№ п/п	Наименование маневровой операции	$t_{\text{тех}}$	t	D_t^*	σ_t^*	V_t
1	Расформирование составов для вагонов, которые не допускается распускать с горки	86	85,43	16,21	4,03	0,05
2	Расформирование составов с горки (заезд локомотива, раскрепление состава, надвиг, роспуск, окончание формирования и осаживание, следование резервом)	59	59,39	7,22	2,69	0,05
3	Окончание формирования с сортировочной горки (осаживание и формирование перед выставлением)	12	10,44	8,51	2,92	0,28
4	Перестановка состава или группы вагонов с пути на путь, из парка в парк	15	14,75	1,45	1,21	0,08
5	Окончание формирования одногруппного состава при накоплении вагонов на одном пути	5	6,17	3,87	1,97	0,32
6	Окончание формирования одногруппного или двухгруппного состава с использованием двух путей для накопления вагонов	15	14,65	3,97	1,99	0,14
7	Окончание формирования многогруппного (сборного) состава на вытяжных путях при накоплении вагонов на одном пути	40	39,12	3,70	1,92	0,05

Таблица 2. Параметры распределения продолжительности отдельных маневровых операций. Чётная система станции

№ п/п	Наименование маневровой операции	$t_{\text{тех}}$	t	D_t^*	σ_t^*	V_t
1	Расформирование составов для вагонов, которые не допускается распускать с горки	84	83,47	5,88	2,42	0,03
2	Расформирование составов с горки (заезд локомотива, раскрепление состава, надвиг, роспуск, окончание формирования и осаживание, следование резервом)	54	53,01	23,81	4,88	0,09
3	Окончание формирования с сортировочной горки (осаживание и формирование перед выставлением)	5	5,18	3,23	1,80	0,35
4	Перестановка состава или группы вагонов с пути на путь, из парка в парк	17	17,44	3,86	1,97	0,11
5	Окончание формирования одногруппного состава при накоплении вагонов на одном пути	5	4,82	1,90	1,38	0,29
6	Окончание формирования одногруппного или двухгруппного состава с использованием двух путей для накопления вагонов	11	0,17	0,17	0,17	0,17
7	Окончание формирования многогруппного (сборного) состава на вытяжных путях при накоплении вагонов на одном пути	40	35,38	97,36	9,87	0,28

Таблица 3. Эмпирический ряд распределения продолжительности окончания формирования одногруппного или двухгруппного состава с использованием двух путей для накопления вагонов на сортировочной станции

№ п/п	Величина интервала, t_i	Среднее значение \bar{t} в интервале	Число наблюдений, h_i	Эмпирическая вероятность p_i^*	$\bar{t}_i \cdot p_i^*$	$\bar{t}_i^2 \cdot p_i^*$
1	9,01–0375	9,69	5	0,018	0,175	1,700
2	10,375–11,75	11,06	12	0,043	0,481	5,321
3	11,75–13,125	12,44	45	0,163	2,028	25,221
4	13,125–14,5	13,81	66	0,239	3,303	45,623
5	14,5–15,875	15,19	78	0,283	4,292	65,187
6	15,875–17,25	16,56	41	0,149	2,460	40,750
7	17,25–18,625	17,94	23	0,083	1,495	26,813
8	18,625–20,0	19,31	6	0,022	0,420	8,108
Итого:			276	1	14,65	218,72

в маневровой работе от его расчетного значения составило не более $\pm 3\%$. Однако следует учесть, что вследствие большого перечня выполняемых маневровых опе-

раций при относительно небольшом их общем количестве использованная в исследовании выборка по грузовой станции недостаточно репрезентативна, чтобы

можно было предложить однозначные рекомендации для всех грузовых станций сети. На данном этапе выяснено, что при установлении контрольных значений

коэффициента загрузки маневровых локомотивов на грузовых станциях целесообразно учитывать возможное отклонение его величины от расчетных значений, как и на сортировочных станциях, в пределах $\pm 15\%$.

Основные выводы

Для расчета коэффициента загрузки локомотивов, специально выделенных для маневровой работы на станции, обоснованно могут быть использованы нормируемые значения технологического времени выполнения маневровых операций.

Расхождение фактической продолжительности отдельных маневровых операций с расчетной по Технологическому процессу работы незначительное для всех рассмотренных типов станций: сортировочной (технической), пассажирской и грузовой.

Параметры распределения продолжительности отдельных маневровых операций целесообразно либо устанавливать порядком, изложенным в настоящей статье на примере технической, пассажирской и грузовой станций, либо принимать по значениям, рекомендуемым на основании обработанной статистики маневровой работы.

Специфика выполнения маневровой работы зависит прежде всего от типа станции, и отклонения фактического значения коэффициента загрузки локомотивов в маневровой работе от расчетного будут находиться в следующих пределах

- для сортировочных станций $\pm 15\%$;
- для пассажирских станций $\pm 10\%$;
- для грузовых станций $\pm 15\%$.

Результаты исследования, приведенные в настоящей статье, использованы при разработке «Методики оценки и контроля эффективности использования локомотивов маневрового движения» [10], утвержденной ОАО «РЖД» в декабре 2017 г.

Литература

1. Инструкция по учету локомотивов: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 29 октября 2012 г. № 2155р.
2. Методические указания по формированию показателей наличия, состояния и использования локомотивов: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 27 октября 2013 г. № 2906р.
3. Методика по определению потребных парков локомотивов для освоения прогнозируемых объемов перевозок грузов и пассажиров на долгосрочную перспективу: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 7 октября 2015 г. № 2393р.

4. Методика тяговых расчетов для маневровой работы: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 30 января 2017 г. № 181р.
5. ГОСТ Р 56046–2014. Показатели использования локомотивов. Термины и определения: утв. и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 июня 2014 г. № 661-ст.
6. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 16 ноября 2010 г. № 128.
7. Нормы времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожных станциях ОАО «РЖД», нормативы численности бригад маневровых локомотивов: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 08 февраля 2007 г. М.: Техинформ, 100 с.
8. Венцель Е. С. Теория вероятностей. М.: Высш. школа, 2001. 575 с.
9. Типовой технологический процесс работы сортировочной станции ОАО «РЖД»: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 11 декабря 2014 г. № 2927 р.
10. Методика оценки и контроля эффективности использования локомотивов маневрового движения: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 01 декабря 2017 г. № 2485/р.

ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПОРТАЛ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

Портал **ROSTRANSPO.COM** – это информационная площадка для встречи специалистов транспорта.

Пишите, и Ваше мнение узнает вся транспортная Россия.

