

ции РМ в СТ. При работе на ДТ не обеспечиваются нормы по выбросам NO_x и CH_x , а увеличение концентрации РМ более 40 % позволяет обеспечить выполнение норм ЕВРО-2 по всем нормируемым газовым составляющим. Приведенные экспериментальные данные подтвердили возможность оптимизации состава СТ с учетом обеспечения требуемых экономических и экологических показателей дизеля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пронин Е.Н. В поисках ответов // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. – 2003. – №6. – С. 5-10.

ПОКАЗАТЕЛИ ДИЗЕЛЯ НА НЕУСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМАХ

Кузнецов А.Г., Марков В.А., Шатров В.И., Афанасьев В.Н., Фурман В.В.¹

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва,

¹ППП «Дизельавтоматика», г. Саратов

Работа транспортных дизелей с турбонаддувом на неустановившихся режимах характеризуется рассогласованием работы различных систем двигателя [1,2]. В частности, в переходных процессах разгона и наброса нагрузки дизелей с турбонаддувом турбокомпрессор не успевает своевременно увеличить подачу воздуха в соответствии с быстрым увеличением подачи топлива. Это вызывает кратковременное снижение коэффициента избытка воздуха α , неполное сгорание топлива, ухудшение экономических, экологических и динамических качеств дизеля.

Экспериментальное исследование переходных процессов достаточно трудоемко и не всегда возможно из-за многообразия этих процессов. Следует отметить и сложность точного воспроизведения динамических возмущающих воздействий, оказываемых на объект регулирования. На практике применяется лишь оценка дымности отработавших газов (ОГ) при свободном ускорении двигателя.

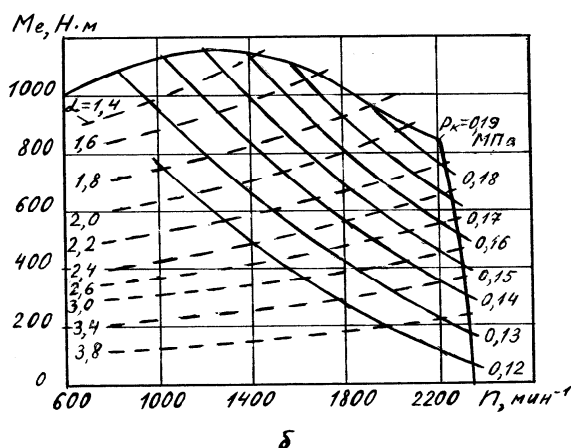
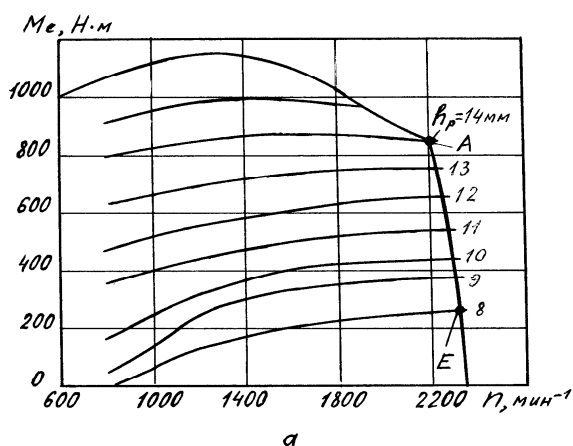


Рис.1. Характеристики положения h_p рейки ТНВД (а), давления наддувочного воздуха p_k и коэффициента избытка воздуха α (б) дизеля КамАЗ-740

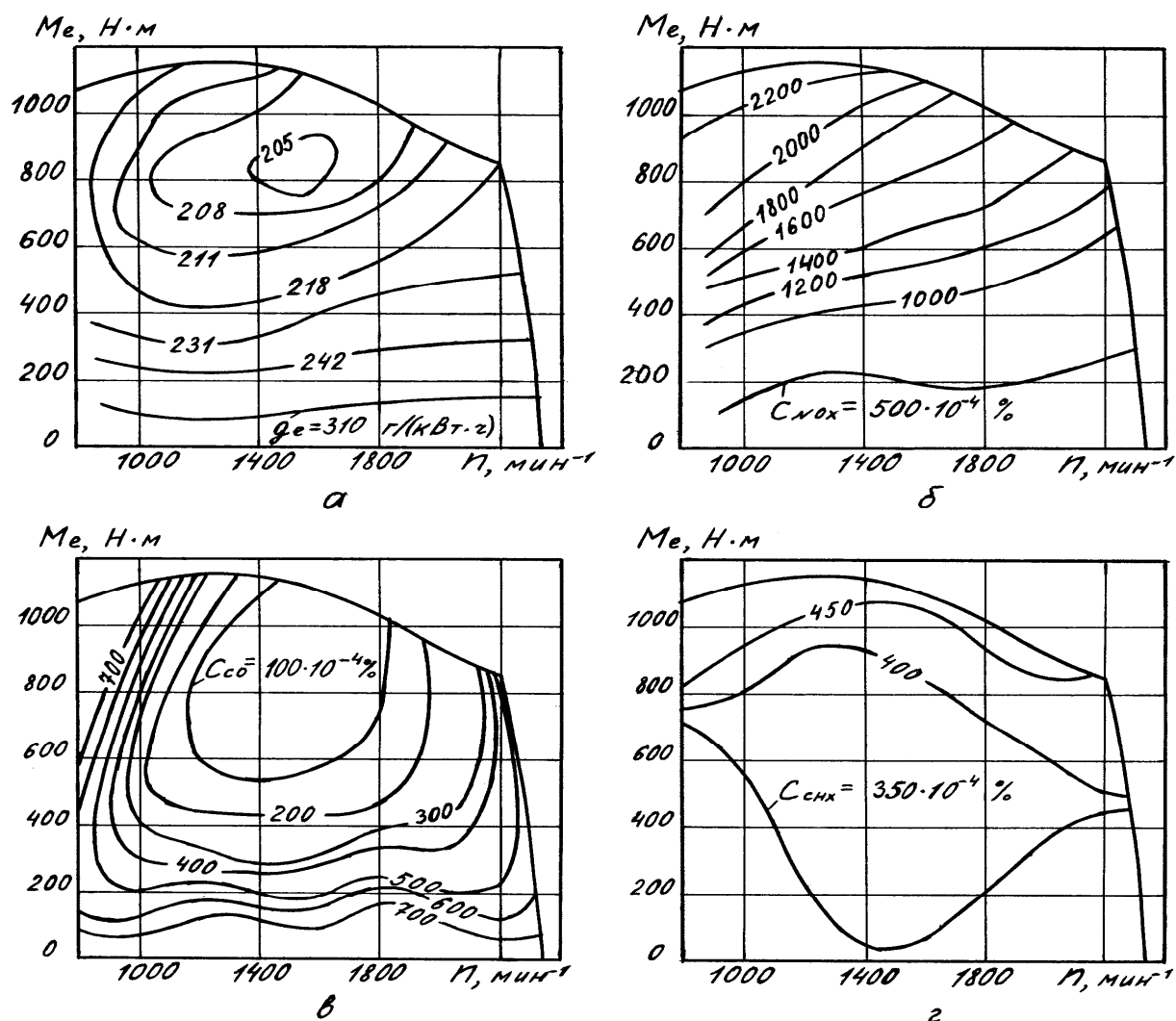


Рис.2. Характеристики удельного эффективного расхода топлива g_e (а), концентраций оксидов азота C_{NOx} (б), монооксида углерода C_{CO} (в), углеводородов C_{CHx} (г) в ОГ дизеля КамАЗ-740

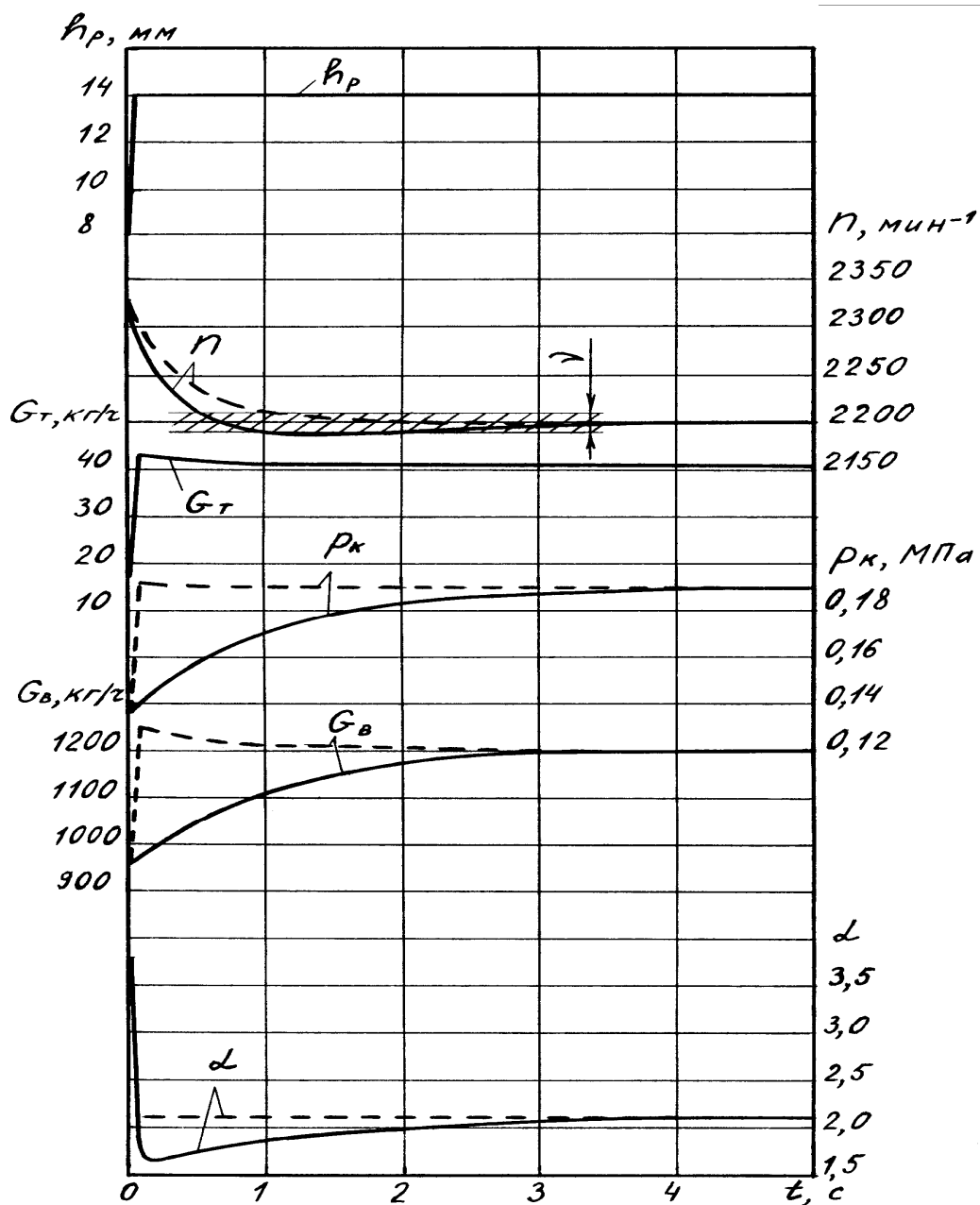


Рис.3. Зависимость параметров дизеля КамАЗ-740 от времени переходного процесса t : 1 - наброс нагрузки без применения средств снижения дымности ОГ; 2 - наброс нагрузки с подачей дополнительного воздуха

Известные методики расчета переходных процессов дизелей также не позволяют оценить изменение показателей токсичности ОГ дизеля в переходных процессах.

При определении показателей дизеля на неустановившихся режимах необходимо предварительно определить зависимости параметров дизеля от времени t на этих режимах, которые можно получить либо экспериментально, либо расчетным путем с использованием математических моделей систем автоматического регулирования (САР).

Исследование динамических качеств дизеля с турбонаддувом проведено по линейной математической модели САР. Базой для создания такой модели является дифференциальные уравнения элементов САР, предложенные в работах В.И. Крутова, например [1,2]. С использованием этих уравнений проведено моделирование переходного процесса наброса нагрузки на дизель КамАЗ-740, получаемого путем изменения настройки потребителя - увеличения момента сопротивления потребителя M_c с 250 до 850 Н·м и соответствующего переводу двигателя из точки E (рис.1,*а*) предельной регуляторной характеристики в точку A номинального режима. Характеристики давления наддувочного воздуха p_k и коэффициента избытка воздуха α на этих режимах работы двигателя представлены на рис.1,*б*, а характеристики удельного эффективного расхода топлива g_e и объемных концентраций в ОГ оксидов азота C_{NOx} , монооксида углерода C_{CO} и углеводородов C_{CHx} - на рис.2 [3,4]. Полученные при моделировании характеристики переходного процесса наброса нагрузки исследуемой САР показаны на рис.3.

Резкое перемещение регулятором дозирующей рейки из положения $h_p=8$ мм в положение $h_p=14$ мм приводит к снижению коэффициента избытка воздуха α до 1,65 за счет инерционности ротора турбокомпрессора и, как следствие – к неполному сгоранию топлива, снижению экономичности, потере приемистости двигателя. Исправление этого недостатка возможно при оснащении дизеля системой дополнительной подачи воздуха с соответствующей системой управления. В этом случае коэффициент избытка воздуха не уменьшается ниже $\alpha=2,1$, переходный процесс с провалом частоты вращения трансформируется в переходный процесс без переуправления (сплошная и пунктирная характеристики $n=f(t)$ на рис.3), а его продолжительность t_n сокращается с 1,55 до 1,03 с.

В рассматриваемом переходном процессе двигатель, работающий на исходном установившемся режиме E (рис.1,*а*) предельной регуляторной характеристики с неполной нагрузкой, переходит на новый установившийся режим A с полной нагрузкой. При этом двигатель последовательно проходит через неуставившиеся режимы, отличающиеся от сходственных установившихся режимов предельной регуляторной характеристики значениями коэффициента избытка воздуха α , а также температурным состоянием деталей двигателя. Поэтому при определении показателей топливной экономичности и токсичности ОГ на указанных неуставившихся режимах в предлагаемой методике использованы аналогичные показатели для сходственных установившихся режимов (рис.2), которые корректировались с учетом значений α на рассматриваемых неуставившихся режимах. При этом учитывалось, что подавляющую часть исследуемых неуставившихся режимов составляют режимы с максимальной подачей топлива ($h_p=14$ мм), но с недостаточной подачей воздуха. То есть эти режимы близки к номинальному режиму (точка A на рис.1,*а*), но отличаются от не-

го пониженными значениями коэффициента избытка воздуха α . Поэтому для корректирования показателей дизеля в соответствии со значениями α использованы обобщенные характеристики этих показателей, полученные путем подачи воздуха в двигатель от постороннего источника при различных давлениях p_k и постоянной номинальной подаче топлива (рис.4) [3].

Для сравнительного анализа показателей дизеля выбран номинальный режим (точка A на рис.1, a), а также интегральные показатели работы дизеля на 14-ти установившихся режимах предельной регуляторной характеристики между точками E и A с крутящим моментом M_e от 250 до 850 Н·м и интервалом между смежными узловыми точками $\Delta M_e=50$ Н·м (табл.1).

Таблица 1.
Показатели дизеля на различных режимах работы

Режимы работы	g_e , г/(кВт·ч)	e_{NOx} , г/(кВт·ч)	e_{CO} , г/(кВт·ч)	e_{CHx} , г/(кВт·ч)	t_n , с	σ , %
Номинальный режим	218,0	13,10	3,07	1,37	-	-
Статические режимы предельной регуляторной характеристики	235,1	11,63	4,41	1,58	-	-
Наброс нагрузки без применения средств снижения дымности ОГ	229,5	12,55	3,75	1,54	1,55	0,55
Наброс нагрузки с подачей воздуха от постороннего источника	228,5	13,00	3,62	1,41	1,03	0

При расчете интегральных показателей переходного процесса дизеля, не оснащенного системой подачи дополнительного воздуха, выделены узловые точки с интервалом между смежными точками $\Delta t_n=0,2$ с. Таким образом, расчет показателей дизеля проведен для 9-ти точек, соответствующих времени переходного процесса $t_n=0$ с (начало переходного процесса); 0,2 с ... 1,4 с; 1,55 с (окончание переходного процесса). Для каждой узловой точки по характеристикам переходного процесса (см. рис.3) определена соответствующая ей частота вращения коленчатого вала n и по этому значению n с использованием данных рис.2 получены показатели топливной экономичности (g_e) и токсичности ОГ (C_{NOx} , C_{CO} , C_{CHx}) для сходственных установившихся режимов предельной регуляторной характеристики. Затем эти показатели были скорректированы с использованием значений α на рис.3 и зависимостей на рис.4.

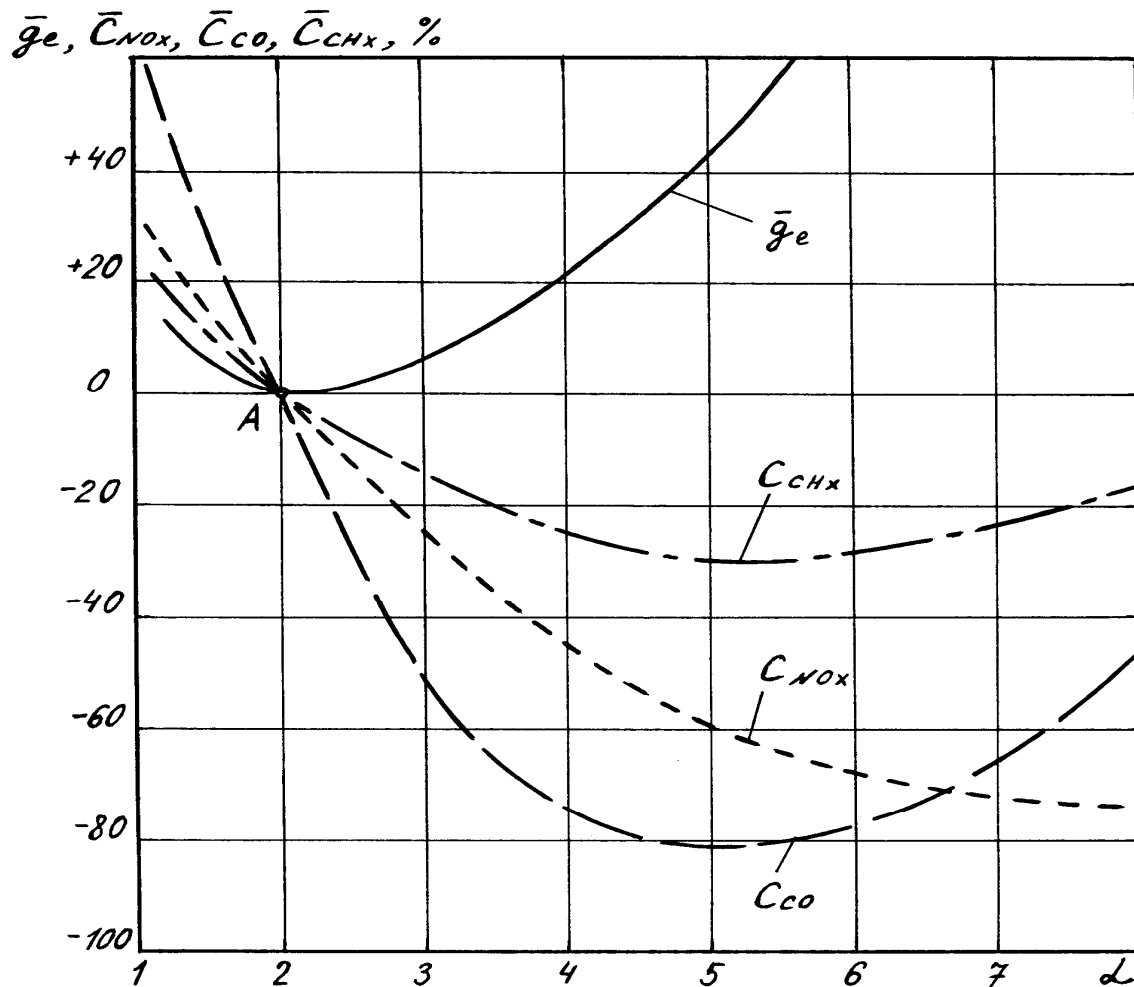


Рис.4. Обобщенная зависимость удельного эффективного расхода топлива g_e , концентраций оксидов азота C_{NOx} , монооксида углерода C_{CO} , углеводородов C_{CHx} в ОГ дизеля КаМАЗ-740 от коэффициента избытка воздуха α

В исследуемом переходном процессе после наброса нагрузки дозирующая рейка практически мгновенно перемещается регулятором в положение максимальной подачи топлива. Однако, мощность N_e дизеля (его крутящий момент M_e) увеличивается более плавно по мере раскрутки ротора турбокомпрессора и соответствующего увеличения подачи воздуха в цилиндры. Поэтому при расчете удельных показателей двигателя (g_e , C_{NOx} , C_{CO} , C_{CHx}) его крутящий момент в выбранных узловых точках определялся по статической характеристике $M_e=f(n)$ на рис.2 в соответствии с определенными ранее значениями n . По скорректированным g_e , C_{NOx} , C_{CO} , C_{CHx} и найденным M_e определены интегральные показатели дизеля на выделенных 9-ти неустойчившихся режимах (табл.1).

Аналогичным образом получены интегральные показатели дизеля с системой подачи дополнительного воздуха в переходном процессе наброса нагрузки для временного интервала переходного процесса $t_n=0 \dots 1,03$ с - для шести узловых точек $t_n=0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,03$ с (табл.1). По данным

табл.1 следует отметить более предпочтительные показатели дизеля, работающего на номинальном режиме (в точке А на рис.1,а), по сравнению с интегральными показателями дизеля на 14-ти установившихся режимах предельной регуляторной характеристики. Это обусловлено сравнительно невысоким качеством рабочего процесса дизеля на установившихся режимах с неполной нагрузкой (например, в точке Е на рис.1,а). Показатели на установившемся номинальном режиме более предпочтительны и по сравнению с интегральными показателями дизеля в исследуемом переходном процессе. Однако, отмечено улучшение показателей в переходном процессе наброса нагрузки на дизель, оснащенный системой дополнительной подачи воздуха по сравнению с переходным процессом дизеля без системы подачи дополнительного воздуха.

Проведенные расчетные исследования подтвердили эффективность предложенной методики и возможность ее использования для практических расчетов экономических и экологических показателей в наиболее характерных для транспортного дизеля переходных процессах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крутов В.И. Двигатель внутреннего сгорания как регулируемый объект. - М.: Машиностроение, 1978. - 472 с.
2. Крутов В.И. Автоматическое регулирование и управление двигателей внутреннего сгорания. - М.: Машиностроение, 1989. - 416 с.
3. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для ВУЗов. - М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2004. - 344 с.
4. Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И. Токсичность отработавших газов дизелей. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. - 376 с.

МНОГОРЕЖИМНЫЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ КОРРЕКТОР ПОДАЧИ ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Смирнов А.Б.

ГТУ «МАДИ», г. Москва

В работе показана возможность применения искусственных нейронных сетей (ИНС) как в качестве алгоритма реализации динамической цикловой подачи топлива, так и в качестве классификатора динамических режимов работы двигателя при обучении динамического корректора подачи топлива (ДКТ). Решения отрабатывались на динамических моделях, реализованных в приложении SIMULINK математического пакета MATLAB. Объектом управления являлась многопараметрическая модель смесеобразования с распределёнными по режимам параметрами. Идентификация модели двигателя производилась на основе экспериментов, проведённых на