

**В.И. ОМЕЛЬЯНЕНКО**, д-р техн. наук, **Н.Н. КАЛЮЖНЫЙ**,  
**Г.В. КРИВЯКИН**, канд. техн. наук, **Б.Х. ЕРИЦЯН**, (г. Харьков)

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА ТЕПЛОВОЗОМ ПРИ ВЕДЕНИИ ПОЕЗДА ПО УЧАСТКУ ПУТИ ЗАДАННОГО ПРОФИЛЯ**

Розроблені методика та алгоритм уточненого розрахунку витрати палива тепловозом при руху з потягом по ділянці шляху заданого профілю на основі результатів рішення тягової задачі. Представлена реалізація розробленої методики у вигляді пакету програм для ПЕОМ. Розв'язана тестова задача по розрахунку витрати палива при веденні потягу по реальній ділянці шляху.

The method and the algorithm of the fuel consumption specified calculation by diesel locomotive when moving with train the track section of established profile on basic of the decision results of coupler task are worked out. The realization of developed methods in the form of software package for personal computer is presented. The test task by calculation the fuel consumption when locomotive moving the real track section is solved.

Рост цен на дизельное топливо и спад объемов перевозок в существующей экономической обстановке негативно отражаются на рентабельности железнодорожных перевозок. В этих условиях большое значение приобретает разработка и внедрение на железной дороге системного подхода к энергосберегающим технологиям. Одной из составляющих такого подхода является научное обоснование нормирования расхода топлива.

Величина расхода топлива определяется характеристиками силовой установки тепловоза, согласованием режимов ее работы с передачей мощности и квалификацией машиниста. Так, опытные машинисты экономят 5...10% топлива по сравнению с установленной нормой, что свидетельствует об имеющихся резервах экономии топлива.

Согласно имеющейся методике расход топлива при движении тепловоза с поездом по участку пути с заданным профилем определяется на основании диаграмм скорости  $V=f(S)$  и времени движения  $t=f(S)$  полученных в результате тягового расчета. Также в расчете учитываются экспериментальные данные об удельном расходе топлива в различных режимах работы тепловозного дизеля. Таким образом, суммарный расход топлива в килограммах рассчитывается по формуле

$$E = \sum_{i=1}^n G_i \Delta t_i + g_x \Delta t_x ;$$

где:  $G_i=f(V, P_k)$  – расход топлива за  $i$ -й интервал движения, кг/мин;  $\Delta t_i$  – длительность  $i$ -го интервала движения, мин;  $g_x \Delta t_x$  – расход топлива дизелем

тепловоза в режиме холостого хода, кг;  $V$  – скорость движения поезда, км/час;  $P_k$  – позиция контроллера машиниста.

Такая оценка расхода топлива является приближенной, поскольку: для определения средней скорости движения на  $i$ -м интервале используются значения скоростей в начале и в конце интервала; изменения скорости внутри интервала не учитываются; для уменьшения объема вычислений, уменьшается количество переключений контроллера машиниста; скорость движения поезда и позиция контроллера машиниста однозначно не определяют текущую мощность дизеля; невозможно учесть изменение расхода топлива в переходных режимах работы, которые могут составлять до 20% общего времени работы дизеля [1].

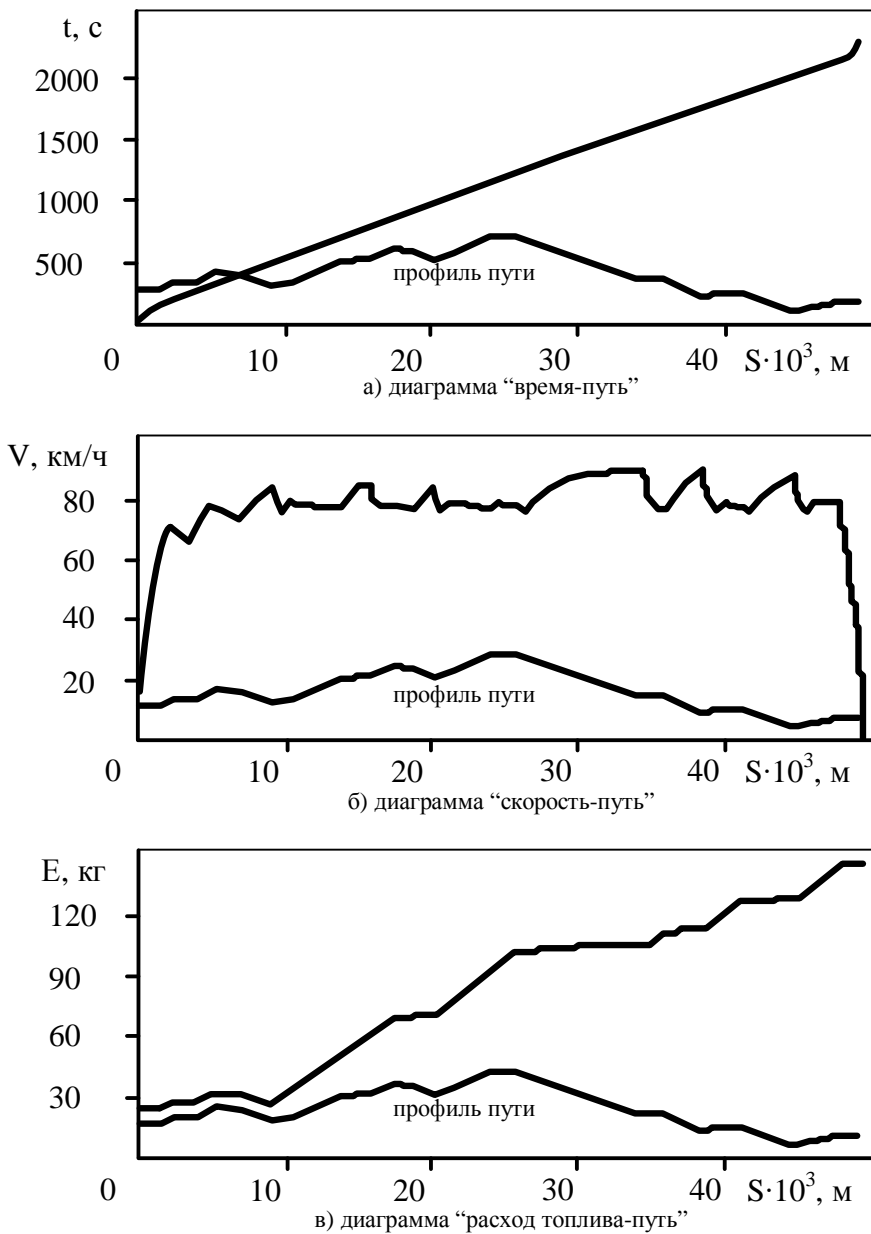
Исходя из этого, была поставлена цель, разработать методику уточненного расчета расхода топлива и реализовать ее для удобства использования в виде пакета программ для ПЭВМ.

Для достижения этой цели предложено использовать в расчете не усредненные значения скорости и мощности, а их мгновенные значения. Также для реализации различных стратегий ведения поезда предусматривается интерактивный режим работы пользователя и ЭВМ. Это позволяет избежать необходимости перепрограммирования логики системы автоведения жестко «защитой» в программном коде.

Исходными данными для уточненного расчета являются: заданные скорость и ускорение при движении поезда по участку пути; параметры профиля пути (длины и уклоны участков, радиусы и длины кривых, длина перегона); параметры силовой установки (номинальная мощность, характеристика удельного расхода топлива); параметры локомотива (тип, количество секций); параметры состава (тип и количество вагонов).

Расчетными величинами являются: общее время движения поезда по перегону; время движения в координатах «время-путь»; мгновенная скорость движения в координатах «скорость-путь»; мгновенные значения мощности и расхода топлива; суммарный расход топлива.

При разработке алгоритма в основу работы системы управления движением заложены следующие принципы: наращивание (сброс) мощности дизеля производится с учетом времени переходных процессов при переключении позиций; предусмотрены следующие режимы движения локомотива: разгон, тяга, выбег, реостатное и пневматическое торможение; управляющие воздействия вырабатываются системой путем сравнения текущей скорости движения поезда с заданной для данного участка, с учетом мгновенных значений ускорения, силы тяги (торможения); при движении происходит проверка на превышение силы тяги (торможения) согласно предельной величине сцепления колеса с рельсом; поезд рассматривается как распределенная система, а не в виде материальной точки.



Разработанный программно-алгоритмический комплекс позволяет рассчитывать уточненные значения мгновенных значений расхода топлива и его суммарной величины на основе результатов решения тяговой задачи. Программная реализация комплекса выполнена в среде объектно-ориентированного программирования DELPHI [2].

Для нахождения кривых движения поезда используется дифференциальное уравнение движения в форме Коши [3].

$$\frac{dV}{dt} = x \cdot f_y ;$$

где:  $\xi$  – ускорение поезда, при действии ускоряющей силы 1 Н/т, м/с<sup>2</sup>;  $f_y$  – удельная ускоряющая сила поезда, Н/т.

Для решения уравнения движения в программно-алгоритмическом комплексе используется модифицированный метод Эйлера-Коши [4].

Тестирование программного комплекса было проведено при моделировании расхода топлива тепловозом с дизелем 1Д80Б (16ЧН26/27) номинальной мощностью 2080кВт, ведущим пассажирский состав из 14 вагонов по перегону длиной 49,082 км линии Харьков-Киев с заданной скоростью 80 км/ч. Руководящий уклон на рассматриваемом перегоне составляет 5‰ и имеет протяженность 7,65км.

Как видно на графиках результатов моделирования (рис. 1), время движения поезда составило 2272с при средней скорости движения 77,8км/час. Суммарный расход дизельного топлива составил 148,7кг.

Также был проведен расчет расхода топлива по применяемой в настоящее время методике использующей средние значения параметров по участку движения. Расход дизельного топлива в этом случае составил 172,9кг. Разница между результатами, полученными по используемой и уточненной методикам, составила 24,2кг, т.е. около 14%.

В настоящее время программный комплекс проходит отладку по результатам сравнения расчетных величин расхода топлива с величинами, полученными при проведении опытных поездок.

Таким образом, разработанная методика, использующая для расчета расхода топлива мгновенные значения скорости движения и мощности силовой установки, позволяет учитывать изменение режимов работы тепловоза в процессе движения. Это дает возможность более точно производить нормирование необходимого количества топлива.

**Список литературы:** 1. Струнзе Б.Н., Канило П.М., Невелев И.М. и др. Регулирование частоты вращения и мощности дизель-генераторов тепловозов – М., Транспорт, 1976, 112с. 2. Фленов М.Е. Библия DELPHI. СПб., ПХВ-Петербург, 2004 –880с. 3. Деев В.В., Ильин Г.А., Афонин Г.С. Тяга поездов – М., Транспорт, 1987 – 264с. 4. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.,Наука, Физматмет, 1987 –548с.

*Поступила в редколлегию 22.12.2009*

**Т.В. ПАРФЕНЮК**, НТУ «ХПИ» (г. Харьков)

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЯГОВОГО СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ВОЗБУЖДЕНИЕМ ОТ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ**

Наведено методику визначення залежностей потокозчеплень та електромагнітного моменту тягового синхронного двигуна за результатами розрахунку магнітного поля методом кінцевих елементів.

A method is resulted of determination of dependence of flux linkage and electromagnetic moment of hauling synchronous engine as a result of computation of magnetic field by the method of eventual elements.

В настоящее время на железных дорогах Украины проводится комплекс мероприятий по повышению качества и увеличению объема пригородных перевозок на железнодорожном транспорте. Актуальным направлением этой работы является создание отечественного мотор-вагонного подвижного состава для малонагруженных участков перевозок так называемые рельсовые автобусы и повышение энергосбережения и снижение затрат на железных дорогах.

Основной проблемой существующей на данный момент является выбор типа тягового привода для такого подвижного состава, обеспечивающего необходимый уровень энергоэффективности при минимальных эксплуатационных издержках.

В работах [1,2] проведен анализ существующих и перспективных типов электромеханических преобразователей энергии для подвижного состава. Одним из перспективных типов является преобразователь на базе синхронного двигателя с возбуждением от постоянных магнитов.

Однако в настоящее время для создания тяговых приводов на базе синхронных тяговых двигателей с возбуждением от постоянных магнитов отсутствуют обобщенные модели привода в целом, позволяющие проводить моделирование переходных и аварийных режимов привода. Для создания такой модели необходимо разработать модель тягового синхронного двигателя, параметры которой отражали состояние магнитной системы в различных режимах ее работы

Цель работы: разработать методику определения зависимостей потокозчеплений фаз обмоток статора и электромагнитного момента по результатам расчета магнитного поля методом конечных элементов.

Для решения поставленной цели предлагается провести комплекс цифровых экспериментов по определению электромагнитного момента и потокозчеплений обмоток статора тягового двигателя.