

УДК 621.577

Н.И. РАДЧЕНКО, А.А. АНДРЕЕВ

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, Украина

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТУРА ОХЛАЖДЕНИЯ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА СУДОВЫХ ДВС

Приведены результаты расчета мощности водяных насосов системы охлаждения наддувочного воздуха по отношению к мощности судового малооборотного дизеля. Предложено использовать теплоиспользующую холодильную машину, в частности, эжекторную холодильную машину, для охлаждения воды контура охладителя наддувочного воздуха (ОНВ). Показано, что использование в эжекторной холодильной машине теплоты наддувочного воздуха обеспечивает дополнительное (по сравнению с водяным охлаждением) снижение температуры наддувочного воздуха и соответственно повышение КПД судовых малооборотных дизелей. Предложены схемные решения теплоиспользующих систем охлаждения воды контура ОНВ судовых малооборотных дизелей на базе эжекторной холодильной машины, использующей теплоту наддувочного воздуха.

Ключевые слова: малооборотный дизель, утилизация, водяное охлаждение, охлаждение наддувочного воздуха, теплоиспользующая холодильная машина

1. Анализ проблемы и постановка задачи исследования

Эффективность двигателей внутреннего сгорания (ДВС) во многом зависит от системы воздухоподготовки, включающей в первую очередь турбонаддувочный агрегат и охладитель наддувочного воздуха (ОНВ) [1]. С повышением температуры наддувочного воздуха уменьшается коэффициент избытка воздуха, ухудшается смесеобразование, увеличиваются период задержки самовоспламенения топлива, температура выпускных газов и отвод теплоты от цилиндров, т.е. теплотери, теплонапряженность двигателя, удельный расход топлива, снижаются эффективный КПД и мощность двигателя. Так, согласно данным фирм-производителей судовых ДВС каждый градус повышения температуры наддувочного воздуха вызывает уменьшение мощности судового ДВС на 0,5 % [2].

Это особенно сказывается на режимах частичных нагрузок, когда на ухудшение всех показателей ДВС накладывается еще фактор изменения атмосферных условий. Как видно, традиционные системы водяного охлаждения не справляются с повышенными тепловыми нагрузками на ОНВ, что приводит к снижению мощности МОД (уменьшению хода судна) или же к перерасходу электроэнергии на циркуляцию. Очевидно, что решение проблемы следует искать в применении машинного холода. Известны предложения по применению для этих целей пароконденсаторных холодильных машин с приводом компрессора от вала двигателя. Таким образом, проблема повышения эффективности работы систем охлаждения судовых ДВС при высокой температуре

воздуха, подаваемого в цилиндры, является достаточно актуальным [3].

Целью работы является разработка рациональных схем охлаждения наддувочного воздуха судовых ДВС, обеспечивающих снижение температуры воды в системе охлаждения ДВС с помощью теплоиспользующего контура.

Для ее достижения были решены следующие задачи: проанализированы данные по мощности, удельному расходу топлива, КПД и температуре уходящих газов при разных температурах наддувочного воздуха; выполнен анализ эффективности использования теплоты уходящих газов и охлаждающей воды в теплоиспользующих системах (ТИС) для охлаждения воздуха, подаваемого в цилиндры двигателя.

2. Анализ эффективности использования теплоты охлаждающей воды в ТИС для охлаждения воздуха

О повышении топливной экономичности судовых МОД за счет предварительного охлаждения в ТИС воды, подаваемой на низкотемпературную секцию охладителя наддувочного воздуха (ОНВ), можно судить по изменению удельного расхода топлива g_e в относительных величинах (отнесенных к удельному расходу топлива при температуре охлаждающей воды +25 °С) в зависимости от температуры t_w охлаждающей воды (рис. 1).

Как видно из рис. 1 предварительное охлаждение воды, подаваемой на ОНВ, на каждые 10°С обеспечивает сокращение удельного расхода топлива приблизительно на 1 %.

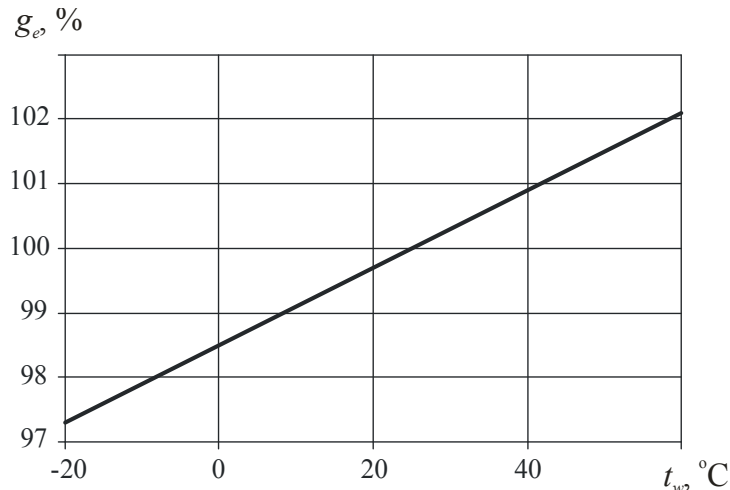


Рис. 1. Изменение удельного расхода топлива g_c в относительных величинах в зависимости от температуры t_w охлаждающей воды, подаваемой на ОНВ

Расчеты, выполненные на основе тепловых балансов по охлаждающей воде и наддувочному воздуху с учетом данных фирм "MAN B&W" и "Wartsila", показывают, что за счет предохлаждения воды на 10 °C можно сократить потребление электроэнергии циркуляционными насосами водяного охлаждения примерно на 40 % при неизменной температуре наддувочного воздуха или же при прежних затратах на циркуляцию понизить температуру наддувочного воздуха и уменьшить удельные расходы топлива на двигатель на 1...2 % [4]. Уменьшение температуры воды в контуре охлаждения наддувочного воздуха возможно при использовании ТИС, схема которой представлена на рис. 2.

Установка ТИС на водяном контуре решает две задачи. Во-первых, уменьшение температуры охлаждающей воды приводит к соответственному уменьшению температуры наддувочного воздуха, причём уменьшение температуры охлаждающей воды на 1 °C приводит к уменьшению температуры наддувочного воздуха на 10 °C [5]. С другой стороны, при сохранении температуры наддувочного воздуха можно сократить расход воды в системе охлаждения, что, в свою очередь, приведет к установке насосов меньшей мощности и к меньшему энергопотреблению. Были проанализированы технические данные судовых малооборотных ДВС по расходам охлаждающей воды и наддувочного воздуха (рис. 3).

Как видно из рис. 3 расход воды через контур охлаждения в 2-3 раза превышает расход воздуха, подаваемого в двигатель. Соответственно исходя из теплового баланса, изменение температуры воздуха примерно в 10 раз больше, чем изменение температуры по воде.

То есть, экономия энергии при уменьшении потребляемой мощности насосами охлаждающей воды не превысит 0,1-0,3% от мощности главного двигателя, что составит 160-180 кВт для двигателя мощ-

ностью 65-70 МВт, и 35-40 кВт для двигателя мощностью 20 МВт (рис. 4).

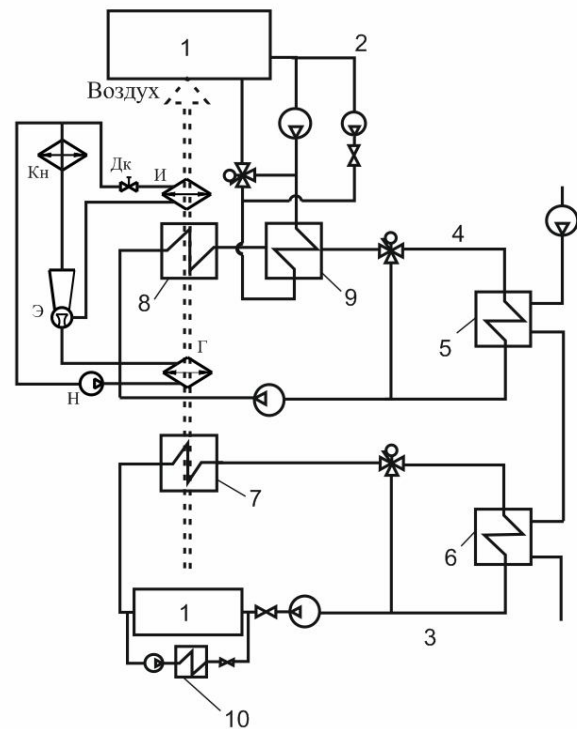


Рис. 2. Схема системы охлаждения наддувочного воздуха ДВС на базе ТЭХМ, использующей теплоту наддувочного воздуха после ТК:

ОНВ – охладитель наддувочного воздуха водяной; ТЭХМ: Г – генератор; Э – эжектор; Кн – конденсатор; Н – насос; Дк – дроссельный клапан; И – испаритель (воздухоохладитель); 1 - ДВС; 2 - масляная система; 3 – высокотемпературная система пресной воды; 4 – низкотемпературная система заборной воды; 5 – низкотемпературная ступень центрального холодильника; 6 – высокотемпературная ступень центрального холодильника; 7 – высокотемпературная ступень ОНВ; 8 – низкотемпературная ступень ОНВ; 9 – маслоохладитель; 10 – нагрев воздуха

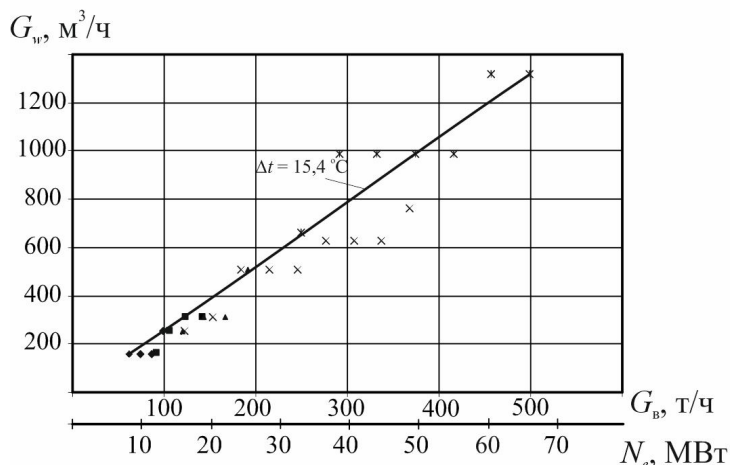


Рис. 3. Зависимость расхода воды G_w в контуре охлаждения ДВС от расхода воздуха G_b (мощности ДВС N_e)

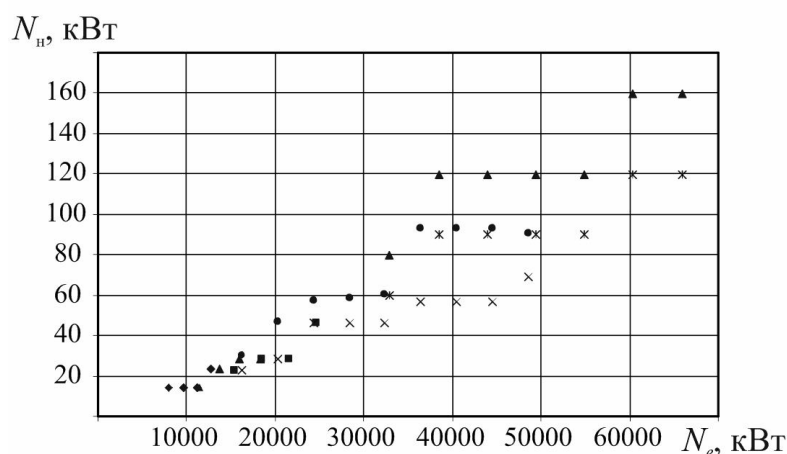


Рис. 4. Зависимость мощности привода насосов охлаждающей воды N_n от мощности двигателя внутреннего сгорания N_e

В целом зависимость мощности насосов охлаждающей воды от мощности двигателя близка к прямопропорциональной и составляет 0,002-0,005 от мощности ДВС. Достоверность расчетов была подтверждена технической документацией СЭУ существующих судов (мощность двигателя и мощность насосов) и разбежность не превышает 1-2%.

Поэтому установка ТИС на контуре охлаждающей воды хоть и приносит дополнительные сокращения потребляемой мощности насосами, но они весьма невелики.

Применение теплоиспользующих систем позволяет сократить затраты энергии на циркуляцию охлаждающей воды на 40%, что составляет 0,05% от мощности дизеля.

Соответственно критерий уменьшения потребляемой мощности насосами охлаждающей воды не может быть показательным при проведении исследований в данном направлении.

В то же время установка ТИС на контуре водяного охлаждения наддувочного воздуха приводит к уменьшению температуры наддувочного воздуха, при этом не требует включения в газоздушный тракт ДВС. Поэтому при этом исключаются аэродинамические потери при установке ТИС, в то время как установка ТИС непосредственно на воздушном тракте приводит к росту аэродинамических потерь, требует реконструирования самого тракта, и, в следствии, к дополнительным затратам.

Выводы

Предложено и обосновано использование ТИС для охлаждения водяного контура охлаждения наддувочного воздуха и её возможная схема.

Применение ТИС на контуре водяного охлаждения наддувочного воздуха позволяет понизить температуру воздуха на входе в двигатель на

30-40°C, что обеспечивает уменьшение удельного эффективного расхода топлива и увеличение эффективного КПД ДВС примерно на 2 %.

Литература

1. Heim K. Existing and Future Demands on the turbocharging of Modern Large Two-stroke Diesel Engines // 8-th Supercharging Conference, Dresden, 1-2 October 2002.

2. Influence of Ambient Temperature Conditions on Main Engine Operation. [Электронный ресурс]// MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, Denmark, 2005. –

15 p. – Режим доступа http://www.mandiesel.com/files/news/files/762/5510-0005.00pr_low.pdf.

3. Артемов Г.А. Суднові енергетичні установки: навчальний посібник.// Г.А. Артемов, В.М.Горбов. - Миколаїв: УДМТУ, 2002. - 356 с.

4. Thermo Efficiency System (TES) for reduction of fuel consumption and CO₂ emission. [Электронный ресурс]// MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, Denmark, 2005. – 12 p. – Режим доступа: <http://www.mandiesel.com/files/news/files/5055/P3339161.pdf>.

5. MAN B&W. Project Guide. Two-stroke Engines. MC Programme. // MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, Denmark, 1986. –Vol. 1. – 196 p.

Поступила в редакцию 12.12.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.И. Живица, Одесская национальная морская академия, Одесса

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТУРУ ОХОЛОДЖЕННЯ НАДДУВНОГО ПОВІТРЯ СУДНОВИХ ДВЗ

М.І. Радченко, А.А. Андрєєв

Приведені результати розрахунку потужності водяних насосів системи охолодження наддувного повітря по відношенню до потужності суднового малооборотового дизеля. Запропоновано використовувати тепловикористовуючу холодильну машину, зокрема, ежекторну холодильну машину, для охолодження води контуру ОНВ. Показано, що використання в ежекторній холодильній машині теплоти наддувного повітря дає додаткове (порівняно з водяним охолодженням) зниження температури охолоджуючої води та відповідно наддувного повітря, що підвищує КПД суднових малооборотових дизелів. Запропоновані схемні рішення тепловикористовуючих систем охолодження води контуру ОНВ суднових малооборотових дизелів на базі ежекторної холодильної машини, що використовує теплоту наддувного повітря.

Ключові слова: малооборотовий дизель, утилізація, водяне охолодження, охолодження наддувного повітря, тепловикористовуюча холодильна машина.

EFFICIENCY INCREASING OF SCAVENGE AIR COOLING CONTOUR OF SHIPS DIESELS

N.I. Radchenko, A.A. Andreev

The results of calculation of aquatic pumps power of the scavenge air cooling system in relation to power of ships low-speed diesel are shown. It is suggested to use a waste-heat recovery refrigeration machine, in particular, ejection refrigeration machine, for water cooling of the scavenge air cooling contour. It is shown that the use in the ejection refrigeration machine the heat of scavenge air provides the additional (as compared to the aquatic cooling) decline of scavenge air temperature and accordingly increase of output-input ratio of ship low-speed diesels. Scheme solutions of waste-heat recovery systems of cooling water in the scavenge air cooling contour of ship low-speed diesels on the base of ejection refrigeration machine using the heat of scavenge air are offered.

Keywords: low-speed diesel, utilization, aquatic cooling, scavenge air cooling, waste-heat recovery refrigeration machine.

Радченко Николай Иванович – д-р техн. наук, проф. Национального университета кораблестроения им. адмирала Макарова, Николаев, Украина, e-mail: andrad69@mail.ru.

Андреев Артем Андреевич – аспирант Национального университета кораблестроения им. адмирала Макарова, Николаев, Украина, e-mail: artem_andreev@ukr.net.