

УДК 629.424.1

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КАЧЕСТВА РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ

*Валиев М.Ш., к.т.н., ст. преп. (ТашИИТ)*

**Введение.** Задача достоверной оценки качества рабочего процесса в цилиндрах тепловозного дизеля и технического состояния определяющих его узлов топливной аппаратуры и цилиндропоршневой группы в настоящее время решается в основном стационарными средствами диагностики, чаще всего на основании анализа индикаторной диаграммы рабочего процесса. Использование такого подхода для непрерывного контроля технического состояния тепловозного дизеля в эксплуатации невозможно по ряду причин, одной из которых является отсутствие технической возможности непрерывного измерения давления в цилиндре дизеля, которое необходимо для снятия индикаторной диаграммы.

Коэффициент избытка воздуха является одним из основных параметров рабочего процесса двигателя внутреннего сгорания, во многом определяющим показатели его надежности и экономичности в эксплуатации.

С величиной коэффициента избытка воздуха непосредственно связаны значения целого ряда других показателей рабочего процесса двигателя, прежде всего температуры отработавших газов (ОГ). Соответствие относительных изменений значений коэффициента избытка воздуха и температуры отработавших газов является диагностическим параметром, характеризующим техническое состояние цилиндров двигателя [1].

Непрерывное увеличение уровня форсирования дизелей современных тепловозов при одновременном ужесточении требований к их экологическим показателям обуславливает необходимость повышения качества управления силовой установкой тепловоза в переходных режимах работы. Использование величины коэффициента избытка воздуха в качестве интегрального показателя текущего качества рабочего процесса в цилиндрах дизеля является существенным резервом повышения качества переходных процессов дизеля.

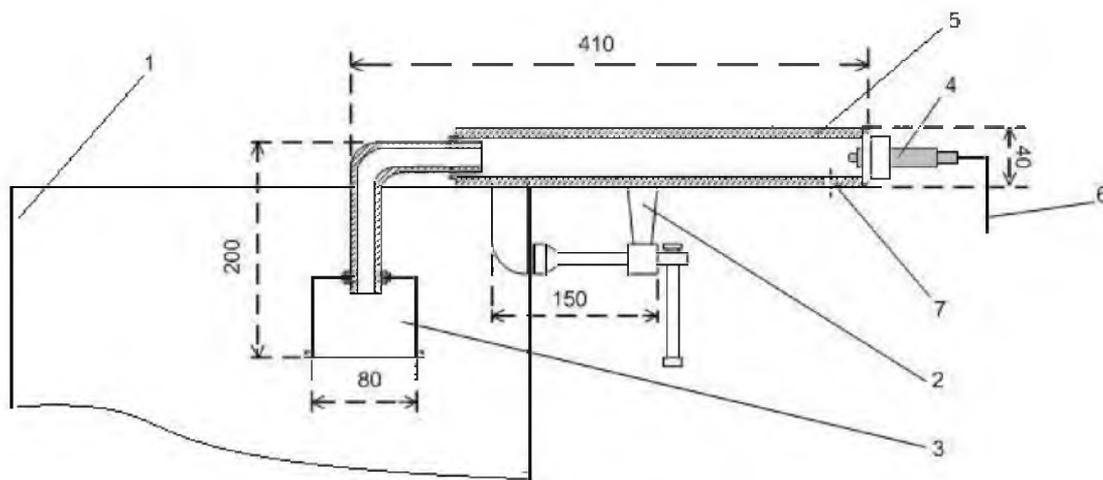
С целью оценки возможности и эффективности применения датчика содержания кислорода для контроля качества рабочего процесса тепловозного дизеля разработан, изготовлен и испытан макетный образец системы непрерывного контроля величины суммарного коэффициента избытка воздуха тепловозного дизеля на базе широкополосного датчика BOSCH LSU 4.2. В статье описаны особенности конструкции устройства и приведены некоторые результаты его испытаний.

### 1. Установка датчика в выпускную систему дизеля

Учитывая существенную зависимость результатов измерения коэффициента избытка воздуха от давления измеряемой среды (т.е. давления отработавших газов), оптимальным решением представляется установка датчика на выпускную трубу тепловоза. В этом случае статическое давление отработавших газов может быть принято равным атмосферному, а поправка должна учитывать только скоростной напор отработавших газов на выходе из трубы, который относительно невелик.

Кроме того, существенно уменьшается вероятность превышения предельной температуры датчика даже при использовании его на высокофорсированных дизелях. Питание цепи нагревателя датчика осуществлялось непосредственно от банок аккумуляторной батареи суммарным напряжением 13,6 В при запущенном дизеле и включенном контакторе регулятора напряжения.

Как следует из рис. 1, устройство практически представляет собой разгерметизированную трубку Пито. Непрерывный перепуск газа через коллектор, достигаемый благодаря отверстию 7, обеспечивает, с одной стороны, максимальное быстродействие измерительного канала вследствие непрерывного подвода свежего газа к чувствительному элементу датчика 4, а с другой стороны – дополнительное снижение избыточного давления отработавших газов в месте установки датчика из-за потерь напора по длине коллектора. Увеличенный диаметр коллектора 5 обеспечивает снижение скоростного напора газа в точке установки датчика 4, а также увеличение поверхности теплообмена, исключая перегрев корпуса датчика и соединительного кабеля 6.



**Рис.1. Установка устройства для контроля коэффициента избытка воздуха на выпускную трубу тепловоза:**

1 – выпускная труба; 2 – трубочина; 3 – газозаборник; 4 – датчик; 5 – коллектор;  
6 – соединительный кабель; 7 – отверстие

Поскольку при установке датчика на выпускную трубу он контролирует содержание кислорода в отработавших газах на выходе из дизеля, выходным параметром устройства будет суммарный коэффициент избытка воздуха, учитывающий не только кислород, оставшийся от реакции окисления топлива, но и кислород продувочного воздуха.

## 2. Испытания устройства

В процессе лабораторных испытаний устройства были определены коэффициенты поправочный коэффициент  $K$ , коэффициента усиления дифференциальной составляющей  $K_d$  и коэффициента усиления интегральной составляющей  $K_i$  ПИД (пропорционально интегрально дифференциальный) - регулятора (рис. 2) при работе датчика на чистом воздухе. Приведенная относительная погрешность измерения состава смеси широкополосным датчиком не превышает 0,7% [3].

Эксплуатационные испытания макетного образца устройства для контроля суммарного коэффициента избытка воздуха проводились на тепловозе серии ТЭП70БС во время опытной поездки на участке Самарканд-Бухара, во время которой тепловоз находился в исправном эксплуатационном состоянии и эксплуатировался без каких-либо ограничений [2].

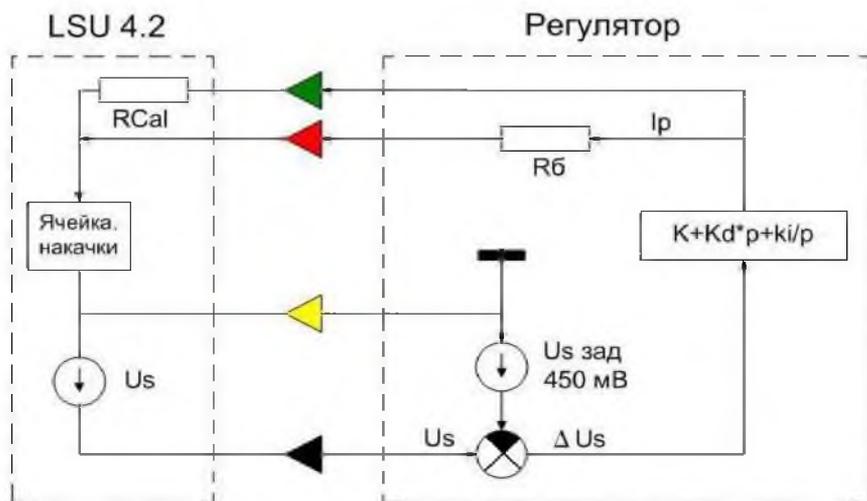


Рис. 2. Структурная схема системы управления датчиком LSU 4.2

Стендовые испытания устройства для контроля величины коэффициента избытка воздуха тепловозного дизеля выполнялись в режиме нагружения дизель-генераторной установки на тормозные резисторы тепловоза.

Параметры режима работы дизель-генераторной установки в процессе испытаний определялись по данным бортового накопителя тепловоза. Синхронизация данных по времени осуществлялась посредством ручной установки одинакового времени на компьютере пультового устройства индикации тепловоза, осуществляющего накопление данных, и на компьютере устройства с точностью до  $\pm 0,5$  сек.

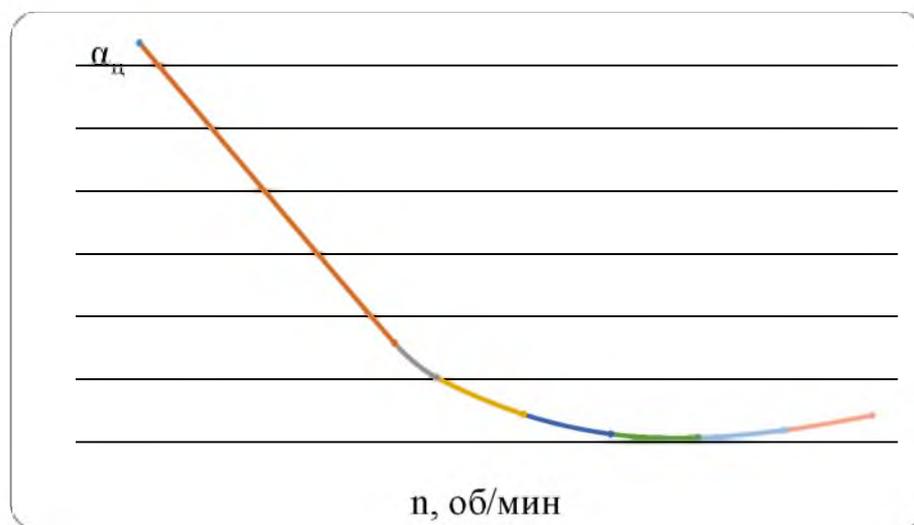


Рис. 3. Зависимость коэффициента избытка воздуха от частоты вращения коленчатого вала

В процессе испытаний выполнялись несколько наборов позиций контроллера машиниста, с выдержкой времени на каждой позиции, необходимого для достижения установившегося режима работы дизель-генератора.

На рис.3 представлена зависимость суммарного коэффициента избытка воздуха дизеля 2А-5Д49-01 тепловоза ТЭП70БС от частоты вращения коленчатого вала дизеля при работе его по тепловозной характеристике.

На рис.4 приведен переходной процесс, вызванный изменением положения рукоятки контроллера машиниста. В результате статистического анализа измерительной информации, полученной от системы автоматического регулирования дизель-генераторной установки тепловозов в процессе реостатных испытаний при выпуске тепловоза из ремонта или в процесс эксплуатации заведомо исправного локомотива, для каждой позиции контроллера устанавливаются значения математических ожиданий значений основных параметров рабочего процесса, контролируемых системой  $P_k, h_p, T_{ог}, \alpha_{ц}$  (которые принимаются за номинальные значения этих величин, соответствующие нулевым значениям из относительных отклонений).

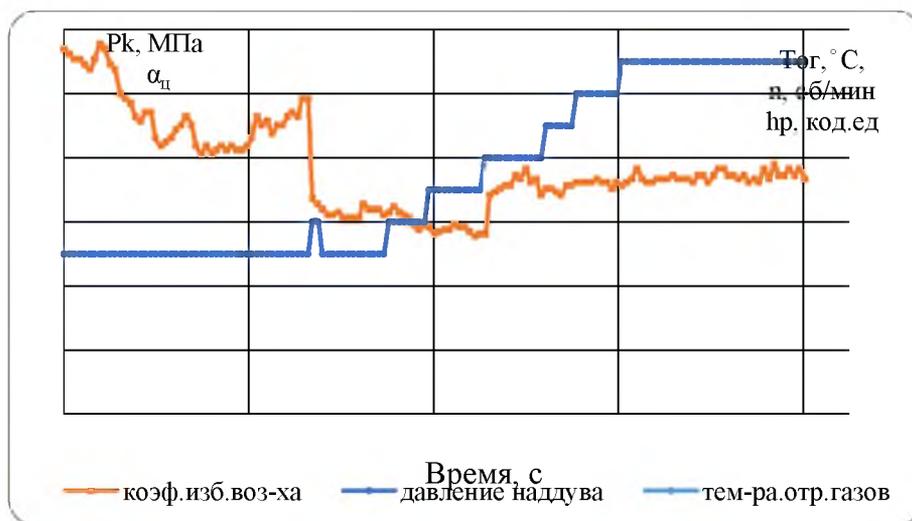


Рис. 4. Переходной процесс, вызванный переводом рукоятки контроллера с 11 на 13 ПКМ

### Заключение

Результаты работы, приведенные в статье, свидетельствуют о работоспособности разработанного макетного образца устройства для контроля коэффициента избытка воздуха тепловозного дизеля. Данное устройство может эффективно использоваться как для управления дизель-генераторной установкой тепловоза в переходных режимах работы, так и для контроля технического состояния дизеля в бортовых и стационарных средствах диагностики.

### Литература

1. Оценка технического состояния тепловозного дизеля по данным бортовой микропроцессорной системы управления / В.В. Грачев, М.Ш.Валиев // Известия ПГУПС, -2010-Вып.1- с.22-32.

2. Оценка технического состояния цилиндров дизеля с использованием датчика содержания кислорода в отработавших газах (лямбда зонда) / В.В. Грачев, М.Ш. Валиев //Известия ПГУПС,-2011-Вып.2-с.25-32.
3. Planar Wide Band Lambda Sensor. Technical Customer Information. Y258-K01-005-000e. /Bosch, 2001.

#### ***Аннотация***

Ушбу мақолада дизель цилиндридаги ҳавонинг ортиқлик коэффициентини қийматини тўхтовсиз назорат қилиш учун кенг доирали ёнган газлар таркибидаги кислород датчигини қўллаш мумкин. Бундай датчиклар автомобил дизелларини бошқариш тизимларида кенг қўлланмоқда. Датчик ёнган газлар таркибидаги кислород миқдорига қўра, двигател цилиндридаги ёнувчи аралашманинг сифатини бевосита баҳолаш учун таклиф этилган.

#### ***Summary***

This article deals with the wide-band exhaust gases oxygen content sensor can be used for continuous monitoring of the air excess coefficient in the locomotive diesel engine cylinders. This type sensors are widely used in automotive diesel engines control systems. It means for indirect estimation of the engine cylinders mixture quality by the exhaust gases oxygen content.