

А. И. ВЕРЛАН (ООО Трансинвестсервис), Н. И. БЕРЕЗОВЫЙ, Р. В. ВЕРНИГОРА, А. М. ШЕПЕТА (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна)

## К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА РАБОЧЕГО ПАРКА МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ ПОДЪЕЗДНОГО ПУТИ

Виконано критичний аналіз існуючих методик визначення робочого парку маневрових локомотивів під'їзних колій. Наведено результати розрахунків робочого парку локомотивів для одного з великих портів України з використанням різних методик.

*Ключові слова:* локомотив, під'їзна колія, маневрова робота, вагонопотік, вантажопотік.

Выполнен критический анализ существующих методик определения рабочего парка маневровых локомотивов подъездного пути. Приведены результаты расчетов рабочего парка локомотивов для одного из крупных портов Украины с использованием различных методик.

*Ключевые слова:* локомотив, подъездной путь, маневровая работа, вагонопоток, грузопоток.

It is analyzed existing techniques of definition of working park of shunting locomotives of an access road. Results of calculations of working park of locomotives for one of the large ports of Ukraine with use of various techniques are given.

*Key words:* locomotive, access road, shunting work, traffic volume, freight traffic.

### Введение

Одним из направлений снижения себестоимости продукции промышленных предприятий и повышения ее рентабельности является сокращение транспортной составляющей на всем пути перемещения продукции, включая транспортировку в процессе производства. Особенно это характерно для предприятий, процесс функционирования которых зависит от эффективности работы железнодорожного транспорта соответствующего подъездного пути.

Одной из статей расходов таких промышленных предприятий являются расходы, связанные с эксплуатацией собственных маневровых локомотивов. В этой связи установление рационального количества маневровых средств для промышленного предприятия и соответствующих им расходов является одним из путей повышения конкурентоспособности продукции в условиях рыночных отношений.

В настоящее время парк локомотивов подъездных путей Украины состоит из тепловозов, число которых составляет порядка 1500 машин различных типов, от трехосных тепловозов ТГМ23 до восьмиосных ТЭМ7 [1]. На некоторых предприятиях и морских портах для выполнения технологических маневровых передвижений (как правило, это перемещение вагонов в

процессе грузовых операций) используются электрические толкатели и промышленные электровозы, количество которых в Украине, однако, крайне незначительно.

Инвентарный парк тепловозов предприятий также колеблется в очень широких пределах – от одного до порядка 190 единиц (Арселор Миттал Кривой Рог)

Как известно, понятие «рабочий парк» применяется к локомотивам, фактически находящимся в работе. Понятие «инвентарный парк» применяется ко всем локомотивам предприятия, с учетом находящихся в ремонте и запасе. Далее в статье рассмотрены методики определения именно рабочего парка локомотивов.

Инвентарный парк локомотивов в соответствии с [2] определяется по формуле:

$$M_{и} = M_{р} k_{л},$$

где  $M_{р}$  – рабочий парк локомотивов;

$k_{л}$  – коэффициент, учитывающий число локомотивов, находящихся в ремонте и запасе;  $k_{л}$  зависит от значительного количества факторов, специфичных для различных предприятий, таких как:

- степень износа эксплуатируемых локомотивов;

- величина межремонтных интервалов и продолжительность ремонтов;
- наличие на подъездном пути локомотивного депо и виды выполняемых ремонтов;
- возможность замещения локомотивов предприятия локомотивами железной дороги и т.д.

#### **Анализ методик определения рабочего парка локомотивов подъездного пути**

**Методика 1 – определение числа локомотивов по среднегодовой производительности одного локомотива.** Данная методика предусматривает для расчета рабочего парка локомотивов использование усредненных отраслевых показателей производительности локомотивов рабочего парка [3, 4]. При этом годовая производительность для различных грузов и локомотивов различной мощности составляет:

- 500-700 тыс. т/год для зерновых и химических грузов;
- 1000-1300 тыс. т/год для угля и рудных грузов;
- 900-1200 тыс. т/год для грузов в крупнотоннажных контейнерах.

Однако анализ эксплуатационной работы промышленных предприятий показал, что фактическая годовая производительность локомотивов при переработке вагонопотока с указанными грузами колеблется в широком диапазоне от 100 тысяч тонн до 1200 тысяч тонн и более.

Объясняются эти колебания влиянием многочисленных факторов, к основным из которых можно отнести:

- объём перевозок грузов промышленного предприятия и широта номенклатуры грузов по прибытию и отправлению;
- степень маршрутизации перевозок грузов;
- общая длина путевого развития промышленного предприятия и его плотность;
- наличие на подъездном пути сортировочных устройств для подбора вагонов по грузовым фронтам;
- схема путевого развития промышленного предприятия, количество вытяжных путей, их длина, наличие параллельных маршрутов и их количество;
- количество грузовых фронтов, их характеристика, объём переработки грузов;
- система управления передвижениями на подъездном пути (электрическая централизация стрелок и сигналов; посты местного управления маневрами; ручной перевод стрелок)

- неравномерность прибытия и отправления грузов;
- характер грузовой работы (коэффициент двояких операций, статическая нагрузка вагона).

Необходимость учета перечисленных выше факторов ставит под сомнение целесообразность использования данной методики на практике для отдельно взятого предприятия.

**Методика 2 – определение числа локомотивов по годовому объему перевозок с детализацией.** Данная методика [5] предусматривает детализацию объемов перевозок промышленного предприятия с выделением:

- объема прибывающих грузов;
- объема отправляемых грузов;
- внутризаводских перевозок.

При этом для расчета рабочего парка локомотивов используется следующая формула

$$M_p = \frac{\Gamma_n k_n + \Gamma_o k_o + \Gamma_b k_b}{ABS},$$

где  $\Gamma_n, \Gamma_o, \Gamma_b$  – соответственно, годовой объем прибывающих, отправляемых грузов и внутризаводских перевозок, тыс. т;

$k_n, k_o, k_b$  – соответственно, коэффициенты неравномерности по прибытию, отправлению грузов и внутризаводских перевозок;

$A$  – продолжительность работы локомотива на протяжении суток, час;

$B$  – перерабатывающая способность маневрового локомотива, т/лок. час;

$S$  – количество суток в расчетном году.

Недостатком данной методики, аналогично предыдущей, является сложность адекватного определения перерабатывающей способности маневрового локомотива.

При этом, следует отметить, что использование в рассмотренных выше методиках отчетных данных для определения фактической перерабатывающей способности маневрового локомотива не может быть достаточным основанием, позволяющим определить рациональный рабочий парк локомотивов подъездного пути.

**Методика 3 – определение числа локомотивов с учетом годового объема перевозок и развернутой длины железнодорожных путей подъездного пути.** Данная методика [6] предусматривает для расчета рабочего парка локомотивов использование регрессионной модели, полученной путем проведения факторного эксперимента.

Согласно этой методики потребность в локомотивах для выполнения маневровых, вывозных и хозяйственных работ, за исключением специальных перевозок (использование локомотивов для перемещения вагонов в процессе грузовых операций), определяется по формуле:

$$M_p = 0,992B - 0,0091B^2 + 0,045L_{\text{п}} + 0,00012L_{\text{п}}^2,$$

где  $B$  – годовой объем перевозок, млн. т;

$L_{\text{п}}$  – развернутая длина путей подъездного пути, км.

Однако проверка данной формулы на ряде подъездных путей показала получение завышенных, по сравнению с фактическими, значений рабочего парка локомотивов.

Как показывает анализ работы предприятий и морских портов, это объясняется отсутствием во многих случаях прямой связи между объемами перевозок и развернутой длиной железнодорожного подъездного пути ввиду замкнутости маршрутов следования грузов различной номенклатуры и локализации работы локомотивов в отдельных маневровых районах.

**Методика 4 – аналитический расчет рабочего парка локомотивов.** В соответствии с [7] рабочий парк локомотивов определяется по формуле:

$$M_p = \frac{\sum T_{\text{ман}}}{(1440 \cdot \alpha_c - \sum t_{\text{пост}}) \cdot \gamma_{\text{л}}}, \quad (1)$$

где  $\sum T_{\text{ман}}$  – среднесуточный объем маневровой работы, который выражен нормативной затратой локомотиво-минут;

$\alpha_c$  – коэффициент, который учитывает возможные перерывы в использовании локомотива из-за враждебности маршрутов ( $\alpha_c = 0,93 \dots 0,96$ );

$\sum t_{\text{пост}}$  – простой маневрового локомотива, связанный с пересменой локомотивных бригад и его экипировкой ( $\sum t_{\text{пост}} = 60 \dots 120$  мин);

$\gamma_{\text{л}}$  – средний коэффициент использования локомотивов; в соответствии с данными [7]  $\gamma_{\text{л}}$  должен находиться в диапазоне  $0,4 \leq \gamma_{\text{л}} \leq 0,85$ .

Чем больше значение  $\gamma_{\text{л}}$  по сравнению с минимальным, тем больше простои вагонов на подъездном пути в ожидании: расформирования; подачи вагонов на грузовые фронты; уборки вагонов с грузовых фронтов. Так, по данным [7] на грузовых станциях:

– простой вагонов в ожидании расформирования при  $\gamma_{\text{л}} = 0,5$  составляет 2 мин; при  $\gamma_{\text{л}} = 0,85$  – 29 мин;

– простой вагонов в ожидании подачи на грузовые фронты и уборки с грузовых фронтов при  $\gamma_{\text{л}} = 0,5$  составляет 3 мин; при  $\gamma_{\text{л}} = 0,85$  – 175 мин.

Таким образом, увеличение  $\gamma_{\text{л}}$  в пределах допустимого значения вызывает уменьшение рабочего парка локомотивов с одной стороны, а с другой – приводит к увеличению простоя вагонов на подъездном пути.

В то же время минимальное значение  $\gamma_{\text{л}}$  требует максимального количества маневровых локомотивов, эффективное использование которых в реальных условиях подъездного пути может быть затруднено.

Кроме этого, в некоторых случаях, объем маневровой работы необходимо определять путем проведения хронометражных наблюдений продолжительности отдельных операций для получения их адекватной оценки.

В расчетах, выполненных в статье по данной методике, был использован коэффициент загрузки маневровых локомотивов равный 0,75.

**Методика 5 – определение рабочего парка локомотивов из условий закрепления их за грузовыми фронтами и видами маневровых работ.** Методика закрепления локомотивов за

грузовыми фронтами является наиболее целесообразной при значительных коэффициентах использования перерабатывающей способности грузовых фронтов. Использование этой методики должно способствовать ликвидации любых непроизводительных простоев грузовых фронтов, связанных с отсутствием в данный момент времени свободных маневровых локомотивов. Такие простои, в свою очередь, могут повлечь за собой уменьшение объемов переработки грузов и, как следствие, невыполнение плана выгрузки (погрузки), увеличение времени нахождения вагонов на подъездном пути, простои поездов в ожидании их приема на подъездной путь и т.д.

Ниже приведен пример использования такой методики для определения рабочего парка локомотивов для одного из крупных морских портов Украины. В данном порту по прибытию и по отправлению перерабатываются различные грузы, следующие в специальном и универсальном подвижном составе. Основными

грузовыми фронтами порта являются следующие:

- два вагоноопрокидывателя для сыпучих грузов, оснащенных гаражами для размораживания грузов;

- две станции выгрузки химических грузов в подвагонные бункера, оснащенные конвейерами;

- две станции выгрузки зерновых грузов в подвагонные бункера, оснащенные конвейерами;

- пункт выгрузки металлопродукции, оснащенный козловыми кранами;

- станция погрузки сыпучих грузов, оснащенная передвижной вагонопогрузочной машиной со сбрасывающей тележкой.

Технология обработки вагонов зависит от рода груза и от технического оснащения грузового фронта, на котором выполняются грузовые операции. Маневровые операции с вагонами в адрес различных грузовых фронтов в основном локализованы в отдельных маневровых районах и выполняются таким образом, чтобы обеспечить установленный план выгрузки (погрузки).

Определение рабочего парка локомотивов выполнено при расчетной загрузке грузовых фронтов равной 0,78...0,82. Расчетный суточный объем переработки каждого грузового фронта был определен путем анализа отчетных данных за 2011 год [8] и плановых перспективных объемов работы порта.

Продолжительность грузовых и других технических операций была установлена путем хронометражных наблюдений и последующей обработки полученных данных.

Предварительные данные о загрузке маневровых локомотивов, полученные с помощью формулы (1), были использованы при разработке их специализации с учетом мощности локомотивов и характера маневровой работы (с груженым и порожним вагонопотоком).

С использованием полученных данных была разработана предварительная специализация маневровых тепловозов подъездного пути порта:

- по два локомотива обслуживают вагоноопрокидыватели № 1 и № 2;

- три локомотива обслуживают фронты выгрузки зерна и задействованы на расформировании передаточных поездов с зерновыми грузами;

- два локомотива обслуживают фронты выгрузки минеральных удобрений и задействованы на расформировании передаточных поездов с минеральными удобрениями;

- три локомотива обслуживают комплекс погрузки сыпучих грузов;

- два локомотива для уборки вагонов с углем и рудными грузами с путей приемоотправочного парка на пути «угольного» и «рудного» парков и выставки обработанных вагонов с этих парков на приемоотправочные пути;

- один локомотив для обслуживания грузового фронта выгрузки металлопродукции

Однако в дальнейшем, для оценки работоспособности порта были построены суточные планы-графики с использованием программного комплекса имитационного моделирования железнодорожных станций [9]. С их помощью были внесены коррективы в специализацию маневровых локомотивов порта и их возможное вариантное использование в различных оперативных условиях.

Кроме этого, были выявлены «узкие места» в путевом развитии порта и разработаны организационно-технические мероприятия по усовершенствованию технологии поездной и маневровой работы, а также схемы путевого развития.

Данная методика позволила уточнить дополнительную загрузку маневровых локомотивов, возникающую в связи с ожиданием выполнения определенных операций из-за враждебности маршрутов движения, необходимости выдерживать график подач и уборок вагонов на грузовые фронты и т.д. Особенно сильно влияние этого фактора для наиболее загруженных элементов путевого развития порта, когда маневровый локомотив находится в ожидании освобождения такого путевого или стрелочного участка и является фактически занятым, не выполняя при этом никакой работы.

### **Результаты расчетов рабочего парка локомотивов морского порта с использованием различных методик**

Для оценки точности рассмотренных в данной статье методик с помощью каждой из них был определен рабочий парк маневровых локомотивов одного из крупных черноморских портов Украины. При этом рассмотрены три варианта работы подъездного пути порта, характеризующиеся различными перспективными объемами переработки грузов в порту. Результаты

расчетов рабочего парка маневровых локомотивов порта приведены в табл. 1.

Анализ табл. 1 показывает, что результаты расчета рабочего парка маневровых локомотивов, полученные с использованием различных методик, могут иметь разброс, который превышает 100 %. В настоящее время объемы грузовой переработки в рассматриваемом морском порту соответствуют объемам работы, принятым в варианте 3 (табл. 1). Фактический рабочий парк локомотивов порта при этом составляет 20 тепловозов. По расчетам с использованием методики закрепления локомотивов за грузовыми фронтами и видами маневровой работы с построением суточных планов-графиков (методика 5) рабочий парк составил – 19 единиц, т.е. разница составляет около 5 %, что может быть основанием к утверждению об адекватности данной методики и целесообразности ее применения для подобных расчетов.

Таблица 1

**Определение рабочего парка локомотивов морского порта по различным методикам**

№ п/п	Методика	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
1	По годовой производительности локомотива	33	28	26
2	По годовому объему перевозок с детализацией	31	25	24
3	С учетом годового объема перевозок и развернутой длины путей	25	23	22
4	Аналитический расчет	12	11	10
5	По закреплению за грузовыми фронтами с построением суточных планов-графиков	19	18	18

**Выводы**

Выбор наиболее адекватной методики расчета рабочего парка локомотивов является достаточно сложным вопросом. Существующие методики расчета дают результаты, которые могут отличаться друг от друга на 100 % и более. Это свидетельствует о том, что большинство методик не учитывают специфику работы конкретного подъездного пути и дают очень приближенные результаты и могут быть применимы только для сравнительно небольших предприятий. Выполненные на ряде предприятий исследования показали, что наиболее адекватной и отвечающей реальным условиям экс-

плуатации подъездных путей является методика, предполагающая закрепление маневровых локомотивов за видами работ и грузовыми фронтами с последующей проверкой их специализации на основе суточных планов-графиков. Указанная методика позволяет максимально учесть технологию работы конкретного подъездного пути, выполнить анализ фактической загрузки маневровых локомотивов, определить наиболее рациональное их количество. Результаты использования данной методики на ряде подъездных путей подтвердили ее эффективность.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Транспорт і зв'язок України – 2010 [Текст]: Статистичний збірник – К.: Державна служба статистики, 2011. – 267 с.
2. Справочник проектировщика. Промышленный транспорт [Текст] – М.: Стройиздат, 1984. – 412 с.
3. Расчет себестоимости комплекса железнодорожных услуг, выполняемых железнодорожным управлением ООО «ТИС» на станции Химическая [Текст]: отчет о НИР. – К.: ООО «ПРОМТРАНС», 2010.
4. Технические средства транспорта в металлургии [Текст] – М.: Металлургия, 1980. – 532 с.
5. Рябинский, Б. Я. Планирование и экономика металлургических заводов [Текст] / Б. Я. Рябинский // – М.: Металлургиздат, 1963. – 754 с.
6. Гагин, Л. Ф. Эксплуатация локомотивов и тяговых агрегатов. Промышленный транспорт. [Текст]: методические указания / Л. Ф. Гагин // Вид-во Дніпропетр. нац. унт-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2005.
7. Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті [Текст] – К.: Укрзалізниця, 2003.
8. Вернигора, Р.В. Анализ неравномерности грузовых перевозок на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте [Текст] / Р. В. Вернигора, Н. И. Березовый // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 2/3(56). – С. 62-67.
9. Козаченко, Д. М. Програмний комплекс для імітаційного моделювання роботи залізничних станцій на основі добового плану-графіку [Текст] / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, Р. Г. Коробйова // Залізн. трансп. України. – 2008. – № 4. – с. 18-20.

Поступила в редколлегию 03.08.2012.

Принята к печати 05.08.2012.