

УДК 621.43.052

В.В. Капустин, А.Г. Клименко, А.Б. Присяжнюк

Севастопольский национальный технический университет

Студгородок, г Севастополь, Украина, 99053

E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА НА СТЕПЕНЬ ФОРСИРОВКИ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

Предложен метод оперативного контроля и управления режимом испарительного охлаждения наддувочного воздуха в дизелях.

Современные судовые дизели форсируются не повышением частоты вращения коленчатого вала или увеличением числа цилиндров, а повышением давления (наддув) воздуха. Поэтому для снижения тепловых нагрузок в дизелях и обеспечения заданных ресурсных характеристик в них предусматривается промежуточное охлаждение воздуха установкой рекуперативных теплообменников после воздушного компрессора. Однако в процессе эксплуатации судовых дизелей возникает необходимость дополнительного охлаждения наддувочного воздуха.

В качестве резервного способа предлагается использовать испарительное охлаждение впрыском пресной воды в наддувочный воздух. Установка такой системы не требует значительных конструктивных изменений и может быть выполнена силами машинной команды без вывода судна из эксплуатации [1]. Но одновременно с этим возникает опасность переохлаждения и выпадения капельной влаги из воздуха. Для её удаления применяется режим периодической продувки воздушных ресиверов, что создаёт определённые трудности при эксплуатации дизелей. Поскольку атмосферный воздух представляет собой смесь газов и водяного пара, то его давление (P_o) должно определяться суммой парциальных давлений сухого воздуха (P'_o) и водяного пара (P''_w): $P_o = P'_o + P''_w$.

Давление P''_w не может превышать давление насыщения (P_s) при данной температуре влажного воздуха ($P''_w \leq P_s$), т.е. максимальное парциальное давление водяного пара в составе влажного воздуха определяется только температурой смеси (T_s). При $P''_w = P_s$ воздух считается насыщенным и его степень насыщения влагой (ϕ) является предельной ($\phi = 1,0$), что сопровождается конденсацией паров воды, а температура, при которой это происходит, считается температурой точки росы (T_p).

Для оценки влажности атмосферного воздуха используется психрометрический эффект, основанный на измерении разницы показаний сухого и мокрого термометров. Но этот способ не пригоден для измерения влажности воздуха высокого давления.

В процессе эксплуатации судовых дизелей опытные механики, осуществляя периодически продувку воздушных ресиверов, определяют критическую температуру паровоздушной смеси (T_s), при которой отмечается появление капельной влаги в выходящем воздухе. Фактически критическая температура воздуха в ресивере выше температуры точки росы ($T_s > T_p$), поскольку влага выделяется из воздуха при температуре машинного отделения ($T_{м.о.}$), которая заведомо ниже температуры воздуха в ресивере.

В соответствии с ГОСТом 10448-80 нормальными параметрами окружающего воздуха для поршневых двигателей считаются: $P_o = 0,103$ МПа, $T_o = 300$ К и $\phi_o = 0,7$. Реально никогда судовой дизель при таких условиях не эксплуатируется, поэтому при назначении T_s следует учитывать отклонение от указанных параметров. Так, температура в машинном отделении судна всегда выше температуры окружающего воздуха ($T_{м.о.} > T_o$), а при наддуве давление воздуха после компрессора (P_k) существенно выше атмосферного ($P_k \gg P_o$). При испарительном охлаждении влажность наддувочного воздуха повышается ($\phi \rightarrow 1,0$). В этом случае необходимо знать, при каком соотношении массовых расходов воды (g_w) и воздуха (g_a) будет достигнуто наибольшее снижение ($\Delta T_{охл.}$) температуры наддувочного воздуха (T_k) до начала конденсации паров воды в ресивере дизеля

$$T_p = T_k - \Delta T_{охл.}, \quad (1)$$

$$\Delta T_{охл.} = \frac{g_w}{g_a} \frac{r}{c'_v + R}, \quad (2)$$

где r и R – теплота парообразования для пресной воды и универсальная газовая постоянная для воздуха соответственно; c'_v – истинная удельная изобарная теплоёмкость воздуха.

Воспользовавшись таблицами Вукаловича М.П. для газов, получим в результате аппроксимации следующее квадратичное уравнение для расчёта истинной удельной изохорной теплоёмкости воздуха:

$$c'_v = 0,627 + 2,776 \cdot 10^{-4} \cdot T_k - 5,411 \cdot 10^{-8} T_k^2. \quad (3)$$

Совместное решение уравнений (1-3) возможно методом последовательного приближения по T_k и g_w для четырёхтактного дизеля с наддувом.

Оптимальная присадка воды к воздуху $\left(\frac{g_w}{g_a} \right)$ при наименьшем износе зеркала цилиндра, бездымности выхлопа и минимальном расходе топлива и смазки, для двигателя 6ЧНСП 16/22,5 составила 1,3...1,7% от массы расходуемого воздуха.

Полученное расчётное значение T_p для $\left(\frac{g_w}{g_a} \right)_{\text{опт}}$ должно быть менее или равно T_s , т.е. $T_s \geq T_p$. В этом случае влага без потерь в парообразном со-

стоянии будет попадать с воздухом в цилиндры двигателя и участвовать в рабочем процессе.

Дополнительные исследования, проведённые авторами по оценке влияния впрыска воды на плотность и температуру наддувочного воздуха высокофорсированного дизеля 12ЧН15/18, показали эффективную работу двигателя при отключённом штатном поверхностном теплообменнике. По опытным данным температура снижалась на 27...30°C при впрыске воды в

количестве $\left(\frac{g_w}{g_s}\right) = 1, \%$. На номинальном режиме работы дизеля количество впрыснутой воды составило 2,2%, а температура наддувочного воздуха была снижена на 7,5°C. Полученные данные подтверждаются опубликованными материалами других авторов [3].

На основе опытных данных получена полуэмпирическая зависимость, позволяющая расчётным путём определить T_s с учётом изменения давления наддува (режима работы дизеля), начальной температуры и влажности воздуха

$$T_s = 1,15 T_{m.o.} - \lg(qz) \quad (4)$$

В уравнении (4) представлены соотношения $q = \frac{\varphi}{\varphi_o}$ и $z = \frac{P_k}{P_o}$, учитывающие отклонения эксплуатационных значений относительной влажности φ и давления наддува P_k от нормативных, принятых при проектировании дизеля. При этом должно быть выдержано условие $T_p < T_s \leq 310^\circ\text{C}$, которое позволит приступить к автоматизации процесса управления режимом испарительного охлаждения наддувочного воздуха в судовых дизелях.

Предложенный метод позволяет также вести оперативный контроль за фазовым переходом в наддувочном воздухе и автоматизировать процесс удаления конденсата из воздушных ресиверов дизеля.

Кроме того, дальнейшие работы по модернизации режима охлаждения двигателей позволят использовать их на всех мощностях, включая максимальную при неспецификационных внешних условиях.

Библиографический список

1. Капустин В.В. Работа судового дизеля 6L160PNS с испарительным охлаждением наддувочного воздуха / В.В. Капустин // Речной транспорт. — 1969. — № 12. — С. 25–27.
2. Капустин В.В. Влияние испарительного охлаждения наддувочного воздуха на качество смазочного масла и износ деталей двигателей 6L160PNS / В.В. Капустин // Транспорт. — 1969. — Вып. 75. — С. 40–50.
3. Гольтраф И.С. Охлаждение воздуха в судовых дизелях / И.С. Гольтраф. — Л.: Судостроение, 1966. — 200 с.

Поступила в редакцию 11.11.2002 г.

