



## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДИЗЕЛЯ

Мухаммад Шералиевич Валиев.,  
Хусан Рахматуллаевич Қосимов.

Ташкентский государственный транспортный  
университет, 100167, Адылходжаева 1, Ташкент,  
Узбекистан



### Аннотация.

Надежность тепловозных дизелей в значительной степени зависит от своевременной и объективной оценки технического состояния его оборудования в процессе эксплуатации. В статье предлагается методика интегральной оценки технического состояния качества рабочего процесса в цилиндре дизеля с использованием бортовых средств диагностики.

### Ключевые слова:

Система технического обслуживания, микропроцессорная система, диагностика дизеля по интегральной оценке, топливная аппаратура, цилиндро-поршневая группа, температура отработавших газов, коэффициент избытка воздуха, датчик содержания кислорода.

Повышение эксплуатационной экономичности и надежности тепловозов требует непрерывного контроля технического состояния их оборудования в процессе эксплуатации. Задача достоверной оценки качества рабочего процесса в цилиндрах тепловозного дизеля и технического состояния определяющих его узлов топливной аппаратуры и цилиндро-поршневой группы в настоящее время решается стационарными и бортовыми средствами диагностики на основании анализа индикаторной диаграммы рабочего процесса. Использование такого подхода для непрерывного контроля технического состояния тепловозного дизеля в эксплуатации невозможно по ряду причин, основной из которых является отсутствие технической возможности непрерывного измерения давления в цилиндре дизеля, которое необходимо для снятия индикаторной диаграммы. В связи с этим актуальной является задача разработки методов интегральной оценки качества рабочего процесса в цилиндре тепловозного дизеля с использованием ограниченного набора параметров, контролируемых современными средствами автоматического управления силовой установки тепловоза.

Одним из возможных способов решения подобной задачи является непрерывный контроль характерных зависимостей, связывающих различные параметры рабочего процесса дизеля, инвариантных по отношению к режиму работы дизеля, но реагирующих на его техническое состояние. Одной из них является зависимость относительного изменения  $\overline{\Delta T_{ог}}$  температуры отработавших газов от относительного изменения  $\overline{\Delta a}$  коэффициента избытка воздуха в цилиндре дизеля.

В работе [1] показано, что эти величины связаны зависимостью вида:

$$\overline{\Delta T_{ог}} = -b \cdot \overline{\Delta a}, \quad (1)$$

где  $b$  – коэффициент пропорциональности, определяемый конструкцией и особенностями организации рабочего процесса исправного дизеля.

Увеличение цикловой подачи в цилиндре исправного дизеля приводит к уменьшению коэффициента избытка воздуха и увеличению температуры отработавших газов на выходе из цилиндра в соответствии с зависимостью (1).

В случае нарушения нормального протекания рабочего процесса в цилиндре во время эксплуатации (например, вследствие изменения угла опережения подачи топлива, ухудшения качества смесеобразования вследствие неисправности топливной аппаратуры) качество смесеобразования в цилиндре существенно изменяется, причем это изменение не связано с величиной коэффициента избытка воздуха, вследствие чего величина коэффициента  $b$  в формуле (1) изменяется. Это может использоваться в качестве диагностического признака ухудшения технического состояния цилиндра и служить основанием для постановки его на стационарный диагностический контроль [1].

С целью проверки сделанных выводов было выполнено исследование изменения параметров рабочего процесса дизеля при его работе по нагрузочным характеристикам на математической модели рабочего процесса. В процессе исследования моделировалась работа дизеля с различной частотой вращения коленчатого вала (на разных позициях контроллера машиниста) при изменении цикловой подачи топлива и сохранении постоянного значения давления наддува. Результаты представлены на рисунках 1-3.

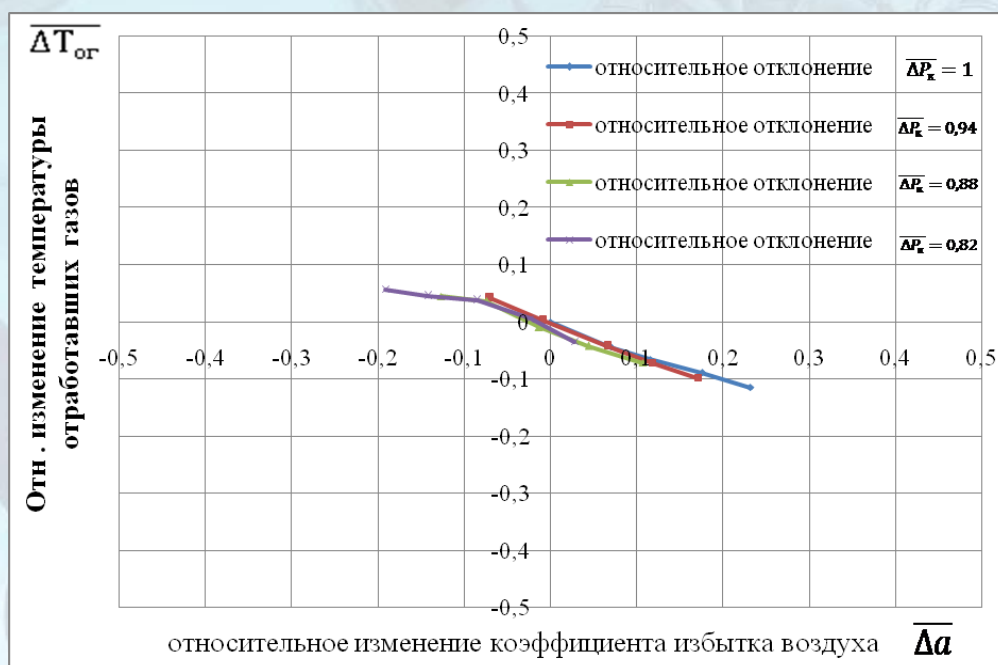


Рис. 1. Зависимость относительного изменения температуры отработавших газов от относительного изменения коэффициента избытка воздуха на 11 позиции контроллера машиниста

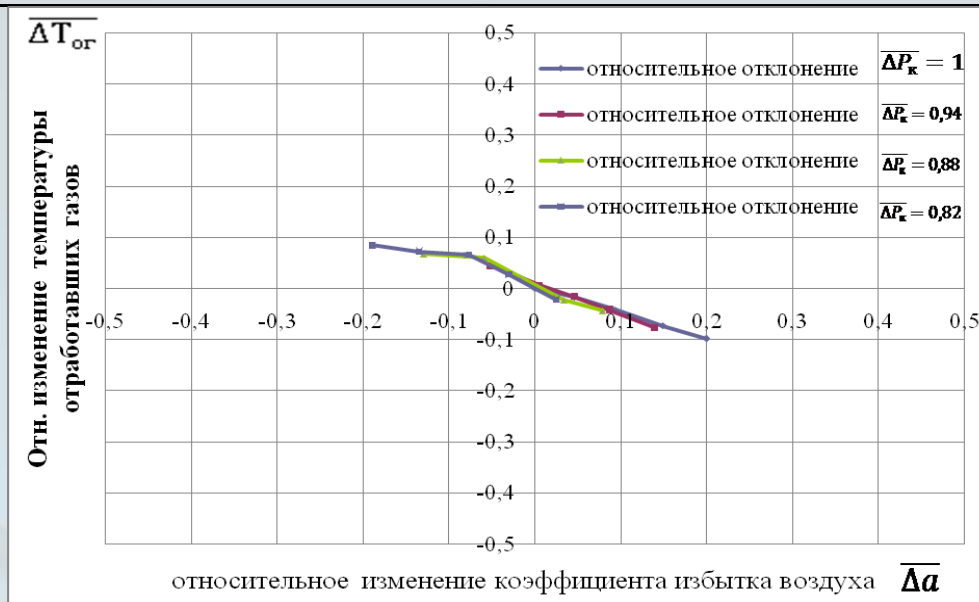


Рис. 2. Зависимость относительного изменения температуры отработавших газов от относительного изменение коэффициента избытка воздуха на 13 позиции контроллера машиниста

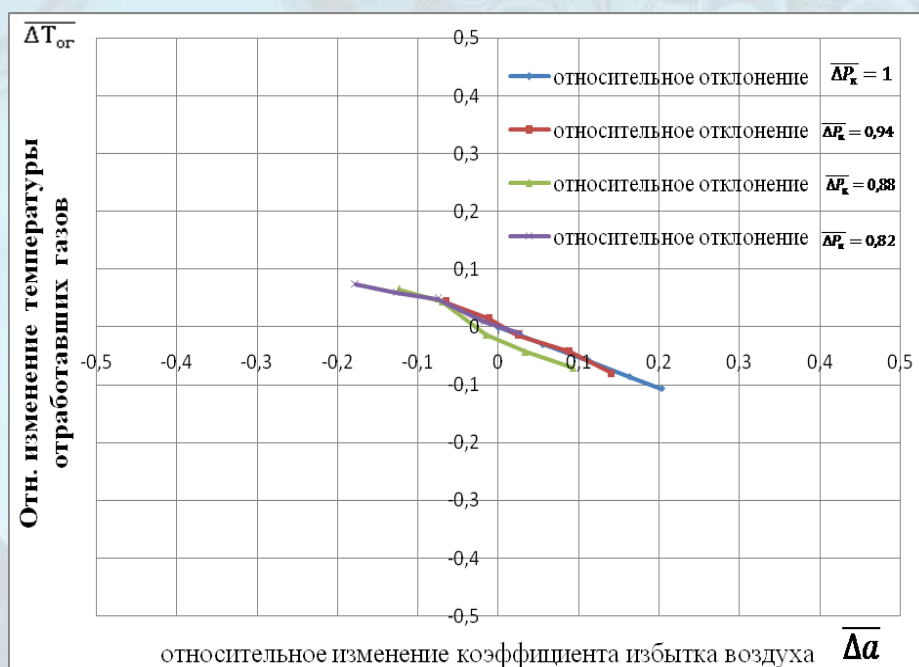


Рис. 3. Зависимость относительного изменения температуры отработавших газов от относительного изменение коэффициента избытка воздуха на 15 позиции контроллера машиниста

Анализ их показывает, что относительные изменение температуры отработавших газов дизеля практически пропорционально относительному изменению коэффициента избытка воздуха в цилиндре и мало зависит от изменения давления наддува.

С целью проверки достоверности результатов, полученных на математической модели рабочего процесса, выполнены экспериментальные исследования. В качестве объекта исследований был выбран дизель 1А-5Д49 тепловоза ТЭП70БС. На рис. 4 приведено распределение времени работы на позициях контроллера машиниста тепловоза ТЭП70БС.



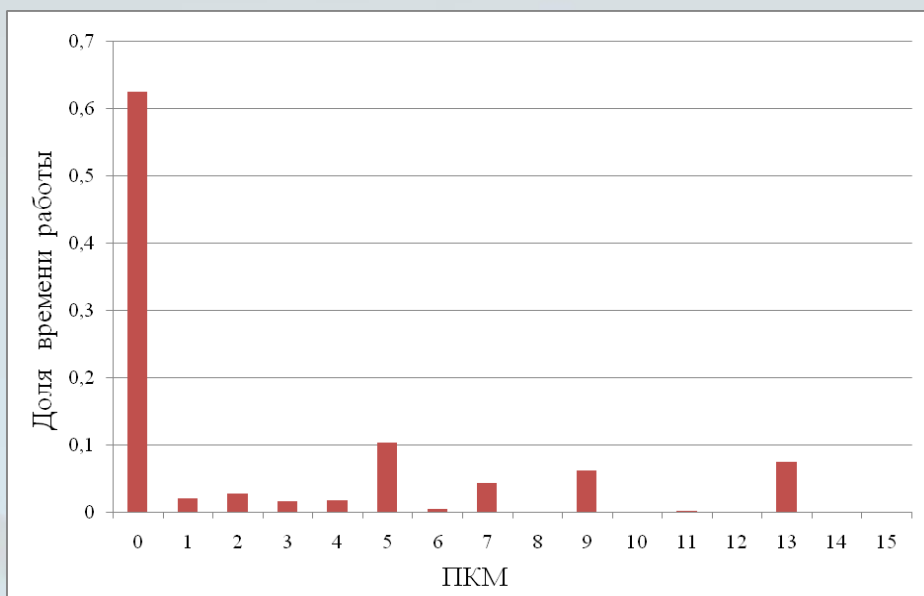


Рис. 4. Распределение времени работы на позициях контроллера (общая продолжительность работы ДГУ 620 составила мин).

Анализ его показывает, что основную часть времени дизель работает в ненормальных режимах работы, причем до 62,53% его приходится на режим холостого хода. Основное время работы дизеля под нагрузкой приходится на 5, 7, 9 и 13 позиции контроллера машиниста.

Результаты обработки данных, накапливаемых штатным бортовым регистратором локомотива, для 13-й позиции контроллера по одному из цилиндров представлены на рис.5.

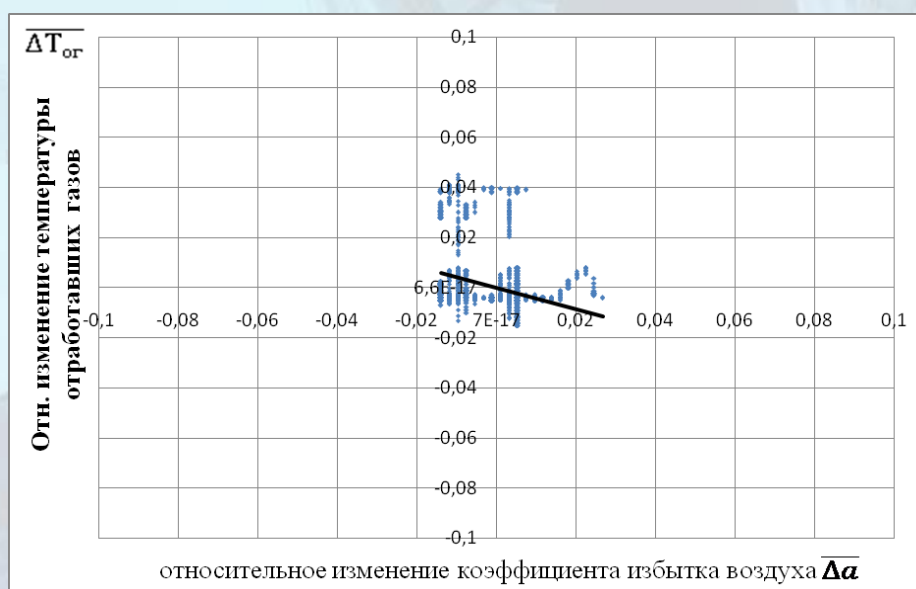


Рис. 5. Зависимость относительного изменения температуры отработавших газов от относительного изменение коэффициента избытка воздуха на 13 позиции контроллера машиниста в эксплуатации

Разброс рабочих точек на рис.5 связан с наличием переходных процессов, вызванных включением и отключением вспомогательных агрегатов тепловоза, ступеней ослабления поля тяговых электродвигателей, тепловой инерционностью термпар и погрешностью измерения значений параметров состояния дизеля. Тем не менее статистическая обработка результатов мониторинга режимов работы локомотива, представленных точками на рис.5,

свидетельствует о наличии зависимости между относительными изменениями температуры отработавших газов на выходе из цилиндра и коэффициента избытка воздуха в цилиндре, близкой к пропорциональной.

Небольшие относительные изменения диагностических параметров на рис.5 объясняются наличием объединенной системы автоматического регулирования дизель – генераторной установки, обеспечивающей поддержание постоянной, не зависящей от технического состояния дизеля цикловой подачи топлива (положения рабочего органа регулятора дизеля) на каждой позиции контроллера машиниста (при каждой частоте вращения коленчатого вала).

В этих условиях более эффективной практической реализацией предлагаемого метода оценки технического состояния цилиндра представляется контроль не зависимости вида (1), а области, в которой будут располагаться рабочие точки режимов работы дизеля на плоскости  $\overline{\Delta T_{ог}}$  -  $\overline{\Delta a}$  (рис.6). Для одного цилиндра при неизменном техническом состоянии эта область остается примерно постоянной. В случае изменения технического состояния цилиндра заданному положению рабочего органа регулятора дизеля будут соответствовать другие значения температуры отработавших газов, что приведет к смещению области режимов работы цилиндра в выбранной системе координат.

Предлагаемый метод интегральной оценки технического состояния цилиндра дизеля может быть реализован следующим образом.

Во время проведения реостатных испытаний тепловоза после ремонта или постройки, или во время поездок, в которых техническое состояние дизель – генератора может быть признано удовлетворительным, фиксируются эталонные области режимов работы каждого из цилиндров дизеля на координатной плоскости  $\overline{\Delta T_{ог}}$  -  $\overline{\Delta a}$  для нескольких позиций контроллера.

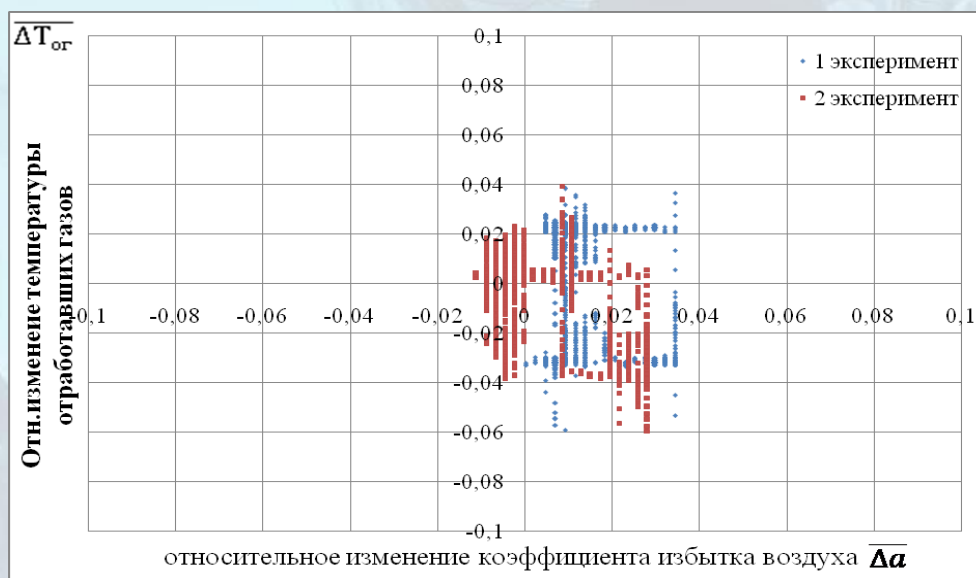


Рис. 6. Сравнение результатов эксперимента относительно эталона в процессе эксплуатации дизеля

В процессе дальнейшей эксплуатации осуществляется контроль взаимного положения реальной рабочей области («пятна») режимов каждого цилиндра относительно эталонной для соответствующих позиций контроллера машиниста. Смещение этих областей будет свидетельствовать об изменении технического состояния цилиндров.

Весьма информативным диагностическим признаком будет сам характер смещения областей режимов для всех цилиндров. Так, смещение центров областей («пятен») режимов

для всех цилиндров по оси  $\overline{\Delta a}$  при неизменном их положении по оси  $\overline{\Delta T_{ог}}$  будет свидетельствовать об изменении настройки или технического состояния системы автоматического регулирования ДГУ, а одновременное изменение координат «пятен» режимов всех цилиндров в одном направлении на координатной плоскости может свидетельствовать об изменении технического состояния системы воздухообеспечения дизеля.

Таким образом, предлагаемый метод контроля технического состояния дизеля является комплексным и позволяет контролировать изменение технического состояния ряда систем ДГУ. Его эффективность и информативность может быть существенно повышена при одновременном контроле других параметров силовой установки, в частности положения рабочего органа регулятора и мощности генератора на каждой позиции контроллера.

### Список литературы:

1. В.В.Грачев., М.Ш.Валиев. Оценка технического состояния тепловозного дизеля по данным бортовой микропроцессорной системы управления//Известия ПГУПС,-2010-Вып.1- с.22-32.
2. Валиев, М.Ш. Диагностика рабочего процесса тепловозного дизеля в условиях эксплуатации / М.Ш. Валиев // Вестник Транспорта Поволжья / Самарский государственный университет путей сообщения. – Самара. – 2011. – №1(25). – С. 35 –39.
3. Валиев М.Ш., Қосимов Х.Р. / Локомотивларнинг техник ҳолатини микропроцессор тизими ёрдамида аниқлаш. // Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте 20-21 декабря 2019 г.стр. 118-122. 4.
4. Mukhammad Valiev, Husan Kosimov "International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878," "Locomotive Diesel Engine Excess Air Ratio Control Device" Volume-8 Issue-4, November 2019.
5. Валиев М.Ш., Қосимов Х.Р. /Разработка метода интегральной оценки технического состояния цилиндров дизеля в эксплуатации // International scientific and technical journal innovation technical and technology vol.2, No.1. 2021