



Расчет расходов и себестоимости перевозок по поездо-участкам



Светлана ИНОЗЕМЦЕВА

Svetlana M. INOZEMTSEVA

Calculation of Expenditure and Net Cost of Transportation per Train Sections

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 131)

В статье с экономической точки зрения изложены краткая история создания и особенности эксплуатации Малого кольца Московской железной дороги. Рассмотрены методические вопросы, касающиеся определения расходов и себестоимости перевозок по поездо-участкам со смешанной организацией грузовых и пассажирских сообщений. Предлагаемая методика учитывает действующий порядок учета по укрупненным видам работ, отраслевым хозяйствам и тарифным составляющим. Приводится экономическая оценка влияния качественных показателей подвижного состава на себестоимость перевозок грузов по Малому кольцу на выделенном пути, в том числе при переходе с тепловозной на электровозную тягу.

Ключевые слова: железная дорога, экономика, методика расчета, эксплуатационные расходы, грузовые перевозки, себестоимость перевозок, тарифные составляющие, зависящие расходы, условно-постоянные расходы, поездо-участки.

Иноземцева Светлана Михайловна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и управление на транспорте» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Реализация комплексного проекта «Реконструкция и развитие Малого кольца Московской железной дороги» тесно связана с растущей загрузкой Московского транспортного узла, который сегодня полностью исчерпал резервы пропускной способности. При этом сохраняется проблема грузового движения по кольцу, обусловленная примыканием к нему подъездных путей большинства крупных городских предприятий, в том числе ТЭЦ.

1.

Из истории Малого кольца Московской железной дороги. В 1870 году инженером путей сообщения А. Н. Гончарковым был разработан «Проект устройства паровой железной дороги вокруг Москвы». Строительство началось спустя 33 года и активно осуществлялось несмотря на финансовые сложности, войну с Японией, революционные события 1905 года. Главной экономической выгодой строительства Окружной железной дороги являлось снижение стоимости перевозок грузов и пассажиров, поддержка действующих в ее зоне фабрик и заводов, а также создание новых

предприятий на окраинах города, развитие внутригородских путей сообщения [2, с. 42–43].

Затем решением правительственной комиссии прежний вариант сменил проект инженера П. И. Рашевского, благодаря которому появилась уникальная для тех лет железнодорожная инфраструктура. Было построено шесть крупных мостов через реки Москву, Язу, Лихоборку. Регулярное грузовое и пассажирское движение по кольцу открыли в 1908 году. Протяженность маршрута составляла 54 км (с учетом соединительных веток – 65,7 км), линия проходила по городским окраинам и была связана с 11 радиальными направлениями Московской железной дороги. Пассажиров и грузоотправителей обслуживали 14 станций [3, с. 25].

К 1930 году рентабельность пассажирских перевозок на Окружной значительно снизилась в связи с расширением сети городского транспорта (автобусов, трамваев и др.), и пассажирское движение на дороге было прекращено. При этом грузовое значительно возросло. Количество транзитных грузов особенно увеличилось в 1956 году после ввода в эксплуатацию тепловозов.

Целью нынешнего проекта МК МЖД стала прежде всего адаптация существующей уже более ста лет железнодорожной инфраструктуры под пассажирское движение. До начала реконструкции кольцо предназначалось для грузовых перевозок, действовало всего 12 станций. Железнодорожная инфраструктура (мосты, станции и другие инженерные сооружения) находилась в рабочем состоянии, хотя при этом пассажирская ее часть полностью отсутствовала [4, с. 58–59].

В феврале 2010 года ЗАО «Интегрированные транспортные системы» разработало первый вариант бизнес-плана и технико-экономическое обоснование [5, с. 17] программ реконструкции. На следующий год правительство Москвы и ОАО «РЖД» приступили к реализации комплексного инвестиционного проекта МК МЖД, а в июне было учреждено ОАО «Московская кольцевая железная дорога» (50% акций принадлежит ОАО «РЖД» и 50% – правительству Москвы) [6, с. 11].

В 2012 году развернутая длина кольца составляла 178,2 км, к станциям примыкал 131 подъездной путь, на которых обслуживалось 159 предприятий. В среднем за год на линии выгружались примерно 90 тыс. вагонов, среднесуточная грузовая работа составляла 325 вагонов [3, с. 26].

Несмотря на то, что городские пассажирские перевозки железнодорожным транспортом оставляют основным видом бизнеса, на МК сохраняется смешанная система организации городских пассажирских перевозок (моторвагонная тяга) с выходом на проектную мощность до 100 пар поездов в сутки и небольшого объема грузовых перевозок на специальном выделенном пути.

До начала реконструкции железнодорожная линия Малого кольца была двухпутная неэлектрифицированная, оборудована автоблокировкой, пересекала 10 радиальных направлений, соединяющих Москву с различными регионами России. На всем протяжении МК находились рельсы типа Р-65 на железобетонных шпалах со щебеночным балластом. Движение поездов осуществлялось тепловозами депо Лихоборы. Максимальная скорость составляла до 80 км/ч.

Малое кольцо использовалось преимущественно для перераспределения грузовых потоков посредством четырех сортировочных станций (Люблино, Перово, Лосиноостровская, Ховрино), а также для обслуживания московских предприятий, тяготеющих к нему.

Кроме погрузки и выгрузки станции кольца обеспечивали пропуск грузов в транзитном сообщении между отдельными радиальными направлениями Московского железнодорожного узла. Объемы транзитного потока были порядка 5–6 млн тонн в год.

Технология организации грузового движения предусматривает до 40 пар поездов в сутки. При этом необходимо различать и учитывать наличную и потребную пропускные способности. Наличная для Малого кольца – это максимальные размеры движения, которые могут быть реализованы, а потребная пропускная способность составляет в зависимости от участка линии до 28 пар поездов в сутки.



Таблица 1

**Коэффициенты корректировки на
локомотиво-км и локомотиво-час**

Наименование	2М62У	ВЛ-10, ВЛ-11
Локомотиво-км	0,91	1,02
Локомотиво-час	1,02	0,95

Концепция проекта МК МЖД предусматривает электрификацию всей трассы, что станет несомненным фактором улучшения экологической обстановки в Москве.

2.

Рассмотрим общие положения методики определения эксплуатационных расходов и себестоимости перевозок по участкам Малого кольца. Метод расходных ставок, основанный на зависимости расходов от объема работы, выраженного в различных измерителях, является одним из основных в расчетах. Расходные ставки – это зависящие расходы, приходящиеся на единицу измерителя. Расчет себестоимости перевозок методом расходных ставок состоит из предварительной (непосредственный расчет ставок) и основной работы (расчет эксплуатационных расходов и себестоимости перевозок).

Общая формула для определения расходной ставки следующая:

$$e_i = \frac{\sum_j E_{ij} + \sum_j (3_{ij} \cdot K)}{I_i}.$$

где e_i – расходная ставка на i -й измеритель, руб.;

E_{ij} – основные зависящие расходы по j -й статье, отнесенные на i -й измеритель, руб.;

3_{ij} – фонд оплаты труда по j -й статье, руб.;

K – размер начислений на фонд оплаты труда общепроизводственных расходов, доля ед.

I_i – величина i -го измерителя, ед.

Основная работа заключается в следующем:

– устанавливается перечень и рассчитываются затраты каждого калькуляционного измерителя на выполнение перевозок на выбранный их объем (например, 1000 ткм, 1000 пассажиро-км, 1 тонна, 1 вагон и т. д.);

– расходные ставки умножаются на соответствующие калькуляционные измерители и рассчитывается величина зависящих расходов;

– условно-постоянные расходы определяют либо на единицу перевозок, либо в процентах к зависящим расходам;

– суммируют зависящие расходы и условно-постоянные, и таким образом определяют общую величину эксплуатационных расходов;

– себестоимость перевозок находят делением общей суммы расходов на объем перевозок (ткм, пасс-км и т. д.)

Формула расчета общей величины расходов по перевозкам грузов или пассажиров методом расходных ставок:

$$E = \sum_i (e_i \cdot I_i) + E_{\text{уп}},$$

где $E_{\text{уп}}$ – условно-постоянные расходы, приходящиеся на перевозки.

Выбор калькуляционных измерителей и установление связи с ними имеет большое значение, от него зависят точность и достоверность результатов расчета. Однако это сложная и трудоемкая работа, так как производственный процесс на железнодорожном транспорте является многоплановым и разнообразным, а отсюда и многовариантный характер связи расходов с измерителями.

Чтобы установить такую систему взаимосвязи расходов и измерителей, которая достаточно точно отражала бы влияние на себестоимость работы железнодорожного транспорта, применяют различные методы логического анализа, математико-статистические методы с проверкой путем исследования корреляционной зависимости между предлагаемым измерителем и расходами на основе данных отдельных дорог за один и тот же год.

Система калькуляционных измерителей отражает все элементы технологического процесса:

– пробеги вагонов, локомотивов, поездов по видам движения и типам тяги;

– время, затраченное на выполнение работы, простой подвижного состава;

– труд бригад при обслуживании локомотивов;

– прием и отправление грузов;

– обслуживание пассажиров на вокзалах и станциях [7].

**Методика расчета затрат по поездо-участкам, зависящих от
объема перевозок на 1000 ткм нетто**

Измеритель	Расходная ставка –е	Формула расчета величины измерителя	Условные обозначения
Вагоно-км	e_{nS}	$nS = \frac{1000 \cdot (1 + \alpha_{пор}^{сп})}{P_{дин}^{сп}}$	$P_{дин}^{сп}$ – динамическая нагрузка груженого вагона $\alpha_{пор}^{сп}$ – коэффициент, учитывающий процент порожнего пробега к груженому
Бригадо-час поезда бригад	e_{NH}	$NH = \frac{NS_{сб}}{V_{уч}^{сб}} \cdot k_{н.с.}^n$	$NS_{сб}$ – поездо-километры сборных поездов $V_{уч}^{сб}$ – участковая скорость движения сборного поезда, км/ч, $k_{н.с.}^n$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время работы на прием и сдачу поездов
Локомотиво-км	e_{MS}	$MS = NS \cdot (1 + \beta_{общ})$	$\beta_{общ}$ – коэффициент, учитывающий долю вспомогательного пробега по отношению к пробегу их во главе поездов
Локомотиво-час	e_{MT}	$MT = \frac{MS_{л}}{S_{л}}$	$MS_{л}$ – локомотиво-километры линейного пробега $S_{л}$ – среднесуточный пробег локомотива, км
Бригадо-час локомотивных бригад	e_{Mh}	$Mh = \frac{MS_{л}}{V_{уч}^л} \cdot k_{н.с.}^л$	$MS_{л}$ – локомотиво-километры линейного пробега $V_{уч}^л$ – средневзвешенная участковая скорость движения локомотивов, км/ч, $k_{н.с.}^л$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время, затрачиваемое бригадой в основном депо и пунктах оборота
Тонно-км брутто	e_{Pl}	$Pl_{бр}^л = 1000 + p_l \cdot nS + P_{л} \cdot MS_{лин}$	p_l – вес тары; $P_{л}$ – масса локомотива, т
1 Квт • ч электроэнергии (кг условного топлива)	$e_{Э,т}$	$\mathcal{E}(T) = Pl_{бр}^л \cdot a_{Э} / 10000$	$Pl_{бр}^л$ – тонно-километры брутто; $a_{Э}$ – норма расхода электроэнергии на 10 ⁴ тонно-км брутто, кВт • ч
Грузовая отправка	e_o	$O = \frac{P_{отпр}}{P_o}$	$P_{отпр}$ – отправленные тонны груза; P_o – вес одной отправки
1 час специального маневрового локомотива	$e_{ман}$	$MH_{ман} = 0,00399 + 0,01247 \frac{nS}{1000} + 0,304 N_{н.с.}$	$N_{н.с.}$ – количество погруженных и выгруженных вагонов
Итого зависящих расходов на 1000 ткм ¹	–	–	–

¹ Зависящие расходы определяются как произведение расходной ставки на величину соответствующего измерителя.



Исходной информацией для определения зависящих расходов служат данные отчета формы 7-у за год, где приводится величина эксплуатационных расходов по статьям классификатора расходов, который является частью номенклатуры доходов и расходов субъектов естественных монополий в сфере железнодорожных перевозок (далее — номенклатура), а также по другим признакам классификации расходов [8, 9].

Доля зависящих расходов по отдельным статьям номенклатуры в основном варианте устанавливается методами математической статистики, данные всех железных дорог рассматриваются как характеристики различных стадий развития одного объекта по мере роста объема перевозок.

Современная управленческая отчетность о расходах позволяет детализировать расходные ставки в разрезе укрупненных видов работ. Например, общая расходная ставка на 1 вагоно-км может быть распределена на два укрупненных вида работ: «Оказание услуг по грузовым перевозкам» и «Содержание и эксплуатация инфраструктуры». Себестоимость перевозок может детализоваться по тарифным составляющим.

3.

Теперь о методике определения эксплуатационных расходов и себестоимости грузовых перевозок по поездо-участкам МК МЖД.

В отчетах о расходах Московско-Курского отделения расходы и себестоимость перевозок грузов по Малому кольцу не выделяются.

Эксплуатационные расходы и себестоимость грузовых перевозок могут быть получены расчетными способами на основании использования нормативно-статистической информации.

Эксплуатационные расходы по грузовым перевозкам определяются на 1000 тонно-км нетто. Затраты в части зависящих от размеров движения — по расчетным поездо-участкам методом расходных ставок в направлении «туда» и «обратно».

За расчетный участок приняты поездо-участки Малого кольца, установленные формой ЦО-4 «Отчет о работе и показателях использования подвижного состава по

НОД-1 отделению Московской железной дороги»¹.

Последовательность расчетов себестоимости перевозок грузов по МК МЖД при условиях, характеризующих работу до и после электрификации:

- рассчитанные среднеторговые расходные ставки по видам тяги корректируются в зависимости от используемого типа локомотива (при тепловозной тяге — 2М62У, при электровозной — ВЛ-10 и ВЛ-11), коэффициенты корректировки и скорректированные расходные ставки приведены в таблице 1;

- по каждому поездо-участку определяется объем эксплуатационной работы по измерителям (вагоно-км, вагоно-часы и т. д.) в направлении «туда» и «обратно», приходящийся на 1000 ткм нетто;

- рассчитываются поучастковые эксплуатационные расходы на измерители работы (расходная ставка умножается на величину измерителя);

- поучастковые эксплуатационные расходы, приходящиеся на величину соответствующего измерителя, складываются и определяется общая величина зависящих затрат по участку в направлении «туда» и «обратно»;

- условно-постоянные расходы по поездо-участку фиксируются в процентах к зависящим;

- рассчитываются полные расходы по участкам в направлении «туда» и «обратно»;

- полная себестоимость перевозок грузов, а также в зависящей и условно-постоянной частях, определяется на 10 ткм по каждому поездо-участку в направлении «туда» и «обратно» при тепловозной и электровозной тяге.

Методика расчета зависящих расходов эксплуатационных расходов на 1000 ткм нетто приведена в таблице 2.

4.

На основании прогноза параметров социально-экономического развития России, технической оснащенности и размеров движения, а также организации грузового движения с учетом положений

¹ Данный отчет содержится в электронном виде в Автоматизированной системе интегрированной обработки маршрута машинистов (АС ИОММ).

Таблица 3

Эксплуатационные расходы и себестоимость грузовых перевозок МК МЖД (при условии перехода с тепловозной тяги на электровозную)¹

Вид тяги	Объем работы, млн ткм	Расходы, тыс. руб.	Себестоимость перевозок, коп./10 ткм
Тепловозная	1026,8	533,9	519,9
Электровозная	1144,7	561,4	490,5

¹ Цифры условные.

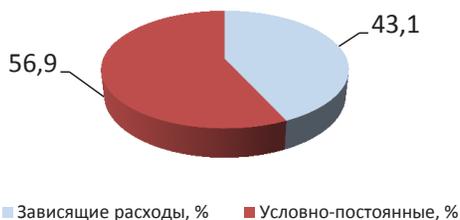


Рис. 1. Удельный вес зависящих от объема перевозок и условно-постоянных расходов МК МЖД (электровозная тяга).



Рис. 2. Удельный вес зависящих от объема перевозок и условно-постоянных расходов МК МЖД (тепловозная тяга).

Генсхемы Московского узла и предлагаемой методики можно рассчитать величину эксплуатационных расходов и себестоимости грузовых перевозок по Малому кольцу Московской железной дороги для условий 2015 года.

Пример расчета (цифры условные) представлен в таблице 3.

Важно отметить, что себестоимость перевозок при осуществлении грузовых перевозок электровозной тягой ниже, чем при выполнении такого же объема перевозок тепловозной тягой, за счет снижения условно-постоянной части расходов в среднем на 7,1%.

Структура расходов по связи с объемом перевозок различается по видам тяги и представлена на рис. 1–2.

Выделим самые значимые факторы, которые влияют на величину себестоимости грузовых перевозок по Малому кольцу.

Перевозки осуществляются в основном в участковых, вывозных и сборных поездах. Себестоимость перевозки грузов такими поездами выше, чем прямыми поездами. В средних условиях себестоимость указанных категорий различается по видам тяги. Например, себестоимость перевозки грузов в сборном поезде при тепловозной тяге выше, чем в прямом в 1,44 раза, а при электровозной – в 1,38; себестоимость в вывозном поезде при тепловозной тяге выше в 1,5 раза по срав-

нению с прямым поездом, а при электро-тяге – в 1,29 раза. То есть категория поезда оказывает существенное влияние на величину расходов и себестоимость грузовых перевозок, а это, в свою очередь, обусловлено различиями в показателях использования подвижного состава (вес поезда, скорость движения, вспомогательный пробег локомотива и др.).

От участковой скорости движения и веса поезда зависят примерно 25% всех расходов при перевозке грузов. Участковая скорость составляет на Малом кольце при тепловозной тяге в зависимости от поездоучастка 27–33 км/ч. В среднем по Московско-Курскому отделению она при электровозной тяге выше – 34,5 км/ч. Вес сборных, участковых и вывозных поездов ниже массы поезда брутто прямого поезда. В вывозных значительно выше среднего уровня отношение пробега порожних вагонов к груженому, что объясняется структурой грузооборота и соответствующего ему пробега вагонного парка на участках, обслуживаемых вывозными поездами. Процент порожнего пробега колеблется и достигает 61%, при этом в среднем по Московско-Курскому отделению при тепловозной тяге – 45,9%.

Полученную расчетным путем себестоимость грузовых перевозок по МК МЖД нецелесообразно сравнивать, тем не менее с себестоимостью грузовых перевозок по



Московско-Курскому отделению по следующим причинам:

- учет расходов и объемов перевозок по Малому кольцу отдельно не предусмотрен отчетными формами;

- по отделению рассчитывается только средняя себестоимость грузовых перевозок, поскольку отчетные формы не дифференцируют себестоимость перевозок по видам тяги;

- на среднее значение себестоимости грузовых перевозок отделения оказывает влияние протяженность электрифицированных участков (более 83,8%), а перевозки на линии рассчитываются при разных видах тяги по специальной методике, учитывающей особенности перевозок в условиях Малого кольца.

Расходы по перевозкам по МК МЖД группируются в соответствии с методикой распределения доходов, расходов от перевозок по трем тарифным составляющим: инфраструктурная, вагонная и локомотивная. Основной целью выделения таких составляющих является обеспечение расчета расходов для обоснования тарифов на уровне экономически обоснованных затрат.

Полученные расходы по грузовым перевозкам по видам тяги распределяются на тарифные составляющие.

Предоставление услуг инфраструктуры относится к деятельности ОАО «РЖД», связанной с процессом перевозок.

Структура эксплуатационных расходов МК МЖД по тарифным составляющим характеризуется следующим соотношением:

- *при тепловозной тяге:*
 - инфраструктурная – 69,8%;
 - локомотивная – 26,8%;
 - вагонная – 3,4%;
- *при электровозной тяге:*
 - инфраструктурная – 71,6%;
 - локомотивная – 20,2%;
 - вагонная – 8,2%.

ВЫВОДЫ

Выполненные расчеты по поездо-участкам Малого кольца МЖД позволяют опре-

делить эксплуатационные расходы в реальных условиях перевозок. На их динамику оказали влияние основные формирующие себестоимость факторы, к числу которых относятся динамическая нагрузка, участковая скорость, размеры движения и др. Такого рода влияние на затраты по поездо-участкам учитывается через систему измерителей и расходных ставок. При этом величины измерителей зависят от качественных показателей использования подвижного состава, а величины расходных ставок – от ряда экономических факторов (цен на топливо и электроэнергию, материалы, уровня заработной платы работников железных дорог и т. д.).

Вместе с тем следует иметь в виду, что изменение качественных характеристик подвижного состава происходит при переходе с тепловозной тяги на электровозную, то есть с помощью более эффективного энергоресурса. Применение современных электровозов улучшает качественные показатели работы МК МЖД, которые, в свою очередь, оказывают определяющее влияние на величину себестоимости грузовых перевозок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хромов М. Б., Елизарьев Ю. В. Комплексное развитие транспортных узлов – основа устойчивого и гармоничного социально-экономического роста регионов // Транспорт и связь Российской Федерации. – 2009. – № 3. – С. 57–59.
2. Шефтер С. Я. Малое кольцо Московской железной дороги // Промышленный транспорт. XXI век. – 2008. – № 4. – С. 42–43.
3. Кустов Ф. Билет через 100 лет // Сириус. Транспортное обозрение. – 2012. – № 11–12. – С. 24–27.
4. Хромов М. Б. Комплексное решение // Транспорт и связь Российской Федерации. – 2012. – № 7–8. – С. 58–61.
5. Пехтерев Ф. С. Комплексный инвестиционный проект «Реконструкция и развитие Малого кольца Московской железной дороги» // Экономика железных дорог. – 2011. – № 2. – С. 16–19.
6. Совершенствование транспортной системы Москвы // Экономика железных дорог. – 2013. – № 5. – С. 9–12.
7. Себестоимость железнодорожных перевозок: Учебник / Н. Г. Смехова, А. И. Купоров, Ю. Н. Кожеников и др. – М.: Маршрут, 2003. – 494 с.
8. Номенклатура доходов и расходов по видам деятельности ОАО «РЖД», 2008 г. – 228 с.
9. Номенклатура доходов и расходов субъектов естественных монополий в сфере железнодорожных перевозок, 2014 г. – 829 с. ●

Координаты автора: **Иноземцева С. М.** – inosveta@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 05.03.2015, принята к публикации 17.07.2015.

CALCULATION OF EXPENDITURE AND NET COST OF TRANSPORTATION PER TRAIN- SECTIONS

Inozemtseva, Svetlana M., Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

The article presents a brief history of establishment and operation features of Small Circle Line of Moscow Railway from an economic point of view. The methodological issues concerning definition of expenses and net cost of transportation on train-sections with mixed organization of cargo and passenger traffic are considered. The

proposed method takes into account the current procedure for registration of aggregated types of work, industry and tariff components. The economic impact of assessment of quality indicators of rolling stock on the net cost of transportation of goods by Small Circle Line on a dedicated section is given, including the transition from diesel to electric traction.

Keywords: railway, economics, calculation methods, operating costs, freight transportation, net cost of transportation, tariff components, dependent costs, semi-fixed costs, train-sections.

Background. The implementation of the complex project «Reconstruction and development of Small Circle Line of Moscow Railway» is closely linked to the growing load of Moscow transport hub, which has now completely exhausted reserves of capacity. But still there is a problem of freight traffic on the circle line due to adjacent approach lines of most large urban enterprises, including CHP plants.

Objective. The objective of the author is to consider some issues concerning calculation of expenditures and net cost of freight transportation on example of Small Circle Line of Moscow Railway.

Methods. The author uses general scientific methods, graph construction, evaluation approach, economic analysis, statistics, comparative study.

Results.

1.

From the history of Small Circle Line of Moscow Railway. In 1870, a railway engineer A. N. Goncharov developed «Project of steam railway around Moscow». Construction began after 33 years and was actively carried out in spite of financial difficulties, the war with Japan, revolutionary events of 1905. The main economic benefit of the construction of the railway around the city was to reduce the cost of transportation of goods and passengers, supporting operating in its area factories and plants, as well as creation of new enterprises on the outskirts of the city, the development of intracity railways [2, pp. 42–43].

Then with the decision of the government commission the old version was replaced with the project of the engineer P. I. Rashevsky, which had given unique to those years railway infrastructure. Six major bridges across the Moscow River, Yauza, Likhoborka were built. Regular freight and passenger traffic on the circle line opened in 1908. The length of the route was 54 km (including connecting branches – 65,7 km), the line ran along the outskirts of the city and was connected with 11 radial directions of Moscow Railways. Passengers and shippers were served by 14 stations [3, p. 25].

By 1930, the profitability of passenger transportation on Circular railway declined significantly due to expansion of the network of public transport (buses, trams, etc.) and passenger traffic on the railway stopped. But cargo traffic had increased significantly. The number of transit cargo increased especially in 1956 after commissioning of diesel locomotives.

The aim of current project of Small Circle Line of Moscow Railway (hereinafter – SCL MR) was primarily adaptation of existing for more than a hundred

years railway infrastructure for passenger traffic. Prior to the reconstruction the circle line was intended for freight traffic, there were only 12 stations. Railway infrastructure (bridges, stations and other engineering facilities) was in working order, although the passenger component was completely absent [4, pp. 58–59].

In February 2010, CJSC «Integrated transport systems» developed the first version of the business plan and feasibility study [5, p. 17] of reconstruction programs. The following year, the government of Moscow and JSC Russian Railways started the implementation of the comprehensive investment project SCL MR, and in June JSC Moscow Circle Line Railway was established (50% owned by JSC Russian Railways and 50% – the government of Moscow) [6, p. 11].

In 2012, the developed length of the circle line was 178,2 km, 131 approach lines were adjacent to the stations, which served 159 companies. In an average per year on the line were unloaded about 90 thou. cars, the average cargo work was 325 cars [3, p. 26].

Despite the fact that urban passenger transportation by rail is the main type of business, on SCL maintains mixed system of urban passenger transportation (multiple-unit traction) with the design capacity of up to 100 pairs of trains per day and small amount of freight traffic on a dedicated section.

Prior to reconstruction the railway line of Small Circle was double-track non-electrified, equipped with self-locking, crossed 10 radial directions, connecting Moscow with various regions of Russia. Throughout SCL there were rails type R-65 on concrete sleepers with gravel ballast. The train movement was carried out by diesel locomotive of the depot Likhobory. Maximum speed was up to 80 km/h.

A small circle was used primarily for redistribution of cargo flows through four marshalling yards (Lublino, Perovo, Losinoostrovskaya, Khovrino), as well as to serve Moscow enterprises gravitating towards it.

In addition to loading and unloading stations of the circle provided goods passage in transit traffic between individual radial directions of Moscow railway junction. The volume of transit traffic was about 5–6 million tons per year.

Technology of organization of freight traffic provides up to 40 pairs of trains per day. It is necessary to distinguish and take into account available and required capacities. Available for Small circle is the maximum volume of traffic that can be implemented,



Adjustment coefficients per locomotive-km and locomotive-hour

Name	2M62U	VL-10, VL-11
Locomotive-km	0,91	1,02
Locomotive-hour	1,02	0,95

and required capacity is depending on the section of the line up to 28 pairs of trains per day.

SCL MR project concept involves electrification of the entire route that would be a factor in improving the ecological situation in Moscow.

2.

Let's consider common provisions of methodology for determining operating costs and net cost of transportation on sections of Small circle. Method of expendable rates based on the costs depending on the amount of work, expressed in a variety of meters, is one of basic in calculations. Expendable rates are dependent costs per unit of the meter. Calculation of net cost of transportation by expendable rate method is made up of pre- (direct calculation of rates) and main work (calculation of operating costs and net cost of transportation).

The general formula for determining expendable rate is as follows:

$$e_i = \frac{\sum_j E_{ij} + \sum_j (W_{ij} \cdot K)}{M_i}$$

where e_i is expendable rate for i -th measuring instrument, rub;

E_{ij} are main dependent costs on j -th article, related to i -th measuring instrument, rub;

W_{ij} is wage fund on j -th article, rub;

K is size of charges for wage fund of overhead costs, unit fraction.

M_i is value of i -th meter, units.

The main work is as follows:

- list is set and cost of each calculation meter for the transportation of the selected volume is calculated (e. g. 1000 ton-kilometers, 1000 passenger-kilometers, 1 ton, 1 car, etc.);

- expendable rates are multiplied by respective calculation meters and the amount of dependent costs is calculated;

- semi-fixed costs are determined either per traffic unit or as a percentage of dependent costs;

- dependent costs and semi-fixed costs are summarized, and thus the total amount of operating costs is determined;

- net cost of transportation is determined through dividing the total expenditure on the volume of traffic (ton-kilometers, passenger-kilometers, etc.).

The formula for calculating the total amount of expenses for transportation of goods or passengers by expendable rates:

$$E = \sum_i (e_i \cdot M_i) + E_{sf}$$

where E_{sf} is semi-fixed costs attributable to transportation.

Choice of calculation meters, and establishment of connection with them is important, it affects accuracy and reliability of calculation results. However, it is difficult and time-consuming work, because the production process of railway trans-

port is multifaceted and diverse, and hence we observe multivariate nature of the connection of costs with meters.

To install such a system of interconnection of costs and meters that would accurately reflect the impact on net cost of rail transport work, different methods of logical analysis, mathematical and statistical methods to test by studying the correlation between the proposed meter and expenditures on the basis of data about separate railways for one and the same year are used.

The system of calculation meters reflects all the elements of the process:

- runs of cars, locomotives, trains, by type of traffic and type of traction;

- time spent on work performance, downtime of the rolling stock;

- work of crews involved in maintenance of locomotives;

- reception and departure of cargo;

- services for passengers at rail terminals and stations [7].

The initial information to determine dependent costs are the data of the report form 7-y for the year where the value of operating costs is given on the articles of the expenditure classifier that is part of the nomenclature of incomes and expenses of natural monopolies in the sphere of railway transportation (hereinafter – nomenclature), as well as other features of expenditure classification [8, 9].

The share of dependent costs on individual articles of the nomenclature in the basic version is established by methods of mathematical statistics, data of all the railways are regarded as the characteristics of different stages of development of one object as the volume of traffic grows.

Modern management expense reporting enables to detalize expendable rates by consolidated types of work. For example, the overall expendable rate per 1 car-kilometer may be distributed to two consolidated types of work: «Provision of services for freight transportation» and «Maintenance and operation of infrastructure». Net cost of transportation can be detailed by tariff components.

3.

Let's consider the method of determining operating costs and net cost of freight transportation by train-sections of SCL MR.

In the reports on costs of Moscow-Kursk branch expenses and net cost of freight transportation on Small Circle Line are not allocated.

Operating expenses and net cost of freight transportation can be obtained by calculation based on the use of legal and statistical information.

Operating expenses for freight traffic are determined for 1000 net ton-km. Costs in part dependent on traffic amount – on calculated train-sections by expendable rates in the direction «there» and «back».

As calculated section is taken train-sections of Small Circle Line set in the form TSO-4, «Report on

Table 2

Methodology for calculating costs per of train-sections, depending on traffic volume per 1000 net ton-kilometers

Meter	Expendable rate $-e_i$	Formula to calculate the value of meter	Designations
Car-km	e_{nS}	$nS = \frac{1000 \cdot (1 + \alpha_{emp}^{lad})}{p_{dyn}^{lad}}$	p_{dyn}^{lad} is dynamic load of a laden car α_{emp}^{lad} is coefficient that takes into the percentage of empty runs to the unladen
Brigade-hour of train crews	e_{NH}	$NH = \frac{NS_{pick}}{V_{ser}^{pick}} \cdot k_{r,d}^l$	NS_{pick} is train-km of pickup trains V_{ser}^{pick} is service speed of pickup train, km/h, $k_{r,d}^l$ is coefficient taking into account the extra time of works on reception and delivery of trains
Locomotive-km	e_{MS}	$MS = NS \cdot (1 + \beta_{tot})$	β_{tot} is a coefficient, taking into account the proportion of auxiliary run relative to their run at the head of trains
Locomotive-hour	e_{MT}	$MT = \frac{MS_l}{S_l}$	MS_l is locomotive-km of linear run S_l is average daily locomotive run, km
Brigade-hour of locomotive crews	e_{Mh}	$Mh = \frac{MS_l}{V_{ser}^l} \cdot k_{r,d}^l$	MS_l is locomotive-km of linear run V_{ser}^l is average service speed of locomotives, km/h, $k_{r,d}^l$ is coefficient, taking into account the extra time, spent by the locomotive crew in the main depot and turn-around points
Gross ton-km	e_{pl}	$Pl_{gr}^l = 1000 + p_t \cdot nS + P_l \cdot MS_{lin}$	p_t is tare weight; P_l is mass of locomotive, t
1 kW · h of electricity (kg of coal equivalent)	e_e	$E(T) = Pl_{gr}^B \cdot a_e / 10000$	Pl_{gr}^B is gross ton-kilometers; a_e is rate of electric energy consumption per 10 ⁴ gross ton-km, kWh
Consignment	e_o	$O = \frac{P_{ship}}{P_o}$	P_{ship} is shipped tons of cargo; P_o is weight of one shipment
1 hour of special shunting locomotive	e_{sh}	$MH_{sh} = 0,00399 + 0,01247 \frac{nS}{1000} + 0,304 N_{l.u.}$	$N_{l.u.}$ is a number of loaded and unloaded cars
Total dependent costs per 1000 tkm ¹	—	—	—

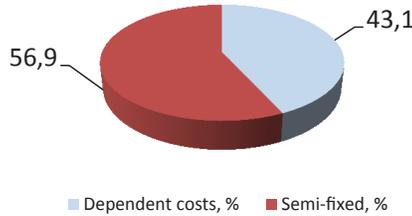
¹ Dependent costs are defined as the product of expendable rate by the value of corresponding meter.



Operating costs and net cost of freight transportation of SCL MR (subject to change from diesel to electric traction)¹

Type of traction	Amount of work, million ton-kilometers	Costs, thous.rub	Net cost of transportation cop. / 10 ton-kilometers
Diesel	1026,8	533,9	519,9
Electric	1144,7	561,4	490,5

¹ Figures are conditional.



Pic. 1. The proportion of dependent on traffic volume and semi-fixed costs of SCL MR (electric traction).

work and performance of rolling stock on NOD-1 of branch of Moscow railway¹.

The sequence of calculations of net cost of transportation of goods on SCL MR under the conditions that characterize the work before and after electrification:

- Calculated average on railway expendable rates by type of traction are adjusted, depending on the type of locomotive used (with diesel traction – 2M62U, electric traction – VL10 and VL11), adjustment coefficients and adjusted rates are shown in Table 1;

- On each train-section is determined the volume of operational work on the meters (car-km, car-hour, etc.) in the direction «there» and «back» per 1000 net ton-kilometers;

- Per section operating costs are calculated per meters of work (expendable rate is multiplied by the meter);

- Per section operating costs attributable to the value of corresponding meter are put together and the total value of dependent costs on the section in the direction «there» and «back» is determined;

- Semi-fixed costs per train-section are fixed as a percentage of dependent;

- Full costs per sections in the direction «there» and «back» are calculated;

¹This report is contained in electronic form in Automated system of integrated processing of drivers' route (AS IPDR).

- Total net cost of transportation of goods, as well as in dependent and semi-fixed parts, is determined per 10 ton-kilometers for each train-section in the direction «there» and «back» with diesel and electric traction.

Methods of calculating dependent operating costs per 1000 net ton-kilometers are shown in Table 2.

4.

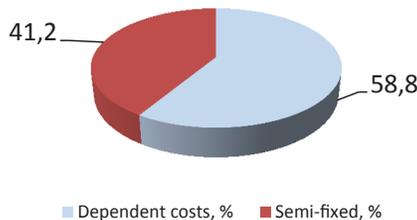
Based on the forecast of parameters of socio-economic development of Russia, the technical equipment and the size of movement as well as the organization of freight traffic, taking into account the provisions of the General Scheme of Moscow junction and the proposed method it is possible to calculate the amount of operating costs and net cost of freight transportation on the Small Circle Line of Moscow Railway as in 2015.

Calculation example (figures are conventional) is shown in Table 3.

It is important to note that the net cost of transportation in the implementation of freight transportation with electric locomotive traction is lower than with the same volume of transportation with diesel traction by reducing conditional permanent part of the costs by an average of 7, 1%.

The structure of costs due to the volume of traffic varies by type of traction and is shown in Pic. 1–2.

Let's identify the most important factors that affect the value of net cost of freight transportation on Small Circle Line.



Pic. 2. The proportion of dependent on traffic volume and semi-fixed costs of SCL MR (diesel traction).

Transportation is carried out mainly in service, clean-up and pickup trains. Net cost of transportation of goods by such trains is higher than by direct trains. In average terms net cost of these categories varies by type of traction. For example, net cost of transportation of goods in pickup train with diesel traction higher than that in direct one 1,44 times, and with electric traction – 1,38; net cost in clean-up train with diesel traction is 1,5 times higher in comparison with the direct train, and with electric traction-1,29 times. That is the category of the train has a significant impact on the amount of expenditure and the cost of freight transportation, which in turn is caused by differences in the use of rolling stock (train weight, speed, auxiliary mileage of locomotive, etc.).

Service speed and weight of trains affect about 25% of total expenditure in the transportation of goods. Service speed on Small Circle Line with diesel traction depending on train-section is 27–33 km / h. On average, in Moscow-Kursk branch it with electric traction is higher – 34,5 km / h. Weight of pickup, service and clean-up trains is below gross train weight of the direct train. In clean-up trains is much higher than the average ratio of run of laden cars to the empty run, which is explained with the structure of freight turnover and the corresponding run of the car fleet in the areas served by clean-up trains. The percentage of empty run varies and reaches 61%, while on average for Moscow-Kursk branch it is 45,9% at electric traction.

The calculated net cost of freight transportation on SCL MR is inappropriate to compare, though with net cost of freight transportation on Moscow-Kursk branch for the following reasons:

- Accounting of costs and traffic volumes on Small Circle Line is not provided separately in reporting forms;
- On branch is calculated only average net cost of freight transportation since the reporting forms do not differentiate net cost of transportation by types of traction;
- Mean net cost of freight traffic of branch is influenced by the length of electrified sections (over 83,8%), and transportation on the line is calculated at different types of traction by a special method, taking into account the peculiarities of transportation in terms of Small Circle Line.

The costs of transportation on SCL MR are grouped according to the method of distribution of income, expenses from transportation for three tariff components: infrastructure, car and locomotive. The main purpose of allocation of such components is to provide cost accounting to justify tariffs at the level of economically justified costs.

The resulting costs of freight transportation by type of traction are distributed to tariff components.

Provision of infrastructure service refers to the activity of JSC Russian Railways associated with the process of transportation.

Structure of operating costs of SCL MR on tariff component is characterized by the following relationship:

- With diesel traction:
 - Infrastructure – 69,8%;
 - Locomotive – 26,8%;
 - car – 3,4%;

- With electric traction:
 - Infrastructure – 71,6%;
 - Locomotive – 20,2%;
 - Car – 8,2%.

Conclusions. Calculations referring to train-section of Small Circle Line of Moscow Railway allow to define the operating costs in real traffic. Their dynamics was influenced by main cost-forming factors which include dynamic load, service speed, traffic amount etc. This kind of impact on the cost on train-sections is counted through meters and expendable rates. The values of meters are dependent on qualitative indicators of use of the rolling stock and the values of expendable rates – on a number of economic factors (the price of fuel and electricity, materials, wage of railway workers, etc.).

However, it should be borne in mind that the change in qualitative characteristics of the rolling stock takes place during the transition from diesel to electric traction, i. e. using more efficient energy source. The use of modern electric locomotives improves the qualitative parameters of SCL MR, which in turn have a decisive influence on the value of the cost of freight transportation.

REFERENCES

1. Khromov, M. B., Elizariyev, Yu. V. Integrated development of transport hubs – basis of sustainable and harmonious social and economic growth of the regions [*Kompleksnoe razvitiye transportnyh uzlov – osnova ustojchivogo i garmonichnogo social'no-ekonomicheskogo rosta regionov*]. *Transport i svjaz' Rossijskoj Federacii*, 2009, Iss. 3, pp. 57–59.
2. Shefter, S. Ya. Small Circle Line of Moscow Railway [*Maloe kol'co Moskovskoj zheleznoj dorogi*]. *Promyshlennyj transport. XXI vek*, 2008, Iss. 4, pp. 42–43.
3. Kustov, F. Ticket in 100 years [*Bilet cherez 100 let*]. *Sirius. Transportnoe obozrenie*, 2012, Iss. 11–12, pp. 24–27.
4. Khromov, M. B. Integrated solution [*Kompleksnoe reshenie*]. *Transport i svjaz' Rossijskoj Federacii*, 2012, Iss. 7–8, pp. 58–61.
5. Pekhterev, F. S. The comprehensive investment project «Reconstruction and development of Small Circle Line of Moscow Railway» [*Kompleksnyj investicionnyj proekt «Rekonstrukcija i razvitiye Malogo kol'ca Moskovskoj zheleznoj dorogi»*]. *Ekonomika zheleznih dorog*, 2011, Iss. 2, pp. 16–19.
6. Improving transport system of Moscow [*Sovershenstvovanie transportnoj sistemy Moskvy*]. *Ekonomika zheleznih dorog*, 2013, Iss. 5, pp. 9–12.
7. Smekhova, N. G., Kuporov, A. I., Kozhevnikov, Yu. N. *et al.* Net cost of rail transportation: textbook [*Sebestoimost' zheleznodorozhnyh perevozok: uchebnik*]. Moscow, Marshrut publ., 2003, 494 p.
8. Nomenclature of income and expenditure by type of activity of JSC Russian Railways [*Nomenklatura dohodov i rashodov po vidam dejatel'nosti OAO «RZhD»*], 2008, 228 p.
9. Nomenclature of income and expenditure of natural monopolies in rail transportation [*Nomenklatura dohodov i rashodov sub'ektov estestvennyh monopolij v sfere zheleznodorozhnyh perevozok*], 2014, 829 p. ●

Information about the author:

Inozemtseva, Svetlana M. – Ph.D. (Economics), associate professor of the department of Economics and Management of Transport of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, inosveta@yandex.ru.

Article received 05.03.2015, accepted 17.07.2015.

