

УДК 621.431.72.013.2

С.А. Алёхин, инж., В.И. Пелепейченко, д-р. техн. наук, П.Е. Куницын, канд. техн. наук, П.Я. Перерва, канд. техн. наук, Д.Ю. Бородин, канд. техн. наук

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЗАКРУТКИ ВОЗДУШНОГО ЗАРЯДА НА РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС ТЕПЛОВОЗНОГО ДВУХТАКТНОГО ДИЗЕЛЯ 6ДН С ОХЛАДИТЕЛЕМ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА

Мировой опыт создания и эксплуатации двигателей с наддувом свидетельствует, что наиболее эффективным средством повышения агрегатной удельной мощности, ресурса, улучшения экономичности и снижения токсичности выпускных газов ДВС является применение промежуточного охлаждения наддувочного воздуха. Именно этот способ и было решено применить для повышения технико-экономических и экологических показателей тепловозного дизеля 6ДН.

Однако применение промежуточного охлаждения наддувочного воздуха требует решения ряда научных задач, вызванных неизбежными изменениями, происходящими в этом случае с рабочим процессом двигателя. Так, снижение температуры наддувочного воздуха во впускном коллекторе приведёт к снижению температуры заряда в цилиндре в период топливовой подачи, что в свою очередь приведёт к увеличению периода задержки воспламенения, а это, в свою очередь, отразится на характеристике сгорания топлива. Охладитель наддувочного воздуха также приводит к увеличению общего расхода воздуха, что отражается на изменении интенсивности вихревого движения воздушного заряда в цилиндрах дизеля. Всё это, в свою очередь, приводит к изменению качества процесса смесеобразования и сгорания и, в конечном итоге, уровня индикаторного КПД дизеля.

Поэтому с полным правом можно утверждать, что установка охладителя наддувочного воздуха (ОНВ) на тепловозный дизель 6ДН, доведенный без ОНВ, приведёт к тому, что параметры системы воздухообеспечения будут неоптимальными, т.е. потенциальные возможности улучшения технико-экономических показателей дизеля будут реализованы не полностью.

В КП ХКБД был проведен комплекс расчётных и экспериментальных исследований по выбору рациональных конструктивных и регулировочных параметров системы воздухообеспечения тепловозного дизеля 6ДН с ОНВ с целью улучшения его технико-экономических показателей.

В данной работе ставилась задача выбора оптимального значения только одного конструктивного параметра - максимального угла закрутки по высоте впускных окон цилиндра (φ_z). Оптимизация выполнялась расчётным путём на режиме номинальной мощности $N_e = 588$ кВт (800 л.с.) при частоте вращения коленвала $n = 2200$ мин⁻¹ с помощью усовершен-

ствованной программы расчёта характеристик двухтактного дизеля, описанной в работах [1, 2].

При проведении расчётных исследований принимали параметры окружающей среды $T_0 = 293$ К, $p_0 = 1,01 \cdot 10^5$ Па, сопротивление воздушного фильтра $\Delta p_{fc} = 6000$ Па, сопротивление глушителя $\Delta p_r = 5000$ Па. При оптимизации накладывались следующие ограничения:

- по максимальному давлению сгорания $p_{z \max} \leq 12,5$ МПа;
- по температуре выпускных газов после турбины $t_r \leq 600$ °С;
- по минимально допустимому уровню коэффициента избытка воздуха в цилиндре $\alpha \geq 1,5$.

На рис. 1.а, 1.б и 1.в приведены характеристики тепловозного дизеля 6ДН с ОНВ при различных значениях максимального угла закрутки впускных окон по высоте ($\varphi_z = 25 \dots 60^\circ$).

Из рис. 1а следует, что минимальное значение удельного эффективного расхода топлива приходится на угол $\varphi_z = 42^\circ$ (штатное значение $\varphi_z = 35^\circ$). При этом же угле φ_z обеспечивается также минимальная температура выпускных газов после турбины (t_r). Максимальное давление сгорания при угле $\varphi_z = 42^\circ$ имеет наибольшее значение ($p_z = 12,2$ МПа), но не выходит за пределы ограничений $p_z \leq 12,5$ МПа (см. рис. 1.б).

Известно, что влияние угла закрутки впускного окна цилиндра на показатели рабочего цикла двухтактного дизеля является сложным и проявляется непосредственно через несколько взаимосвязанных и взаимообусловленных процессов.

Изменение угла закрутки приводит к изменению эффективного проходного сечения впускных окон цилиндра и, естественно, их время-сечения. Это, в свою очередь, сказывается на расходе воздуха через двигатель и на остальных интегральных показателях газообмена. Так, увеличение угла закрутки сопровождается уменьшением:

- проходного сечения окон;
- время-сечения окон;
- расхода воздуха через двигатель.

Изменение расхода воздуха, в свою очередь, приводит к изменению режимов совместной работы поршневой части, компрессора и турбины, а следовательно, к изменению механического КПД двигателя.

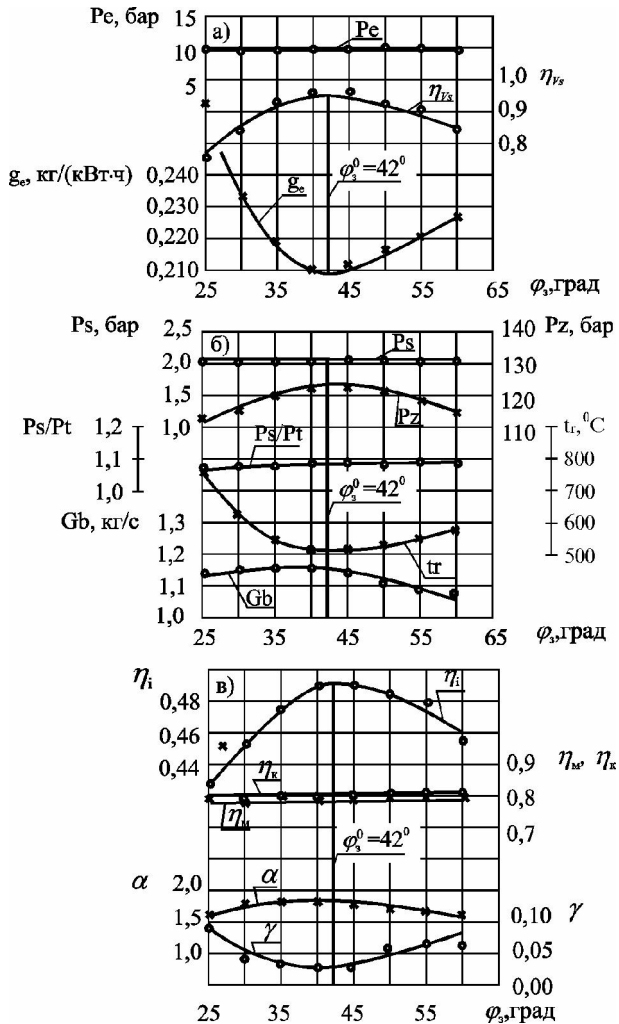


Рис. 1 Регулировочные характеристики тепловозного дизеля БДН с ОНВ по максимальному углу закрутки впускных окон по высоте на номинальном режиме $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$

Изменение угла закрутки окон вызывает также изменения в характере течения заряда в цилиндре в периоды продувки и сжатия. При малых углах закрутки интенсивность вихря в цилиндре к моменту начала впрыскивания топлива оказывается недостаточной для качественного смесеобразования. При углах закрутки, больших оптимальных, вследствие высокой интенсивности вихря возможно взаимное наложение топливных факелов от соседних форсунок, что также сопровождается ухудшением условий смесеобразования. Ухудшение смесеобразования в том и другом случае сопровождается увеличением продолжительности сгорания топлива, снижением индикаторного (см. рис. 1.в) и эффективного КПД, увеличением расхода топлива.

Уменьшение индикаторного КПД, вызванное ухудшением качества смесеобразования, оказывает, в свою очередь, обратное влияние на показатели

газообмена и на режим совместной работы лопаточных машин и поршневой части. Это явление можно объяснить тем, что при малом индикаторном КПД для поддержания неизменной эффективной мощности необходимо увеличивать цикловую подачу топлива. Увеличение расхода топлива, происходящее на фоне увеличения продолжительности его сгорания, приводит к увеличению температуры деталей ЦПГ (поршней, перемычек между ВХ окнами) и газов в выпускном коллекторе (см. рис. 1.б) даже до уровня, превышающего допустимый. Естественно, что изменение температуры газа перед турбиной сказывается и на режиме её работы.

Необходимо также отметить, что максимум величины коэффициента наполнения η_{vs} (см. рис. 1.а) и минимальное значение коэффициента остаточных газов $\gamma_{ост}$ (см. рис. 1.в) обеспечивается при оптимальном максимальном угле закрутки впускных окон по высоте $\varphi_3 = 42^\circ$. В работе [2] показано, что с оптимальным углом φ_3 обеспечивается равномерное распределение продувочного воздуха по сечению цилиндра, в результате чего достигается наиболее полная очистка цилиндра от отработавших газов. Указывается, что увеличение угла φ_3 от оптимального порождает непродуваемую центральную зону цилиндра, а его уменьшение – пристеночную часть цилиндра. Улучшение процесса газообмена с оптимальным углом φ_3 сопровождается увеличением коэффициента избытка воздуха для сгорания (см. рис. 1.в), что также положительно отражается на индикаторном КПД.

Таким образом, проведенный комплекс расчётных исследований позволяет сделать главный вывод – применение на тепловозной модификации дизеля БДН охладителя наддувочного воздуха требует изменения максимального угла закрутки впускных окон цилиндра. Оптимальный угол закрутки ($\varphi_3 = 42^\circ$) больше чем на штатном дизеле БДН без ОНВ ($\varphi_3 = 35^\circ$).

Список литературы:

1. Алёхин С.А., Пелепейченко В.И., Выбор параметров системы воздухообеспечения тепловозной модификации дизеля ДН 12/2×12 из условия достижения заданных показателей газообмена. // Харьков, 1994 - 16 с. - Деп. в ГНТБ Украины, № 125-УК95, 16.01.95.
2. Алёхин С.А., Улучшение технико-экономических и токсических характеристик тепловозного дизеля БДН путём совершенствования системы воздухообеспечения. Дисс. ... канд-та техн. наук: 05.05.03. Харьков, КП ХКБД, 2004 г.