Доклад АО "ВНИКТИ"

на сетевой школе

г. Челябинск

22-23.09.2016г.

Впервые об энергоэффективности локомотивов и показателе энергоэффективности в виде индикатора энергетической эффективности (ИЭЭФ) наиболее пристально начали говорить в ОАО "РЖД" на совещаниях различного уровня, в том числе у ЦЗС, в середине 2013 г. Причина тому – Постановление Правительства от 16 апреля 2012г. №308, в котором были установлены численные значения ИЭЭФ для тепловозов и электровозов. Например, для тепловозов всех типов и назначения значение ИЭЭФ должно составлять не более 40 кг у.т./104 ткм бр. Приобретая локомотивы, обеспечивающие это значение ИЭЭФ, ОАО "РЖД" вправе было рассчитывать на налоговые преференции. При этом совершенно очевидно, что ИЭЭФ в этой размерности – это не показатель энергоэффективности локомотива, как энергетического объекта. Это высокоинформативный показатель энергоэффективности перевозочного процесса.

Тем не менее, под давлением постановления №308 в 2014-2015 годах в рамках планов НТР "РЖД" ВНИКТИ и ОмГУПС были разработаны методики расчета и подтверждения ИЭЭФ тепловозов и электровозов. Реализация методики подтверждения расчетного значения ИЭЭФ, если бы оно было внесено, например, в ТУ на тепловоз – это крайне трудоемкое и дорогостоящее мероприятие, а в принципе бессмысленное.

Постановлением Правительства от 17 июня 2015г. №600 отменено постановление №308, устанавливающее значение ИЭЭФ в размерности "кг у.т./104 ткм бр." А вопрос внесения в ТУ на локомотивы показателя в виде ИЭЭФ, действительно характеризующего их энергоэффективность, как энергетических объектов, на настоящее время остается открытым. Замечу, что в ТУ на современные тепловозы присутствуют два показателя претендующие на отнесение их к показателям энергоэффективности. Это КПД на номинальном режиме и коэффициент полезного использования мощности дизеля. В соответствии с ГОСТ… и ГОСТ… КПД на номинальном режиме должен быть не менее 0,31 для магистрального тепловоза и 0,32 для маневрового, а коэффициент полезного использования мощности дизеля не менее 0,78 (?). По нашему мнению эти показатели лишь отчасти характеризуют энергоэффективность тепловозов, учитывая значительную переменность мощностных режимов их работы в эксплуатации. Отмечу также, что что Технический регламент таможенного союза "О безопасности железнодорожного подвижного состава" содержит требование по обеспечению им соответствия энергетической эффективности.

Учитывая перечисленные обстоятельства нами сформированы основные требования к ИЭЭФ тепловозов, который должен включаться в ТУ на них. Эти требования представлены на слайде 1.

В предлагаемом ИЭЭФ используются ряд базовых понятий, приведенных на слайде 2.

Структура ИЭЭФ приведена на слайде 3. ИЭЭФ – это отношение экспериментально-расчетного КПД тепловоза и контрольному расчетному КПД.

Обращаю Ваше внимание, что в определении контрольного расчетного КПД тепловоза на слайде 3 содержится фраза "удельный расход топлива дизеля, соответствующий значениям технических требований к экономичности дизелей тепловозов в дальней перспективе".

В связи с этим отмечу, что ранее требования к удельному расходу топлива судовых, тепловозных и промышленных дизелей содержались в ГОСТ 10150-88. В современном ГОСТ 10150-2014 "Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Общие технические условия" требований к удельному расходу топлива дизелей нет. Буквально содержится следующее "Удельный расход топлива двигателя следует устанавливать в ТЗ и ТУ на двигатели конкретного типа" и все.

В этих обстоятельствах мы обратили внимание на утвержденный в 2008г. ОАО "РЖД" документ "Тепловозные дизели. Технические требования", содержащий требования к удельной экономичности дизелей магистральных и маневровых тепловозов в ближайшей и дальней перспективе. Правда, временные горизонты этих перспектив в документе не обозначены. Требования к удельной экономичности дизелей приведены на слайде 4.

Интерпретация этих требований для мощностного диапазона д/г 18-9ДГ тепловозов 2ТЭ116У, 2ТЭ25КМ в графическом виде приведена на слайде 5. Данные приведены полем: по нижней границе для дальней перспективы и верхней границе для ближайшей перспективы. Верхняя и нижняя границы – это разрешенный ГОСТ 10150-2014 5% допуск к удельному расходу топлива для объявленной мощности дизеля. Графическая интерпретация требований к удельной экономичности дизелей маневровых тепловозов на примере д/г 1-ПДГ4Д приведена на слайде 6.

Оценка предлагаемого нами ИЭЭФ осуществляется при реостатных испытаниях тепловоза и при автоматическом нагружении его силовой установки на реостат по режимам тест-циклограммы, имитирующей загрузку силовой установки, соответствующую типовому режиму работы тепловоза в эксплуатации. Характеристики циклов работы, входящих в тест-циклограммы нагружения силовой установки магистральных тепловозов на реостат, приведены на слайде 7. Для грузового тепловоза – это имитация его работы при средней загрузке в эксплуатации, для пассажирского – при его работе со скорыми поездами.

Для оценки ИЭЭФ нужны технические средства. Они у нас есть и к ним относятся программно-аппаратный комплекс "Имитатор" для реализации тест-циклограммы, расчета потока энергий, определения ранее упомянутых 2-х КПД и оценки ИЭЭФ. Структурная схема ПАК "Имитатор" приведена на слайде 8.

Для оценки ИЭЭФ нужно определить расход топлива за время реализации тест-циклограммы. Мы ориентируемся на весовой способ измерения расхода топлива, для чего топливная система дооборудуется. Пример дооборудования топливной системы тепловоза 2ТЭ116У приведен на слайде 9.

Для определения ИЭЭФ нужно знать потоки энергий на основании энергетической схемы, пример которой для секции тепловоза 2ТЭ116У приведен на слайде 10.

Оцениваемые потоки энергий при определении экспериментально-расчетного КПД на примере секции тепловоза 2ТЭ116У приведены на слайде 11.

Оценка контрольного расчетного КПД производится по значению двух энергий, приведенным на слайде 12.

Важное значение имеет установление граничных значений ИЭЭФ, проектные оценки которых приведены на слайде 13.

При установлении граничных значений ИЭЭФ мы исходили из следующего. ИЭЭФ будет равен 1 в том случае, если экспериментально-расчетный КПД тепловоза будет равен контрольному расчетному КПД – это возможно в том случае, если фактический удельный расхода топлива дизель-генератора тепловоза будет равен значениям удельного расхода топлива, соответствующим значениям дальней перспективы по нижней границе (нижняя кривая на слайде 5) и при отсутствии переходных процессов. Но переходные процессы всегда есть. Наличие их ухудшает экономичность дизеля. Мы считаем, опираясь на работы ПГУПС, что от переходных процессов экономичность дизеля снижается на 2%. Учитывая это, верхнее граничное значение ИЭЭФ будет равно 0,98. Значение удельного расхода топлива, соответствующее ближайшей преспективе по верхней границе, на 7% выше удельного расхода, соответствующего дальней перспективе по нижней границе (слайд 5). Это означает, что нижнее граничное значение ИЭЭФ будет равно 0,91.

Мы предлагаем ввести для тепловозов понятие "класс энергетической эффективности". Тепловоз, имеющий ИЭЭФ из диапазона 0,98-0,95, относится к классу энергоэффективности А++, из диапазона 0,95-0,93 – к классу А+, из диапазона 0,93-0,91 – к классу А, класс В – уровень энергоэффективности неудовлетворительный.

Слайд 14. Определение значения ИЭЭФ следует проводить в вероятностном аспекте, т.е. отнесение тепловоза к тому или иному классу энергоэффективности следует проводить по минимальному значению ИЭЭФ, которое с доверительной вероятностью, например 80%, может иметь ИЭЭФ по результатам нескольких опытов.

Слайд 15. В 2014г. нами проведены реостатные испытания секции А тепловоза 2ТЭ116У-295 с целью определения уровня ее энергоэффективности. Воспользовавшись результатами этих испытаний, мы попытались ответить на вопрос, к какому классу энергоэффективности относится эта секция тепловоза, если бы ТУ на этот тепловоз содержало требование по энергоэффективности в виде ИЭЭФ из диапазона 0,98-0,91. Расчетом установлено, что минимальное значение ИЭЭФ составляет 0,8984.

Слайд 16. На слайде в графическом виде приведены результаты определения ИЭЭФ секции А тепловоза 2ТЭ116У-295 и отнесение секции к классу энергоэффективности по значению ИЭЭФ.

Слайд 17. Приведено проектное видение оформления результатов определения ИЭЭФ и класса энергоэффективности секции А тепловоза 2ТЭ116У-295. Сделан вывод – класс энергоэффективности В, секция А этого тепловоза не соответствует установленному требованию по значению ИЭЭФ.

Слайд 18. Приведены результаты проектного расчета годовых затрат на дизельное топливо тепловозами 2ТЭ116У, относящихся к различным классам энергоэффективности. Из представленного следует, что если бы тепловоз 2ТЭ116У-295 имел бы значение ИЭЭФ, хотя бы соответствующее минимальному значению класса энергоэффективности А++, то годовая экономия топлива этим тепловозом составила бы порядка 56 тонн.

Слайд 19. Приведены проектная стоимость оборудования и работ при определении ИЭЭФ магистрального тепловоза. Единовременные затраты составляют порядка 300 тыс. рублей, текущие затраты около 26 тыс. рублей, расход дизельного топлива порядка 350 кг, а оперативное время 3-х кратной реализации тест-циклограммы 90 минут. Значения всех этих показателей значительно более чем на порядок меньше, чем при реализации методики подтверждения ИЭЭФ в размерности "кг у.г/104 ткм бр".

В заключение отмечу, что разговоры об энергоэффективности локомотивов будут куда более конкретные, если к ИЭЭФ будут подключены деньги. К примеру, сейчас д/г 18-9ДГ тепловоза 2ТЭ116У стоит порядка 18-19 млн. рублей. А класс энергоэффективности тепловоза, как ранее было показано, только В. РЖД, эксплуатируя этот тепловоз, несет убытки, если исходить из требований компании 2008г. к перспективной экономичности дизелей. Очевидно, что упомянутая стоимость д/г 18-9ДГ была бы оправдана при классе энергоэффективности тепловоза А++. В сегодняшней ситуации он должен стоить меньше.

Что нужно для внесения предлагаемого нами ИЭЭФ в ТУ на тепловозы?

1. Балансодержатель парка должен четко сформулировать требования к экономичности дизелей магистральных и маневровых тепловозов. Желания не должны быть беспредельными, они должны устанавливать реальный горизонт, в том числе по времени.
2. Относительно этого горизонта необходимо установить классы энергоэффективности, а цену д/генераторов тепловозов, или тепловоза в целом, устанавливать дифференциально, т.е. в соответствии с его классом энергоэффективности.
3. Необходимо в 2017г. разработать "Общую методику определения ИЭЭФ, включаемого в ТУ на тепловозы" и апробировать ее с магистральным и маневровым тепловозом.