

М126490
Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н. Э. Баумана

Аспирант ПАТРАХАЛЬЦЕВ Н. Н.

ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА
4-ТАКТНОГО ДИЗЕЛЯ С ГТН
ПРИ НЕУСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ

(05.190. Тепловые двигатели)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в МВТУ им. Н. Э. Баумана.

Научный руководитель — доц., к. т. н. Леонов О. Б.

Официальные оппоненты:

д. т. н., профессор Крутов В. И.,
доц., к. т. н. Трусов В. И.

Ведущее предприятие — НАТИ.

Автореферат разослан «...» 1971 г.

Защита диссертации состоится «...» 1971 г.
на заседании Ученого совета факультета МВТУ им. Н. Э. Баумана
в аудитории № 506 «Л».

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ.

Е. С.

M126490

ВВЕДЕНИЕ

Современные двигатели внутреннего сгорания значительную часть своего моторесурса работают при неустановившихся режимах, которые составляют, например, для дизелей маневровых тепловозов и судов промышленного флота до 60-80%, автомобильных - до 80%, дизелей строительно-дорожных машин - до 90% всего их рабочего времени.

Задачи дальнейшего совершенствования экономичности, эффективности, надёжности и долговечности двигателя, улучшения его динамической характеристики, а в последнее время и задачи обеспечения чистоты атмосферы определяют необходимость исследования особенностей работы двигателя при неустановившемся режиме.

Можно отметить три основных направления исследования неустановившихся режимов.

1. Изучение возможных видов неустановившихся режимов при заданных условиях эксплуатации дизелей.
2. Изучение особенностей протекания рабочего процесса при неустановившихся режимах.
3. Расчётное определение показателей совместной работы комплексов двигатель-потребитель в конкретных условиях эксплуатации.

Конечной задачей исследования неустановившихся режимов является разработка различных конструктивных мероприятий, например, создание автоматических регулирующих устройств, для улучшения протекания показателей неустановившихся режимов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Анализ работ, посвящённых исследованию возможных видов неустановившихся режимов (работы академика Болтинского В.Н., проф. Дьяченко Н.Х., проф. Болховитинова Г.Ф. и др.) показал, что такие режимы определяются совершенно конкретными условиями эксплуа-



M126490

тации. Как показано в работах, проведённых в МВТУ под руководством Леонова О.Б., неустановившийся режим может быть представлен в виде последовательности переходных процессов (п.п.) скоростного режима. П.п. представляет собой процесс монотонного изменения угловой скорости коленчатого вала двигателя между моментами времени, в которых угловые ускорения равны нулю.

В экспериментальных исследованиях протекания рабочего процесса при неустановившемся режиме (н.р.) (проф. Дьяченко Н.Х., Петров В.А. и др.) основное внимание уделялось вопросам влияния качества воздухообеспечения на показатели рабочего процесса. При этом принималось, что величины цикловых подач топлива (q_u) одинаковы в сходственных циклах установившегося и неустановившегося режимов. Под сходственными циклами установившегося ("у") режима и переходного процесса ("п") скоростного режима здесь понимаются циклы, в которых $\omega^y = \omega^p$; $R_p^y = R_p^p$.

Где R_p - положение регулирующего органа дизеля,

ω - угловая скорость коленчатого вала.

В существующих методиках построения характеристик н.р., т.е. характеристик изменения внешних показателей работы двигателя ($M_p = f(t)$; $n_p = f(t)$) при н.р. (работы проф. Крутова В.И., проф. Дьяченко Н.Х., работы Эпштейна А.С., Белостоцкого А.М. и др.) принимается допущение идентичности циклов у.р. и н.р. при условии $\omega^y = \omega^p$; $R_p^y = R_p^p$; $P_k^y = P_k^p$.

В настоящей работе ставится задача исследования двух видов переходных процессов - п.п. разгона ($\varepsilon > 0$) и п.п. приёма нагрузки ($\varepsilon < 0$). Исследование проведено при условии $R_p = R_{pmax} = \text{const}$.

С целью выявления факторов, определяющих протекание рабочего процесса при н.р. в основу исследования положено сравнение показателей сходственных циклов установившегося режима (у.р.) и н.р. работы дизеля.

С целью проведения сравнительного исследования в более широком диапазоне изменения ω , п.п. разго-

на проведены от пускового числа оборотов до номинального, а п.п. приёма нагрузки — от номинального до минимального. Для выявления влияния на рабочий процесс различных тепловых состояний двигателя, п.п. разгона проведены сразу после пуска из холодного состояния (после стоянки двигателя в течение 10 — 12 часов при температуре в машинном отделении $+30^{\circ}\text{C}$) и из горячего состояния (пуск после остановки, проведённой после 2-х часов работы двигателя на номинальном режиме). При исследовании п.п. приёма нагрузки на генератор набрасывались различные моменты сопротивления, большие, чем номинальные, благодаря чему получены различные угловые ускорения вала.

В настоящей работе наибольшее внимание уделено:

1. Проверке справедливости допущения об идентичности циклов у.р. и н.р.
2. Выявлению факторов, определяющих различия в процессах подачи топлива в цилиндр двигателя за цикл у.р. и н.р. (при условии $\omega^y = \omega^n; p_p^y = p_p^n$).
3. Проведению качественного анализа влияния воздухо-снабжения и теплового состояния двигателя с умеренным наддувом при н.р. на рабочий процесс, при условии, что в сравниваемых циклах $\omega^y = \omega^n; q_c^y = q_c^n$.
4. Накоплению расчётно-экспериментальных материалов которые могли бы послужить базой для проведения оценочного теплового расчёта отдельных циклов н.р; циклов, в которых по результатам экспериментальных данных (например, работа Леонова О.Б., Мануйлова Н.Н.) можно ожидать высоких нагрузок, пониженных экономичности, эффективности и т.д.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Экспериментальная установка состоит из дизеля УДБ-250ТК ($N_e = 250 \text{ л.с.}, n_3 = 1500 \text{ об/мин}$), балансирной динамомашины с независимым возбуждением, пульта управления, измерительной аппаратуры и системы дистанционного и автоматического управления.

Отличительными особенностями экспериментальной установки являются следующие.

При исследовании н.р. важно согласовать моменты записи показателей исследуемых процессов со временем их протекания, а также необходимо совпадение момента начала записи п.п. с определённым углом поворота вала по индицируемому цилиндру и т.д. С этой целью использована разработанная в МВТУ автоматическая система, объединяющая устройство для замера расхода топлива, счётчики циклов, шлейфовый осциллограф, пусковое устройство и устройство для управления двигателем, балансирную машину, ряд реле и кнопки управления.

С целью уточнения положения отметок в.м.т. (корректировкой в.м.т. в соответствии со скоростным режимом), разбивки индикаторной диаграммы на участки через каждые 20° поворота коленчатого вала (для учёта неравномерности вращения коленчатого вала при п. п. скоростного режима и удобства определения P_1 методом гармонического анализа) и нанесения отметок в виде прямых линий, перпендикулярных атмосферной (для снижения ошибок от графической обработки индикаторной диаграммы) применена электронная система нанесения угловых отметок на осциллограмму.

Давление газов в первом цилиндре двигателя записывалось с помощью пьезокварцевого датчика, усилителя осциллографа "Орион" и специального усилителя мощности. Сигнал от того же датчика подавался в блок соответствующей измерительной аппаратуры (с дифференцирующей цепочкой) для записи на осциллограмме первой производной давления газов в цилиндре.

На сфото-лучевом осциллографе Н-105 с рамочными гальванометрами типа МОО4 на аэрофотоплёнку типа П-ТТ-1000 шириной 120 мм со скоростями протяжки 5м/сек и 2 м/сек производилась запись следующих показателей: P_r -давление в цилиндре, $\frac{dP_r}{dt}$ -первая производная давления газов, $P_{т.в.д.}$ -давление топлива

у штуцера топливного насоса высокого давления, R_p - положение рейки топливного насоса, R_u - подъём иглы форсунки, P_K - давление наддува, t_x - температура воздуха в коллекторе, $n_{т.к.}$ - обороты турбокомпрессора, $t_{1,2}$ - температуры газов до и после турбокомпрессора и т.д.

МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Кроме показателей, непосредственно записанных на ленту осциллографа, ряд показателей определялся расчётно-экспериментальным путём. Важнейшими из них являются цикловая подача топлива (g_u) и среднее индикаторное давление (P_i) в индицируемом цилиндре.

Цикловая подача топлива определялась расчётом по уравнению

$$g_u = \rho f \cdot \sqrt{2g\gamma} \cdot \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{P_{т.в.д.} - P_i} dt$$

В связи с тем, что давление $P_{т.в.д.}$ бралось у штуцера топливного насоса высокого давления (т.н.в.д.) со сдвигом по фазе, но без учёта влияния волн давления на давление в форсунке, для серии последовательных циклов у.р. были определены величины цикловых подач. Сравнение цикловых подач топлива, полученных весовым и расчётным методами, (в одном и том же установившемся режиме) дало поправочные коэффициенты для определения g_u в циклах н.р.

Среднее индикаторное давление определялось методом гармонического анализа по 18 ординатам. При этом, предварительно методами планиметрирования были получены величины ошибок определения P_i в результате смещения отметок в.м.т. для циклов у.р. и н.р., которые оказались несколько больше для циклов неустановившегося режима. Сравнением результатов планиметрирования и гармонического анализа по 18 ординатам были получены поправки на метод определения P_i гармоническим анализом. Эти поправки вызваны особенностями геометрии индикаторной диаграммы при неустановившемся

оя режиме, а именно — высокими значениями $\frac{dP}{d\varphi}$.

АНАЛИЗ СХОДСТВЕННЫХ ЦИКЛОВ

УСТАНОВИВШЕГОСЯ И НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМОВ

Для анализа циклов у.р.и.н.р. использованы координаты характерных точек, показатели в них, основные периоды индикаторных диаграмм и показатели циклов в целом. В качестве характерных выбраны точки, представленные на схеме фиг. 1.

Для исследованных переходных процессов, в зависимости от их вида, тепловое состояние двигателя и т.д. можно выделить 5 основных видов индикаторных диаграмм, отличающихся взаимным расположением характерных точек (в то время, как для циклов у.р. в диапазоне изменения числа оборотов от 500 до 1500 существует лишь ^{один} вид индикаторной диаграммы).

I вид — с последовательностью характерных точек

I; 2; C; K; в.м.т.; Z; d; K;

II вид — I; 2; C; в.м.т.; K; Z; d; K;

III вид — I; C; 2; в.м.т.; K; Z; d; K;

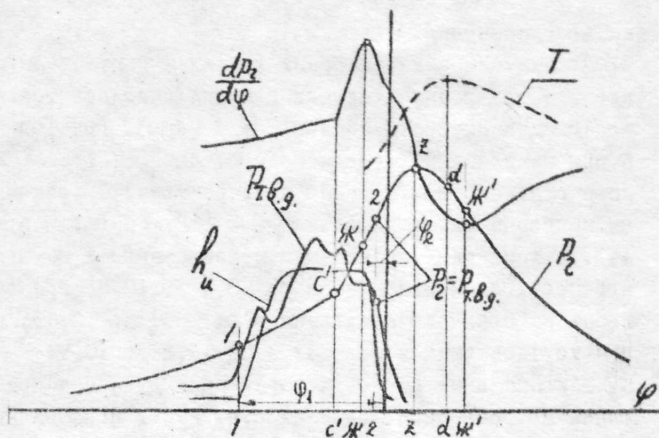
IV вид — I; C; 2; K; в.м.т.; Z; d; K;

V вид — I; C; K; 2; в.м.т.; Z; d; K;

Диаграммы видов I-IV характерны для разгонов двигателя из холодного состояния; видов III-IV для разгонов из горячего состояния; IV-V — для приёмов нагрузки. Диаграмма вида V по своей координации аналогична диаграммам установившихся режимов.

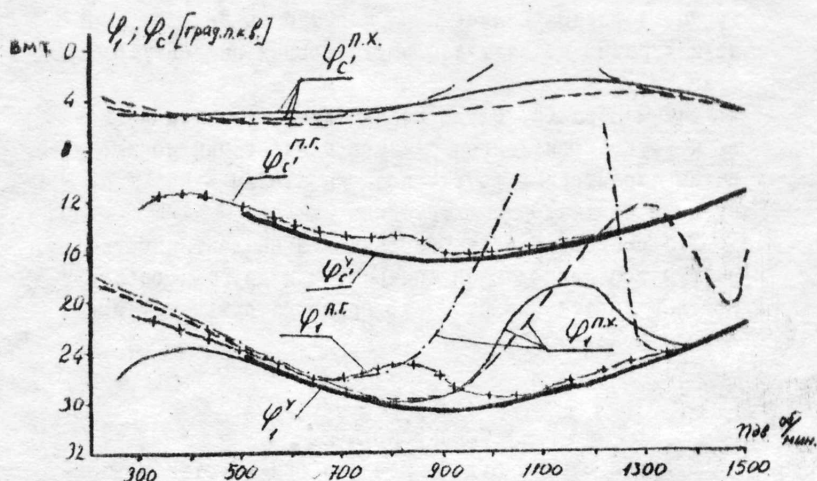
Результаты проведённого анализа показали следующее:

1. Координаты характерных точек сходственных циклов у.р. и н.р. и основные периоды индикаторной диаграммы могут существенно различаться.
2. При п.п. скоростного режима фазы (φ_1 и φ_2) и продолжительности (φ_{1-2}) топливоподачи могут значительно отличаться от аналогичных показателей сходственных циклов установившихся режимов (что является свидетельством вероятного изменения цикловых подач топлива) (Фиг. 2).
3. Вид диаграммы в переходном процессе в значительной степени определяется величинами периодов задерж-



ХАРАКТЕРНЫЕ ТОЧКИ ИНДИКАТОРНОЙ ДИАГРАММЫ И
ЕЁ ПЕРВОЙ ПРОИЗВОДНОЙ.

Фиг. 1.



КООРДИНАТЫ ХАРАКТЕРНЫХ ТОЧЕК ПРИ УСТАНОВИВШИХСЯ
РЕЖИМАХ "У" И П.П. РАЗГОНА ИЗ ХОЛОДНОГО "ПХ"
И ГОРЯЧЕГО "ПГ" СОСТОЯНИЯ.

Фиг. 2

ки воспламенения.

4. Показатели в характерных точках и показатели циклов в целом в значительной степени определяются факторами динамичности циклов (β_i) (проф. Толстов А.И.) а при разгонах из холодного состояния, (когда $\beta_i = 1$ на протяжении почти всего п.п. разгона) — величинами критерия управляемости $R_p = 1 - \frac{\psi_1 - c_1}{\psi_1 - 2}$ (проф. Чаромский А.Д.). Критерий управляемости при разгонах из холодного состояния изменяется от -0,4 до +0,2; при разгонах из горячего состояния — от +0,1 до +0,45; а при установившихся режимах — от +0,2 до +0,5.

5. Максимальные скорости нарастания давления при сгорании во всех исследованных п.п. имеют повышенные значения, а при холодном состоянии двигателя достигают $50 \frac{\text{кг/см}^2}{\text{град. п.п. в.}}$ (в то время, как при у.р. $\left(\frac{dp_2}{dt}\right)_{\text{max}}$ изменяется от $12 \frac{\text{кг/см}^2}{\text{град. п.п. в.}}$ при 500 об/мин до $7 \frac{\text{кг/см}^2}{\text{град. п.п. в.}}$ при 1500 об/мин).

6 Максимальные давления сгорания и средние индикаторные давления циклов п.п. могут быть больше, меньше или равны показателям сходственных циклов у.р. (Фиг. 3.)

Таким образом, сходственные циклы установившегося и неуставившегося режимов неидентичны по координатам характерных точек, по показателям в них и по средним индикаторным давлениям циклов.

Эта неидентичность определяется неидентичностью работы топливоподающей аппаратуры и другими особенностями протекания рабочего процесса при неуставившемся режиме.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТОПЛИВОПОДАЧИ

В общем случае подача топлива при неуставившемся режиме работы дизеля происходит при изменяющейся угловой скорости коленчатого вала, при перемещающейся рейке топливного насоса высокого давления и при тепловом состоянии двигателя, отличном от теплового состояния у.р. Особенности рабочего процесса в цилиндре двигателя при н.р. также могут влиять на характер процесса топливоподачи.

При угловых ускорениях коленчатого вала, средних для участка топливopодачи, изменявшихся для исследованных п.п. от -250 до +60 1/сек², отклонение скорости плунжера от скорости, определённой при $\omega_{\phi} = \text{const}$ не превышало 2%.

В результате пониженной температуры топлива, а следовательно при повышенных вязкости и плотности и пониженной сжимаемости цикловая подача топлива может увеличиться на 2 - 2,5%.

Пониженные противодействия впрыску, вызванные значительным смещением начала сгорания ближе к в.м.т., приводят к росту цикловых подач (q_u), что может быть учтено с помощью расчётно-экспериментального коэффициента K_{ϕ} , зависящего от относительного изменения периода задержки воспламенения ($\bar{\varphi}_i = \frac{\varphi_i^n}{\varphi_i}$).

Тогда:

$$\Delta q_u^n = +K_{\phi} \cdot \Delta \bar{\varphi}_i$$

В исследованных п.п. величина $K_{\phi} \cdot \Delta \bar{\varphi}_i$ достигала 4% от q_u .

В переходном процессе скоростного режима каждый цикл топливopодачи, протекая при данном положении рейки, при данной средней за цикл угловой скорости коленчатого вала имеет начальное давление ($P_{нач}$), равное остаточному давлению ($P_{ост}$) от предыдущего цикла, т.е. цикла с другой скоростью вала и другим положением рейки. При п.п. скоростного режима $P_{нач}^n$ может быть больше, меньше или равно $P_{нач}^y$.

Изменение начального давления приводит к изменению характеристик топливopодачи и изменению производительности топливного насоса высокого давления.

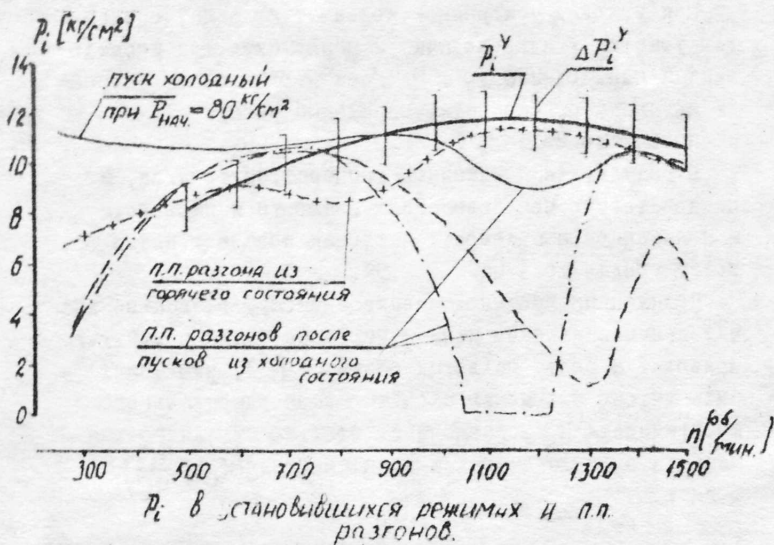
На основании функциональных зависимостей

$$\Delta q_u^n = \Delta q_u^n(\Delta \omega; \Delta h_p; \Delta P_{нач})$$

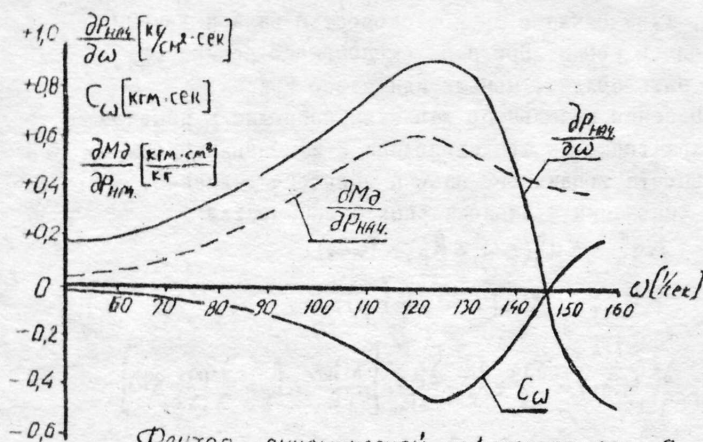
$$\Delta P_{нач} = \Delta P_{нач}(\Delta \omega; \Delta h_p);$$

можно записать

$$\Delta q_u^n = \frac{\partial q_u}{\partial \omega} \cdot \Delta \omega + \frac{\partial q_u}{\partial h_p} \Delta h_p - \frac{\partial q_u}{\partial P_{нач}} \left[\frac{\partial P_{нач}}{\partial h_p} \Delta h_p + \frac{\partial P_{нач}}{\partial \omega} \Delta \omega \right]$$



Фиг.3.



ФАКТОР ДИНАМИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ C_ω
 ДИЗЕЛЯ У1ДБ-250ТК

Фиг.4.

Влияние начального давления в п.п. на цикловую подачу может быть отражено расчётно-экспериментальными показателями K_ω и K_p

$$K_\omega = - \frac{\partial g_i}{\partial p_{нач}} \cdot \frac{\partial p_{нач}}{\partial \omega} \quad - \text{фактор динамической чувствительности топливной аппаратуры к изменению скоростного режима;}$$

$$K_p = - \frac{\partial g_i}{\partial p_{нач}} \cdot \frac{\partial p_{нач}}{\partial p} \quad - \text{фактор динамической чувствительности топливной аппаратуры к изменению нагрузочного режима.}$$

При п.п. скоростного режима величина цикловой подачи топлива i -того цикла определяются соотношением:

$$g_i^p = g_i^y + K_{p_{i-1,i}} \cdot \Delta p_{p_{i-1,i}} + K_{\omega_i} \cdot \Delta \omega_{i-1,i} + K_{\varphi_i} \cdot \Delta \varphi_{i-1,i};$$

Внявленная неидентичность процессов топливоподачи в сходственных циклах установившегося и неустановившегося режимов приводит к неидентичности величин моментов, развиваемых двигателем. Влияние изменения начального давления при п.п. на момент двигателя может быть отражено расчётно-экспериментальными показателями C_ω и C_p .

$$C_\omega = - \frac{\partial M_i}{\partial p_{нач}} \cdot \frac{\partial p_{нач}}{\partial \omega} \quad - \text{фактор динамической чувствительности дизеля к изменению скоростного режима;}$$

$$C_p = - \frac{\partial M_i}{\partial p_{нач}} \cdot \frac{\partial p_{нач}}{\partial p} \quad - \text{фактор динамической чувствительности дизеля к изменению нагрузочного режима.}$$

Тогда момент двигателя в i -том цикле п.п.

$$M_{g_i}^p = M_{g_i}^y + C_{p_i} \cdot \Delta p_{p_{i-1,i}} + C_{\omega_i} \cdot \Delta \omega_{i-1,i} + C_{\varphi_i} \cdot \Delta \varphi_{i-1,i}$$

Где с достаточной точностью можно принять, что $\frac{C_{\varphi_i}}{\Delta M_{g_i}^p} = \frac{K_{\varphi_i}}{\Delta g_{i-1,i}^y}$

Для определения зависимостей изменения цикловой подачи топлива и момента двигателя от изменения начального давления была создана специальная установка задания различных начальных давлений топлива. С её помощью были определены характеристики изменения K_ω и C_ω от числа оборотов вала двигателя (C_ω см. Фиг. 4)

При исследованных переходных процессах максимальные относительные значения приращений цикловых подач топлива и приращений моментов двигателя, вызванные свойствами топливной аппаратуры и свойствами дизеля, отражёнными в факторах динамической чувствительности дизеля, достигали 12%.

Следует отметить, что относительные изменения цикловых подач топлива и моментов двигателя, вызванные изменениями начальных давлений, близки, но не равны, что свидетельствует не только о количественных, но и о качественных изменениях в рабочем процессе при изменении начального давления.

Одной из особенностей процесса топливоподачи при разгоне дизеля является возможность нарушения баланса расхода топлива топливными насосами высокого и низкого давления. Это явление связано с потерями энергии на разгон определённой массы топлива, на преодоление повышенного сопротивления движению топлива при пониженных температурах. Результатом появления дисбаланса расхода топлива является появление разрежения в трубопроводе между фильтром и т. н. в. д., а следовательно — ухудшение наполнения надплунжерного пространства, приводящее к снижению цикловых подач топлива. Наибольшее по абсолютной величине и наиболее длительное по времени снижение цикловых подач наблюдалось при разгонах из холодного состояния.

Таким образом, вид и особенности п.п. скоростного режима, свойства топливной аппаратуры и дизеля, тепловое состояние камеры сгорания и топлива определяют отличия цикловых подач топлива в сходственных циклах установившегося и неустановившегося режимов.

РАСЧЁТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПРИ Н.Р.

После выявления особенностей топливоподачи при

н.р. с целью изучения других факторов, определяющих протекание рабочего процесса, сравнительное исследование было проведено в тех точках сглаженных характеристик (графическое сглаживание результатов обработки экспериментальных циклов), где подачи топлива для сходственных циклов у.р. и н.р. примерно равны.

По показателям в характерных точках экспериментальных индикаторных диаграмм были получены параметры расчётных циклов.

$$\lambda = \frac{P_z}{P_{c1}} \cdot \left(\frac{V_c}{V_{c1}} \right)^{n_1};$$

$$\rho = \frac{V_d}{V_c} \cdot \left(\frac{P_d}{P_z} \right)^{\frac{1}{n_2}};$$

$$\delta = \frac{V_B}{V_d} \cdot \left(\frac{P_z}{P_d} \right)^{\frac{1}{n_2}};$$

$$\eta_1 = \frac{l_3 P_{c1} - l_2 P_{c1}}{l_3 V_{a1} - l_2 V_{c1}}; \quad \eta_2 = \frac{l_3 P_d - l_2 P_B}{l_3 V_B - l_2 V_d};$$

По полученным параметрам расчётных циклов определены средние индикаторные давления P_i^p (расчётные). Сравнение расчётных и полученных экспериментально средних индикаторных давлений показало, что коэффициент скругления индикаторной диаграммы $\eta_n = \frac{P_i}{P_i^p}$ составлял 0,94–0,97. Это позволяет считать циклы экспериментальный и расчётный, построенный на его основе, эквивалентными. Следовательно, с их помощью можно проводить анализ рабочего процесса.

Высокие значения степени повышения давления при сгорании в начальный период разгона из холодного состояния приводят к увеличению экономичности циклов, несмотря на пониженные значения коэффициентов избытка воздуха. Пониженные α приводят к снижению индикаторного к.п.д. при высоких числах оборотов.

Как показал проведённый анализ, индикаторный к.п.д. циклов п.п. может быть выше, равен или ниже, чем η_i циклов у.р. Причём, с определённой степенью точности можно принять, что $\eta_i^n = \eta_i^y \cdot \bar{\eta}_i \cdot \bar{\eta}_\alpha$

где η_i^y и η_i^n - индикаторные к.п.д. сходственных циклов у.р. и п.п. при $g_u^n = g_u^y$;

$\bar{\eta}_\lambda$ - коэффициент динамичности цикла, учитывающий изменение индикаторного к.п.д. при изменении степени повышения давления при сгорании от λ^y до λ^n (в этот же показатель при его экспериментальном определении входит и влияние величин T_k на η_i).

$\bar{\eta}_\alpha$ - коэффициент состава смеси, учитывающий изменение индикаторного к.п.д. при переходе от состава смеси установившегося режима к составу смеси сходственного цикла н.р.

В переходном процессе разгона из холодного состояния при $n = 500$ об/мин и $\lambda = 3,15$ получено, что $\bar{\eta}_\lambda = 1,14$.

Величина $\bar{\eta}_\alpha$, полученная с использованием данных проф. Поринова Д.А., при различных переходных процессах изменяется от 0,99 до 0,95.

Таким образом, при н.р. работы дизеля среднее индикаторное давление может быть представлено соотношением

$$P_i^n = \frac{(g_u^y + k_f \cdot \Delta \bar{P}_i + k_R \cdot \Delta h + k_{\omega} \cdot \omega) \cdot H_u}{A \cdot V_R} \eta_i^y \cdot \bar{\eta}_\alpha \cdot \bar{\eta}_\lambda$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании исследования двух основных видов переходных процессов скоростного режима и сравнения сходственных циклов установившегося и неустановившегося режимов можно сделать следующие выводы. I. Сходственные циклы установившегося и неустановившегося режимов (т.е. циклы, протекающие при одинаковых средних за цикл угловых скоростях коленчатого вала и одинаковых положениях рейки топливного насоса) не являются идентичными по их основным показателям. Основное влияние на рабочий процесс при неустановившемся режиме оказывают особенности топливоподачи, воздухоснабжения и процессов смесеобразования - сгорания в цилиндре дизеля. Величина P_i^n циклов приёма нагрузки может отличаться от P_i^y сходственных циклов установившихся режимов

до 12%.

2. При одинаковых положениях регулирующего органа и одинаковых средних за цикл угловых скоростях коленчатого вала фазы, продолжительности и величины подач топлива не одинаковы. Величины противодействия впрыску (зависящие от периодов задержки воспламенения), величины начального давления топлива, а также возможные нарушения весового баланса расхода топлива насосами высокого и низкого давления влияют на процессы топливоподачи при неустановившихся режимах. Изменение начального давления топлива при неустановившихся режимах определяется величинами изменения скорости вращения коленчатого вала и положения регулирующего органа от цикла к циклу и приводит к изменению цикловой подачи топлива до 12%.

3. Факторы динамической чувствительности топливной аппаратуры и дизеля позволяют уточнить величины цикловых подач топлива и моментов двигателя при переходных процессах скоростного режима. Для определения этих показателей создана установка, позволяющая поддерживать заданные начальные давления и определять моменты двигателя и цикловые подачи топлива в функции от начального давления.

4. Система с компенсирующим аккумулятором расхода топлива позволяет устранить влияние на процесс топливоподачи возможного появления дисбаланса расхода топлива.

5. Предложенные в работе коэффициенты, учитывающие обеднение смеси и повышение степени повышения давления при сгорании, дают возможность оценки индикаторных к.п.д. циклов переходного процесса. Эти коэффициенты достигали 0,95 и 1,14 соответственно.

6. Предложенная в работе методика исследования показателей в характерных точках индикаторных диаграмм использована для анализа сходственных циклов.

7. Для получения возможности проведения теплового расчета характерных циклов неустановившегося режи-

ма разработана методика перехода от экспериментального цикла к циклу расчётному. Методика пригодна для применения на ЭЦЕМ.

8. Проведённая работа показала целесообразность дальнейшего исследования особенностей работы топливopодающей аппаратуры при неустановившихся режимах, чем в значительной степени определяется протекание рабочего процесса в циклах неустановившегося режима, особенно двигателей с умеренным наддувом. Наряду с этим необходимы дальнейшие исследования, уточняющие совместное влияние на рабочий процесс особенностей воздухоcнабжения и теплового состояния дизеля.

Основное содержание диссертации изложено в работах:

1. Леонов О.Б., Патрахальцев Н.Н., Анализ рабочих циклов двигателя с наддувом при неустановившемся режиме работы. "Известия вузов. Машиностроение." №5.1970г.

2. Леонов О.Б., Патрахальцев Н.Н., Исследование процесса топливopодачи при неустановившемся режиме работы дизеля. "Известия вузов. Машиностроение." №7.1970г.

3. Леонов О.Б., Арапов В.В., Боровицкий В.И., Мануйлов Н.Н., Патрахальцев Н.Н., Солдатов Н.К., Устройство для автоматического регулирования давления. Авт. свидетельство № 244004 от 15.II.68. Оpubл. 14.V.68. №17.

4. Леонов О.Б., Арапов В.В., Боровицкий В.И., Мануйлов Н.Н., Патрахальцев Н.Н., Солдатов Н.К., Устройство для регистрации на осциллограмме углов поворота вала. Авт. свидетельство № 248382 от 15.IV.68. Оpubл. 10.VII.68. № 23.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований по материалам диссертации докладывались:

- на ежегодной научно-технической конференции по итогам НИР каф. ДВС МВТУ. Октябрь 1969г.

- на научно-технической юбилейной конференции в Челябинском ин-те мех.и электрифик. с.х. февраль 1970г.

- на научно-технической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения В.И.Ленина. МВТУ. Март 1970г.

- на ежегодной научно-технической конференции по итогам НИР каф. ДВС МВТУ. Октябрь 1970г.

М126490

