

**КӨЛІК, КӨЛІКТІК ИНЖЕНЕРИЯ**  
**TRANSPORT, TRANSPORT ENGINEERING**  
**ТРАНСПОРТ, ТРАНСПОРТНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ**

УДК 629.421.4

DOI 10.52167/1609-1817-2024-135-6-16-23

**М.О. Мусабеков<sup>1</sup>, А.М. Мусабекова<sup>2</sup>, Ғ.Б. Бақыт<sup>3</sup> ,  
Г.К. Аширбаев<sup>3</sup>, А.К. Маханова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ТОО «Тенгизшевройл», Атырау, Қазақстан

<sup>2</sup>Almaty Management University, Алматы, Қазақстан

<sup>3</sup>Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Қазақстан

E-mail: gaba\_b@bk.ru

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ  
НА МАНЕВРОВЫХ РАБОТАХ В УСЛОВИЯХ ПОДЪЕЗДНЫХ ПУТЕЙ**

**Аннотация.** Целью настоящей статьи является разработка методики оценки фактического расхода топлива маневровыми тепловозами на железнодорожных подъездных путях. Рассмотренная методика позволяет определить фактическое потребление топлива на выполнение маневровой работы без установки специальных систем контроля учета расхода топлива на эксплуатируемых маневровых локомотивах. Предложенный способ учета расхода топлива на основе хронометражных исследований повышает показатели эффективности и уменьшает издержки, тем самым способствует улучшению финансовых показателей компании.

**Ключевые слова.** Маневровые тепловозы, железнодорожный подъездной путь, хронометражное исследование, фактический расход топлива, маневровая работа, норма расхода топлива.

**Введение.**

Маневровая работа является одним из основных элементов процесса перевозок грузов на железнодорожном транспорте. Она связана со значительными затратами времени, топлива и других ресурсов на её выполнение. В последнее время произошли значительные изменения в условиях работы железнодорожного транспорта и связано это, прежде всего с возрастанием доли собственников подъездных путей необщего пользования.

В настоящее время в Казахстане функционируют свыше 600 железнодорожных подъездных путей необщего пользования [1], владельцами которых являются предприятия и организаций различных форм собственности металлургической, горнодобывающей, угольной, нефтедобывающей и перерабатывающей, машиностроительной и других отраслей экономики.

Железнодорожные подъездные пути – это важная составляющая всей железнодорожной инфраструктуры Казахстана, благодаря которой конкретные грузополучатели и грузоотправители обеспечивают непосредственное взаимодействие по обмену грузов с магистральными железнодорожными сетями. Независимо от форм собственности они являются важным элементом в логистической цепи создания/расформирования и перемещения материальных потоков.

Инфраструктура, комплексы сооружений, устройств и технических средств многих железнодорожных подъездных путей необщего пользования позволяют им обеспечивать все виды перевозочного процесса.

Перевозочная деятельность железнодорожных подъездных путей Казахстана осуществляется посредством тепловозной тяги состоящим в основном из старых маневровых тепловозов ТЭМ2, ТЭМ18, ЧМЭ.

На железнодорожных подъездных путях тепловозы используются в маневровой работе, связанной с выполнением широкого комплекса различных операций по сортировке вагонов, формированию и расформированию составов, подачи и уборки вагонов на грузовые фронты погрузки и выгрузки и другие маневровые операций в соответствии с технологическим процессом работы железнодорожных подъездных путей.

### **Материалы и методы.**

Специфика работы маневровых тепловозов сильно отличается от работы тепловозов, курсирующих в магистральном режиме. Здесь гораздо больше факторов, которые в совокупности затрудняют определить реальный расход топлива на конкретном тепловозе.

Следует признать, что существующая система организации работы тепловозов на подъездных путях демонстрирует свою неэффективность, основной проблемой которой является отсутствие критерия позволяющего, провести оценку эффективности использования тепловозов.

Система учета работы тепловозов при использованиях их на маневровых операциях позволяет установить временные периоды, в которые определенный тепловоз находился в движении или стоял. Однако этого недостаточно для понимания полезности и эффективности его использования.

Стоянка тепловоза может быть вызвана разными причинами или составлять часть его маневровой работы.

Передвигаться же локомотив может с полновесным составом поезда, с несколькими вагонами или ехать резервом. Во всех случаях по подобному формальному признаку нельзя определить, насколько рационально используется локомотив.

Следовательно, показатели, успешно используемые для учета и определения эффективности тепловозов в поездной работе, недостаточно информативны при оценке его эффективности в маневровой работе.

На железнодорожных подъездных путях характер передвижений тепловозов при выполнении маневровых операций практически одинаковый, но затрата времени на выполнение этих операций и используемые мощности на соответствующие позициям контроллера машиниста тепловоза могут быть разными. Мощность зависит от регулировки дизель-генераторной установки конкретного тепловоза, опыта машиниста и т.д. Значительное влияние оказывают и различные эксплуатационно-климатические факторы.

Для оценки эффективности использования конкретного тепловоза важно знать расход топлива на позициях контроллера машиниста используемых при выполнении маневровых операций.

Зная расход на каждое отдельное маневровое передвижение и количество передвижений (полурейсов) за смену, нетрудно определить и общие затраты топлива на выполнение маневровой работы тепловозом.

Следовательно, основными критериями эффективности использования тепловоза для выполнения маневровой работы являются: время на выполнение операций и расход топлива.

Тепловозы ТЭМ2, ТЭМ18 и ЧМЭ3 старой конструкций, они не оснащены встроенными техническими средствами учета расхода топлива, поэтому контроль количества топлива в баке тепловоза проводится машинистом визуально по мерному стеклу на топливном баке или топливной рейке со шкалой деления, равной 250 л. Учет

расхода топлива за смену работы локомотива осуществляется по разности количества топлива в баке тепловоза в начале и конце смены.

### Результаты.

Следует отметить, что на настоящее время существует множество компаний, которые предлагают установку на тепловозы автоматические системы контроля и учета расхода топлива. При этом основным мотивом установки расходомеров на старые тепловозы является исключение несанкционированного слива топлива работниками железнодорожных подъездных путей.

Основные проблемы, которые могут возникнуть, это [2]:

1) Отсутствие совместимости – старые тепловозы имеют устаревшие системы управления, которые порой несовместимы с современными типами расходомеров топлива. Поэтому для их установки потребуется модернизация или замена систем управления;

2) Недоступность или отсутствие запасных частей - заводы, производившие старые тепловозы, могли прекратить производство или поддержку запчастей. Это делает сложным получение необходимых компонентов для установки расходомеров;

3) Технические ограничения при установке – конструкций старых тепловозов имеют ограниченные места для установки нового оборудования, и это создаст трудности при интеграции расходомеров.

4) Требуемые изменения тепловоза – установка нового оборудования может потребовать изменений в конструкции тепловоза, например, добавление дополнительных кабелей, датчиков и т.д. Это может потребовать тщательного проектирования и инженерных работ;

5) Необходимость сертификаций – в некоторых случаях установка нового оборудования может потребовать пересмотра и сертификации со стороны регулирующих органов. Это может включать в себя соответствие стандартам безопасности и экологическим нормам.

Преимуществом разработки методики учета расхода топлива маневровыми локомотивами на основе хронометражных исследований является, что учитываться фактическое потребление топлива тепловозами.

В общем виде фактический расход топлива тепловозом за смену можно представить, как сумму расходов топлива за отрезки времени работы в режиме нагрузки и на холостом ходу:

$$G_{\text{факт см.}} = \sum G_j \cdot \Delta\tau_j + q_x \cdot \Delta\tau_x \quad (1)$$

где:  $G_j$  – расход топлива на  $j$ -й позиции контроллера машиниста (КМ), кг/мин;

$\Delta\tau_j$  – время работы тепловоза на  $j$ -й позиции, мин;

$q_x$  – расход топлива тепловозом на холостом ходу, кг/мин;

$\Delta\tau_x$  – время работы дизеля на холостом ходу, мин.

Как видно из формулы (1) величина расхода топлива зависит от времени работы тепловоза на  $j$ -й позиции КМ и холостом ходу, поэтому основным показателем подлежащих нормированию, является продолжительность маневровой операций.

Нормы времени на подготовительные и заключительные операции определяющих продолжительность маневровых работ за определенное время получены аналитическим способом, регламентированы и введены в нормативные и справочные документы.

Следует отметить, что во многом нормативы времени на маневровые операции, используемые на железнодорожном транспорте установлены в 50-70 года 20 века и не соответствуют современным условиям работы подвижного состава железнодорожного транспорта и современным технологиям обработки поездов.

Следует также отметить, что аналитические методы расчета времени на маневровые операции, изложенные разных источниках, имеют как общие черты, так и различия.

К примеру, в [3] предложено устанавливать норму времени на сортировку состава по выражению:

$$\tau_c = A \cdot q + B \cdot n. \quad (2)$$

А согласно [4] из выражения:

$$\tau_c = 1,2 (A \cdot q \cdot k_q + B \cdot n \cdot k_n) \cdot k_{кр} + \tau_{ос}, \quad (3)$$

где: А и В – постоянные коэффициенты, зависящие от способа выполнения маневровой работы, мин/отцеп,

q, n – соответственно число отцепов и вагонов в составе;

$k_q, k_n$  – коэффициенты повторности сортировки отцепов и вагонов;

$k_{кр}$  – коэффициент, учитывающий увеличение времени сортировки при расположении вытяжного пути в кривых малого радиуса повторности сортировки отцепов и вагонов;

$\tau_{ос}$  – время на осаживание вагонов, мин.

В [5, 6] для определения продолжительности маневровой операций предложена формула:

$$\tau_{пр} = (0,06 \cdot L_{пр}) / v_{пр}, \quad (4)$$

где:  $L_{пр}$  – длина маршрута передвижения, м;

$v_{пр}$  – скорость передвижения, км/ч.

Приведенные выражения представляют собой линейные зависимости по определению времени на сортировку (2) и (3) и времени на выполнения маневровых операции (4) от числа отцепов и вагонов в составе, длины маршрута и скорости передвижения тепловоза.

Однако для одних и тех же условий они могут дать разные значения норм времени и для установления постоянного усредненного значения нормы необходимо провести длительные натурные и расчетные исследования.

Условия работы железнодорожных подъездных путей необщего пользования имеют различия от условий магистральных сетей железнодорожного транспорта, как в техническом оснащении и штата работников, так и в технологии работы.

Так как основная деятельность подъездных путей необщего пользования, это выполнение однотипных грузовых операций, то установление норм времени на маневровые операции на основе хронометражных наблюдений значительно проще. Он позволяет получать усредненные технологические нормативы маневровой работы, которые учитывают реальные особенности и условия, присущие конкретным подъездным путям и конкретным типам используемых тепловозов.

Величина нормы времени работы тепловоза за смену устанавливается опытным путем на основаниях хронометража выполнения маневровых работ исправным тепловозом под управлением квалифицированного машиниста:

$$\tau_{норм.см} = 12 - (\tau_{перес.} + \tau_{обед} + \tau_{ож.р.}) \quad (5)$$

где: 12 – общее время смены, ч.;

$\tau_{обед}$  – время на обед, 1 ч.;

$\tau_{перес.}$  – время приема сдачи тепловозов локомотивными бригадами – 0,5 ч.;

$\tau_{ож.р.}$  – время ожидания работы, устанавливается опытным путем исходя из ритма работы подъездных путей, ч.

Время работы тепловоза на соответствующих позициях контроллера машиниста с указанием этой позиции и на режиме холостого хода, берутся из хронометражных данных наблюдений маневровых работ.

Величина нормы расхода топлива за смену:

$$G_{норм.см.} = G_{факт.см.} / \tau_{факт.см.} \cdot \tau_{норм.см.}, \quad (6)$$

где:  $\tau_{факт.см.}$  и  $G_{факт.см.}$  – соответственно, фактическое время работы тепловоза и фактический расход топлива за смену;

$\tau_{норм.см.}$  – нормативное время работы тепловоза за смену, установленное на основаниях хронометражных исследований.

Общий фактический расход топлива за смену  $G_{факт.см.}$  складывается из расхода топлива на позициях КМ, которые использовал машинист при выполнении маневровой работы и холостом ходу, когда тепловоз стоял в ожидании работы и предусмотренных стоянок тепловоза (обед, пересмена локомотивных бригад).

Для определения расхода дизельного топлива на соответствующих позициях контроллера машиниста определяется расход топлива на один киловатт (1 кВт) мощности дизеля при реостатных испытаниях тепловоза. Затем эта цифра умножается на мощность тепловоза на позиции контроллера машиниста и время работы на этой позиций.

Величина перерасхода топлива (пережог) –  $\Delta G_{см.}$ :

$$\Delta G_{см.} = G_{факт.см.} - G_{норм.см.} \quad (7)$$

Величина времени недоработки (простой):

$$\Delta \tau_{см.} = \tau_{норм.см.} - \tau_{факт.см.}$$

$$\sum G_{норм.см.} = \sum G_{факт.см.} / (\sum \tau_{факт.см.} \cdot \tau_{норм.см.}), \text{ Л},$$

где:  $\sum G_{(факт.см)}$  – расход, топлива локомотивами за смену, л.;

$\sum \tau_{(факт.мс)}$  – факт время работы за смену л;

Фактический удельный расход топлива:

$$КРІ = \tau_{факт.} / \tau_{норм.}$$

### Обсуждение.

Целесообразность разработки и применения данной методики заключается в его экономической эффективности т.е. нет необходимости установки расходомера топлива с соответствующими финансовыми затратами на их приобретение, монтаж и отладку с устранением возникающих проблем конструкционных несовместимостей старых тепловозов и системы контроля и учета расхода топлива.

Кроме того, хронометражная оценка времени выполнения маневров и связанного с этим расхода топлива позволяет лучше понимать, когда и как реально используется топливо. Это открывает возможности для оптимизации маршрутов, режимов работы и технического обслуживания с целью снижения расхода топлива.

В основном эти системы пришли из автомобильного транспорта, отличающиеся принципами измерения и, следовательно, стоимостью, они плохо учитывают большие объемы топливных баков, профиль пути, прогревы, сезонность работ – определяющие нормы расхода и много др.

Кроме того, установка систем контроля и учета расхода топлива на старые тепловозы может столкнуться со значительными проблемами, в зависимости от технических характеристик и структуры конкретной модели тепловоза.

#### **Заключение.**

На основе данных хронометражных исследований можно разрабатывать более эффективные планы и графики движения маневровых тепловозов. Это помогает снижать издержки на топливо, уменьшать временные задержки и повышать общую производительность

Разработка методики учета на основе хронометражных исследований способствует внедрению новых технологий и методов, что может сделать компанию более конкурентоспособной и привлекательной для инвесторов.

Таким образом, повышение эффективности и уменьшение издержек будет способствовать улучшению финансовых показателей компании и ее общей устойчивости на рынке.

**Финансирование.** Данное исследование было профинансировано Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №АР22688234).

#### **ЛИТЕРАТУРА**

[1] Концепция развития транспортно-логистического потенциала Республики Казахстан до 2030 года. Утверждена Постановлением Правительства Республики Казахстан от 30 декабря 2022 года № 1116.

[2] Петухов Ю.А., Сквородников Е.И., Тиссен Д.Э. Совершенствование методов контроля расхода топлива на маневровые и хозяйственные работы с использованием бортовых систем. Известия Транссиба. 2013. №3 (15). С. 61–66.

[3] Методические указания по расчету норм времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте. Москва : МПС РФ. 1998. 84 с.

[4] Нормы времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожных станциях ОАО «РЖД», нормативы численности бригад маневровых локомотивов. Москва: Техинформ. 2007. - 102 с.

[5] Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железнодорожном транспорте. Утверждена приказом № 544 Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 апреля 2015 года. – 153 с.

[6] Козаченко Д.Н. Организация контроля технологических процессов железнодорожных станций на основании статистических методов. Наука та прогрес транспорту. 2019. № 4 (82). С. 47–60. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2019/178426>.

[7] Vávra, R., Janoš, V., Michl, Z. Arrangement of the Internal Environment Structure of the SW Database for the Technological Timetable Construction. *Transp. Res. Procedia*, 2021, 53, 146–153.

#### **REFERENCES\***

[1] Konceptija razvitija transportno-logisticheskogo potenciala Respubliki Kazahstan do 2030 goda. Utverzhdena Postanovleniem Pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 30 dekabrya 2022 goda № 1116.



[2] Petuhov Ju.A., Skovorodnikov E.I., Tissen D.Je. Sovershenstvovanie metodov kontrolja rashoda topliva na manevrovye i hozjajstvennye raboty s ispol'zovaniem bortovyh sistem. Izvestija Transsiba. 2013. №3 (15). S. 61–66.

[3] Metodicheskie ukazaniya po raschetu norm vremeni na manevrovye raboty, vypolnjaemye na zheleznodorozhnom transporte. Moskva : MPS RF. 1998. 84 s.

[4] Normy vremeni na manevrovye raboty, vypolnjaemye na zheleznodorozhnyh stancijah OAO «RZhD», normativy chislennosti brigad manevrovyyh lokomotivov. Moskva: Tehninform. 2007. - 102 s.

[5] Instrukcija po dvizheniju poezdov i manevrovoj rabote na zheleznodorozhnom transporte. Utverzhdena prikazom № 544 Ministra po investicijam i razvitiju Respubliki Kazahstan ot 30 aprelja 2015 goda. – 153 s.

[6] Kozachenko D.N. Organizacija kontrolja tehnologicheskikh processov zheleznodorozhnyh stancij na osnovanii statisticheskikh metodov. Nauka ta progres transportu. 2019. № 4 (82). S. 47–60. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2019/178426>.

[7] Vávra, R., Janoš, V., Michl, Z. Arrangement of the Internal Environment Structure of the SW Database for the Technological Timetable Construction. Transp. Res. Procedia, 2021, 53, 146–153.

**Мурат Мусабеков**, т.ғ.к., доцент, «Тенгизшевройл» ЖШС, Атырау, Қазақстан, murat-shar@mail.ru

**Айша Мусабекова**, PhD, сениор лектор, Almaty Management University, Алматы, Қазақстан, aisha\_1292@mail.ru

**Ғабит Бақыт**, PhD, қауымдастырылған профессор, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Қазақстан, gaba\_b@bk.ru

**Ғалымжан Аширбаев**, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Қазақстан, galymzhan\_68@mail.ru

**Айжан Маханова**, докторант, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Қазақстан, mahanova.2012@mail.ru

## КІРМЕ ЖОЛДАР ЖАҒДАЙЫНДА МАНЕВРЛІК ЖҰМЫСТАРДА ЛОКОМОТИВТЕРДІ ПАЙДАЛАНУ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ ӘДІСТЕМЕСІ

**Аңдатпа.** Осы мақаланың мақсаты теміржол кірме жолдарындағы маневрлі тепловоздардың нақты отын шығынын бағалау әдістемесін әзірлеу болып табылады. Қарастырылған әдіс пайдаланылатын маневрлік локомотивтерде отын шығынын есепке алудың арнайы жүйелерін орнатпай-ақ маневрлік жұмысты орындау үшін нақты отын шығынын анықтауға мүмкіндік береді. Хронометраждық зерттеулер негізінде отын шығынын есепке алудың ұсынылған тәсілі тиімділік көрсеткіштерін арттырады және шығындарды азайтады, осылайша компанияның қаржылық көрсеткіштерін жақсартуға ықпал етеді.

**Түйінді сөздер.** Маневрлік тепловоздар, теміржол кірме жолы, хронометраждық зерттеу, нақты отын шығыны, маневрлік жұмыс, отын шығынының нормасы.

**Murat Mussabekov**, candidate of technical sciences, docent, Tengizchevroil LLP, Atyrau, Kazakhstan, murat-shar@mail.ru

**Aisha Mussabekova**, PhD, senior lecturer, Almaty Management University, Almaty, Kazakhstan, aisha\_1292@mail.ru

**Gabit Bakyt**, PhD, associate professor, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Almaty, Kazakhstan, gaba\_b@bk.ru

**Galymzhan Ashirbayev**, candidate of technical sciences, associate professor, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Almaty, Kazakhstan, galymzhan\_68@mail.ru

**Aizhan Makhanova**, doctoral student, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Almaty, Kazakhstan, maxanova.2012@mail.ru

## **METHODOLOGY FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF LOCOMOTIVES IN SHUNTING OPERATIONS IN THE CONDITIONS OF ACCESS ROADS**

**Abstract.** The purpose of this article is to develop a methodology for estimating the actual fuel consumption of shunting diesel locomotives on railway sidings. The considered technique makes it possible to determine the actual fuel consumption for performing shunting work without installing special fuel consumption monitoring systems on operated shunting locomotives. The proposed method of accounting for fuel consumption based on time-lapse studies increases efficiency indicators and reduces costs, thereby contributing to the improvement of the company's financial performance.

**Keywords.** Shunting diesel locomotives, railway access road, time study, actual fuel consumption, shunting work, fuel consumption rate.

\*\*\*\*\*

Редакцияға түсті / Поступила в редакцию / Received 12.05.2024

Жариялауға қабылданды / Принята к публикации / Accepted 28.09.2024