

тельность автобуса возрастает на 9–10%, автосамосвала на 12%. Средняя скорость большегрузного автомобиля возрастает на 5–6 %. Это обусловлено своевременным текущим смещением программных значений на переключение передач в зависимости от изменения фаз движения (разгона, замедления), значений ускорения автомобиля, продольного уклона дороги и управляющих воздействий водителя.

Разработанная методика синтеза и комплекс проведенных исследований использованы при создании адаптивных алгоритмов ИСУ энергетическими режимами упомянутых выше автомобилей.

УДК 629.4.082.25

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В ЛОКОМОТИВНОМ ДЕПО

Френкель Б.С.

*Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь*

Одной из важных проблем стоящих перед железнодорожным транспортом является экономия топливных ресурсов. Решению этой проблемы в частности способствует внедрение более совершенных систем учета топлива в локомотивном хозяйстве. В связи с этим возникает потребность в оценке эффективности той или иной системы учета, как с технической, так и с экономической точки зрения. Для такой оценки необходимо иметь точную информацию о наличии топлива на складе и в баке каждого тепловоза в любой момент времени, а также о количестве топлива, выданного на пунктах экипировки. Получить такую информацию в реальных условиях эксплуатации практически невозможно из-за погрешностей.

Автором на кафедре «Тепловозы и тепловые двигатели» БелГУТа разработана математическая модель движения топлива в локомотивном хозяйстве, которая позволяет решать задачи, связанные с оценкой и выбором методики и средств измерения количества топлива и его учета. Структурно модель подразделяется на три части: подсистема работы резервуаров топливного склада, подсистема работы пункта экипировки и подсистема расхода топлива тепловозами. В модели организованы два параллельных потока с измерительной информацией: поток фактических значений, которые невозможно установить на реальном объекте и поток измеренных значений с уче-

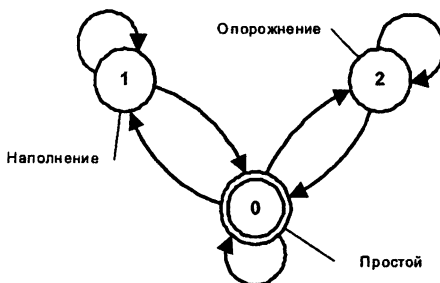
том погрешностей. Принято, что все погрешности в модели подчиняются нормальному закону распределения с параметрами, задаваемыми для каждого модельного эксперимента.

Модель движения топлива реализована, как имитационная дискретно-детерминированная, основанная на событийном методе. В моделях такого типа время t является дискретной переменной: $t = tD$, где D — шаг дискретизации, а $t = 0, 1, 2, \dots$ — «дискретное время».

Рассмотрим подробнее каждую из подсистем

Подсистема работы резервуаров топливного склада

Каждый резервуар топливного склада может находиться в одном из трех состояний: наполнение, опорожнение и простой. Переходы между этими состояниями описываются графом, приведенным на рис. 1.



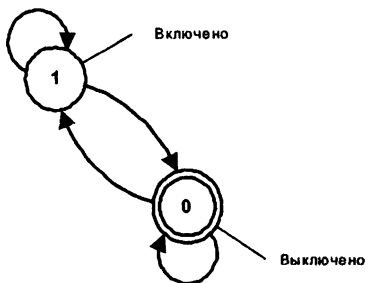
Если на топливном складе находится два резервуара с дизельным топливом, то их работа организуется следующим образом. В то время как один резервуар пополняется, топливо из другого — расходуется на экипировку дизельного подвижного состава и выдачу прочим потребителям дизельного топлива. После опорожнения второго резервуара он переключается на наполнение, а первый — переключается на выдачу потребителям. При наличии на топливном складе более чем двух резервуаров работа организуется таким образом, что часть резервуаров пополняется топливом, а из остальных резервуаров топливо расходуется на пунктах экипировки.

Рассмотрим систему с двумя резервуарами. Исходным для каждого резервуара является состояние «0» (Простой) вне зависимости от того используется резервуар на наполнение или на опорожнении. В этом состоянии количество топлива в резервуаре остается неизменным. Если резервуар используется на опорожнение, то при включении насоса на пункте экипировки он переводится в состояние «2» (Опорожнение) и находится в нем до тех пор, пока экипируется топливом хотя бы один тепловоз, после чего возвращается в состояние «0». В этом состоянии количество топлива в резервуаре уменьшается с каждым

шагом модельного времени на величину, определяемую насосом раздаточной колонки и количеством одновременно работающих колонок. В случае если количество топлива в резервуаре достигает определенного минимального значения (m_p^{min}), резервуар переключается для наполнения, оставаясь, тем не менее, в состоянии «0». Пополнение резервуаров дизельным топливом производится с задаваемой периодичностью. Переход резервуара в состояние «1» (Наполнение) происходит в случае постановки под слив одной или нескольких цистерн с дизельным топливом. В этом состоянии количество топлива в резервуаре увеличивается на каждом шаге модельного времени на величину, определяемую сливным насосом или производительностью сливной эстакады в случае опорожнения цистерн самотеком. Возврат в состояние «0» происходит после слива топлива из всех цистерн. Резервуар работает на наполнение до тех пор, пока количество топлива в нем не достигнет определенного максимального значения (m_p^{max}). Переход к работе на опорожнение происходит в случае переключения второго резервуара для наполнения.

Подсистема работы пункта экипировки

Каждая раздаточная колонка на пункте экипировки может находиться в одном из двух состояний: включено или выключено. Переходы между этими состояниями описываются графом, приведенным на рис. 2.

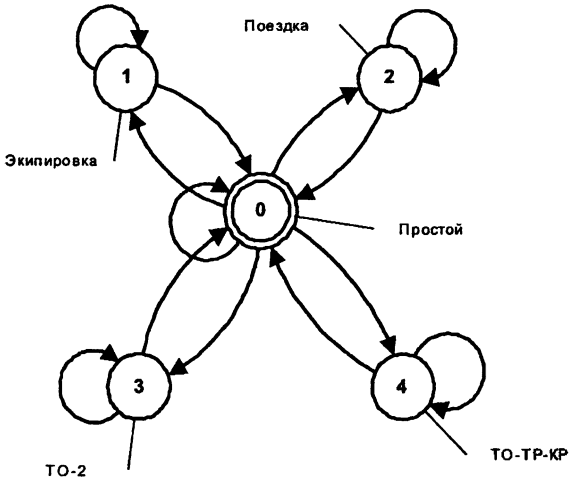


Исходным состоянием для каждой колонки является состояние «0» (Выключено). В этом состоянии показания счетчика колонки не изменяются. Переход в состояние «1» (Включено) происходит при постановке на экипировку тепловоза. В этом состоянии показания счетчика колонки увеличиваются с каждым шагом модельного времени на величину, определяемую производительностью насоса колонки. Возврат в состояние «0» происходит при окончании экипировки тепловоза дизельным топливом.

Подсистема расхода топлива тепловозами

Любой тепловоз в каждый момент времени может находиться в одном из пяти состояний: простой в депо, поездка, экипировка топливом, техниче-

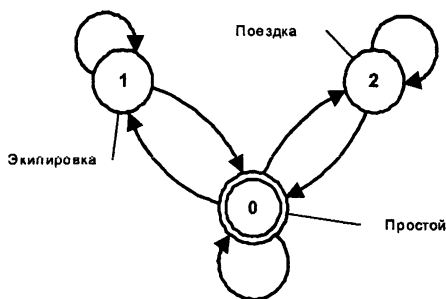
кое обслуживание ТО-2 и техническое обслуживание или ремонт отличные от ТО-2 (ТО-3, ТР-1, ТР-2, ТР-3 и КР-1). На графе состояний тепловозов, изображенном на рис. 3 показаны все состояния тепловозов и возможные варианты переходов между ними.



Любой вид ремонта или ТО для модели будет представлен как простой локомотива в течение определенного времени. Таким образом, это состояние можно объединить с состоянием простоя. Состояние ТО-2 представляет собой такой же простой, отличающийся лишь тем, что во время него экипировка тепловоза топливом производится непосредственно на участке ТО-2. Состояние ТО-2 целесообразно объединить с состоянием экипировки, а в исходных данных для модели в число раздаточных колонок включать как колонки, находящиеся на пункте ТО-2, так и вне его. Учитывая эти изменения, граф состояний тепловозов приобретет следующий вид (рис. 4).

Исходным состоянием для каждого тепловоза является «0» (Простой). В этом состоянии количество топлива в баке не изменяется. Переход в состояние «1» (Экипировка) происходит при необходимости отправления тепловоза в поездку и количестве топлива в баке меньше минимально допустимого значения (m_{Δ}^{min}). В этом состоянии количество топлива в баке увеличивается на каждом шаге модельного времени на величину, определяемую производительностью раздаточной колонки. Экипировка дизельным топливом производится до тех пор, пока количество топлива в баке тепловоза не достигнет определенного максимального значения (m_{Δ}^{max}) после чего происходит возврат в состояние

«0». Необходимость отправки тепловоза в поездку определяется случайным образом. Тепловозы уходят в поездку и остаются в депо с вероятностью равной 0,5. Переход в состояние «2» (Поездка) осуществляется при необходимости отправки тепловоза в поездку и если количество топлива в баке больше или равно минимально допустимому значению (m_E^{min}). Количество топлива в баке в состоянии «2» уменьшается в соответствии с моделью расхода топлива, которая построена на основании данных регрессионного анализа маршрутных листов машиниста по исследуемому депо. Возврат в состояние «0» происходит с прибытием тепловоза на станцию назначения. В модели принято, что экипировка тепловоза дизельным топливом производится только в основных депо.



Выходными данными для модели движения дизельного топлива являются две базы данных. В первой содержится информация о выполненных поездках (маршрутные листы машиниста). Вторая база данных содержит значения количества топлива на складе, количества топлива выданного через каждую раздаточную колонку и количества топлива в баке каждого локомотива, зафиксированные с заданной периодичностью. В модели фиксируются как фактические, так и измеренные значения количества топлива. Это позволяет оценить, как влияет погрешность измерения на каждом из этапов работы топливного хозяйства на точность измерительной информации в системе учета в целом.

Исследования модели и сопоставление результатов моделирования с данными о реальных поездках показали адекватность результатов, полученных на модели, данным из маршрутных листов.

Представленная модель используется для исследований, направленных на совершенствование системы измерения и учета дизельного топлива. Эти исследования проводятся с использованием метода топливных балансов. Используя метод балансов, можно выявить «узкие места» т.е. те места, где совершенствование системы измерения и учета дизельного топлива наиболее актуально, а, следовательно, может дать наибольший эффект.