

Рациональное охлаждение наддувочного воздуха при работе двигателя 8ЧН 12/12 на частичных режимах.

Автори: Минчев Д. С., Мошенцев Ю. Л., Нагорный А. В., Тягнядно Б. А., Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

Ранее были представлены результаты экспериментальных исследований особенностей работы двигателя типа 8ЧН 12/12 на режимах частичных нагрузок при различной глубине охлаждения наддувочного воздуха.

Для корректной интерпретации результатов эксперимента и определения действительных закономерностей влияния подогрева воздуха на параметры работы двигателя целесообразно осуществить их приведение к одинаковым (нормальным) условиям. Для этого предлагается выполнить математическое моделирование рабочего цикла дизельного двигателя со свободным газотурбинным наддувом с использованием развитых программных средств, разработанных на кафедре ДВС НУК [1, 2].

Математическая модель была настроена с использованием экспериментальных данных более чем 100 стационарных и динамических режимов работы исследуемого двигателя. Тщательной идентификации были подвергнуты специальным образом подготовленные характеристики компрессора и турбины турбокомпрессора типа ТКР-11, модель тепловыделения, параметры процессов газообмена.

Математическая модель дополнительно настраивалась на режим минимального значения t_s для каждой серии режимов, а затем, без перенастройки – на режим максимального t_s . Исходными параметрами для моделирования были приняты: цикловая доза подаваемого в цилиндр топлива $q_{ц}$, частота вращения коленчатого вала n , температура воздуха в ресивере двигателя t_s . Данные параметры совпадают с экспериментальными. Судить о погрешности моделирования можно по таблице 1, в которой сведены относительные погрешности определения основных показателей, подсчитанные по формуле:

$$\delta A = 2 \cdot \left| \frac{A - A_э}{A + A_э} \right| \cdot 100\%,$$

где A , $A_э$ – расчётное и экспериментальное значение параметра соответственно.

Как видно, погрешность моделирования не превышает 2...4 % (за исключением температур t_k и t_t на режимах холостого хода, для которого эти значения ввиду отсутствия наддува неважны).

Таким образом, можно сделать вывод, что математическая модель адекватно отображает изменение основных параметров рабочего цикла при изменении температуры воздуха в ресивере.

На рис. 1 представлены расчётные кривые, иллюстрирующие влияние t_s на параметры рабочего цикла двигателя типа 8ЧН 12/12 для исследуемых режимов работы. При математическом моделировании выполнялось условие постоянства частоты вращения коленчатого вала n , эффективной мощности, развиваемой двигателем N_e и температуры воздуха на входе в двигатель t_0 . Как видно, качественное влияние t_s на изменение расхода воздуха через двигатель, давление наддува и давление газов перед турбиной, температуру отходящих газов перед турбиной, коэффициент наполнения и коэффициент избытка воздуха совпадает с обнаруженным экспериментально, что свидетельствует об адекватности математического моделирования.

Таблица 1. Относительные погрешности моделирования основных параметров рабочего цикла двигателя КамАЗ-740.10

Параметр	Режим					
$M_e, \text{Н}\cdot\text{м}$	–	–	145,7	153,4	315,9	324,5
$t_s, ^\circ\text{C}$	17,0	68,8	29,7	69,6	39,1	79,3
$\delta M_e, \%$	–	–	3,5	2,5	0,5	2,9
$\delta p_z, \%$	3,4	1,0	2,3	3,3	2,2	2,8
$\delta p_t, \%$	0,4	0,5	5,2	5,9	4,4	6,8
$\delta t_t, \%$	26,6	38,4	1,5	8,3	1,0	8,5
$\delta G, \%$	6,2	0,7	3,6	0,3	3,3	1,9
$\delta t_k, \%$	22,6	20,4	5,4	2,2	0,3	1,1
$\delta \eta_n, \%$	6,2	0,1	3,1	0,5	2,7	0,3
$\delta \eta_{TK}, \%$	2,6	4,1	4,1	4,0	5,8	5,1
$\delta p_s, \%$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	1,1

В тоже время для всех исследуемых режимов работы получено увеличение расхода топлива при росте температуры наддувочного воздуха. Данное обстоятельство объясняется тем, что с увеличением t_s в связи с перераспределением теплового баланса и увеличением доли теплоты, отводимой в стенки цилиндра, наблюдается снижение индикаторного к.п.д. цикла η_i – в среднем на 0,5% на каждые 10 °C. В тоже время рост соотношения p_s/p_t , в сочетании с уменьшением расхода воздуха G , наблюдаемые с увеличением t_s , приводят к уменьшению затрат мощности на осуществление насосных ходов $N_{н.х.}$, и соответствующему увеличению

механического к.п.д. Следует отметить, что с уменьшением общего к.п.д. турбокомпрессора η_{TK} данный эффект возрастает, и при $\eta_{TK} < 0,25$ рост механического к.п.д. двигателя η_m может компенсировать снижение η_i . Однако, современные турбокомпрессоры даже при работе на нерасчётных режимах при правильном проектировании характеризуются существенно большим значением η_{TK} .

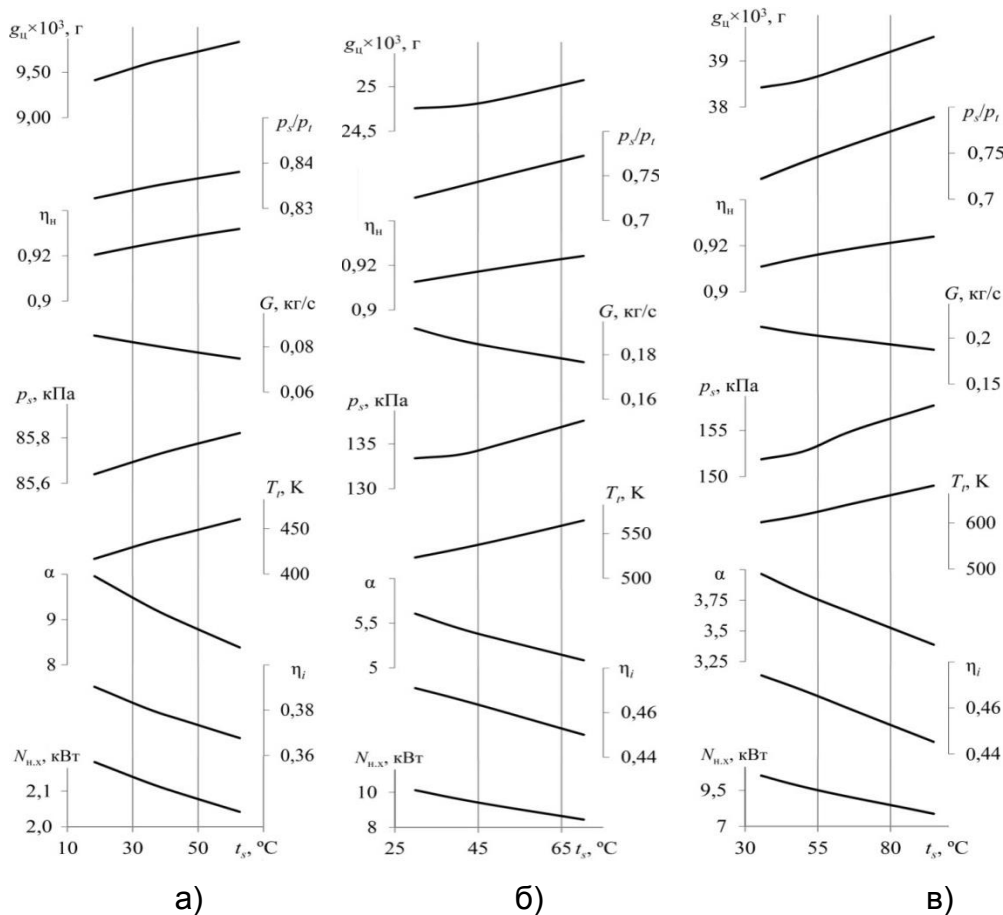


Рис. 1. Влияние температуры воздуха в ресивере на параметры рабочего цикла дизельного двигателя типа 8ЧН 12/12. Результаты моделирования после настройки математической модели на экспериментальные данные.

- а) режим холостого хода, $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$;
- б) малая нагрузка ($N_e = 23,5 \text{ кВт}$, $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$);
- в) средняя нагрузка ($N_e = 23,5 \text{ кВт}$, $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$).

Рис. 2 иллюстрирует расчётное влияние t_s на величину вредных выбросов с отходящими газами: с ростом температуры воздуха в ресивере концентрация оксидов азота и сажи увеличивается. Увеличение концентрации NO_x объясняется ростом максимальной температуры сгорания, а увеличение концентрации сажи - затягиванием процесса сгорания в связи с уменьшением коэффициента избытка воздуха α , которое компенсирует увеличение скорости процессов смесеобразования вследствие роста температуры в конце сжатия T_c .

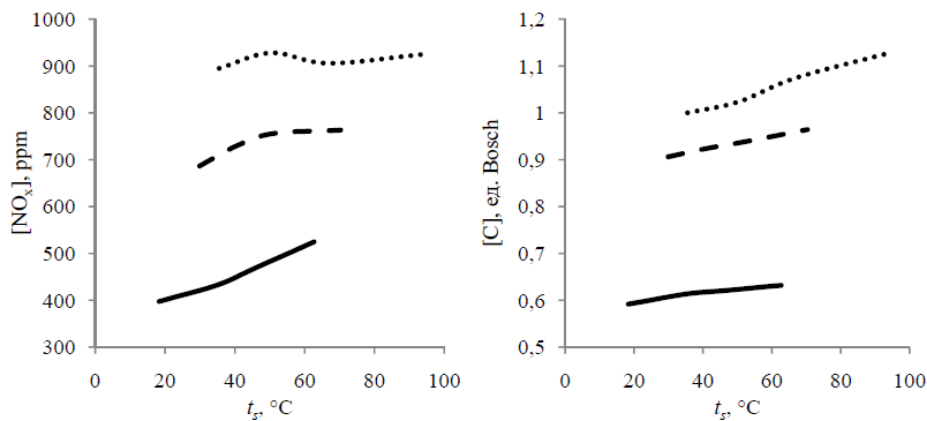


Рис. 2. Концентрація шкідливих речовин в отходящих газах в залежності від t_s .

- режим холостого ходу, $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$;
- - - малая нагрузка ($N_e = 23,5 \text{ кВт}$, $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$);
- средняя нагрузка ($N_e = 23,5 \text{ кВт}$, $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$).

В результате выполненных исследований получены следующие результаты: 1) подогрев воздуха в ресивере дизельного двигателя при его работе на стационарных режимах холостого хода, малых и средних нагрузок является нецелесообразным (при температуре наружного воздуха $t_0 > 15 \text{ }^\circ\text{C}$), так как приводит к росту расхода топлива и выбросов оксидов азота при условии эффективного регулирования температуры масла на входе в двигатель; 2) повышение температуры воздуха в ресивере двигателя приводит к снижению индикаторного к.п.д. цикла η_i , которое частично компенсируется повышением механического к.п.д. двигателя η_m вследствие уменьшения работы насосных ходов по причине сокращения расхода воздуха и увеличения соотношения p_s/p_t .

Представляет существенный интерес выполнение аналогичных исследований при более низких температурах окружающей среды, а также экспериментальное изучение вопроса целесообразности подогрева воздуха в ресивере двигателя на режимах пуска и прогрева.

Литература

1. Минчев, Д. С. Повышение эффективности дизельных бесшатунных двигателей путём совершенствования схем и параметров системы наддува: дисс. ... к.т.н. наддува [Текст] / Д. С. Минчев. – Николаев, НУК, 2011. – 243 с.
2. Минчев, Д. С. Использование характеристик турбокомпрессора при расчете неустановившихся режимов работы дизельных двигателей / Д. С. Минчев, Ю. Л. Мошенцев, А. В. Нагорный, А. С. Дьяконов // Вестник двигателестроения Запорожского национального технического университета. – №2 –Запорожье, – с. 88-93.