

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПУТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА

А. Г. Гацуц, асп., А. Р. Миська, асп., А. О. Дранкова, к.т.н., доц.

Одесская национальная морская академия

ул. Дидрихсона, 8, 65029, г. Одесса, Украина

E-mail: drankova64@mail.ru

Рассматривается проблема повышения эффективности работы судовых энергетических установок путём обеспечения оптимального температурного режима цилиндропоршневой группы главного судового двигателя внутреннего сгорания. Обоснована необходимость модернизации как самих систем охлаждения и их составляющих, так и их систем управления. Предложено организовывать управление терморегулирующими устройствами не по принципу отклонения управляемого параметра, а по комбинированному принципу управления.

Ключевые слова: судовые энергетические установки, температурный режим, цилиндропоршневая группа.

Введение. Системы охлаждения современных главных судовых двигателей внутреннего сгорания (СДВС) служат для обеспечения максимально высоких технико-экономических показателей эксплуатации этих двигателей исключительно на номинальных режимах работы. Однако современная практика показывает, что судовые энергетические установки эксплуатируются продолжительное время на частичных режимах нагрузок [1]. В этой связи усовершенствование систем охлаждения главных СДВС является весьма актуальной задачей.

Анализ предыдущих исследований. В системах охлаждения цилиндров СДВС от температуры охлаждающей воды в зарубашечном пространстве в значительной мере зависит температура стенки, которая, в свою очередь, влияет на протекание рабочего процесса в цилиндре, величину работы трения в цилиндропоршневой группе и интенсивность ее износа [2, 3]. Для двигателей малой и средней мощности, а также для относительно быстроходных двигателей с повышением температуры охлаждающей воды эффективная мощность увеличивается. Это увеличение зависит от типа двигателя и сорта цилиндрической смазки. Увеличение мощности связано с уменьшением потерь на трение. При полной нагрузке увеличение температуры охлаждающей воды незначительно изменяет удельный расход топлива, а на частичных нагрузках обнаруживается зона оптимальной температуры, при которой удельный расход топлива минимален. Повышение температуры охлаждающей воды до определенных пределов уменьшает износ цилиндропоршневой группы. Верхний предел температуры определяется условиями безопасной работы двигателя. В связи с применением сернистого и высоковязкого сортов топлива намечается тенденция к повышению температурного режима в системе охлаждения цилиндров и форсунок у мощных малооборотных двигателей до 62–85°C. Поэтому система терморегулирования главных

судовых дизелей должна поддерживать постоянной (в пределах заданной неравномерности) температуру охлаждающей воды до 65–80°C при различных нагрузках и температурах забортной воды. Наиболее приемлемой для таких двигателей в настоящее время считается температура воды на выходе из двигателя 85°C (двигатели Зульцер, Бурмейстер и Вайн), при которой обеспечивается нормальный режим охлаждения.

Одним из основных вопросов, возникающих при использовании того или иного варианта системы охлаждения, является вопрос о температурном состоянии и надежности работы деталей цилиндропоршневой группы.

В зависимости от условий в полости охлаждения возможно наличие двух разных по характеру процессов теплообмена: без изменения агрегатного состояния и с изменением агрегатного состояния (в том числе при заторможенном и при развитом поверхностном кипении). Наиболее часто встречаются на практике процесс теплообмена без изменения агрегатного состояния. Здесь в полости охлаждения двигателя поддерживается давление, предотвращающее возможность паровыделения на поверхности охлаждения. Температура жидкости при этом давлении оказывается выше температуры в пристенном слое.

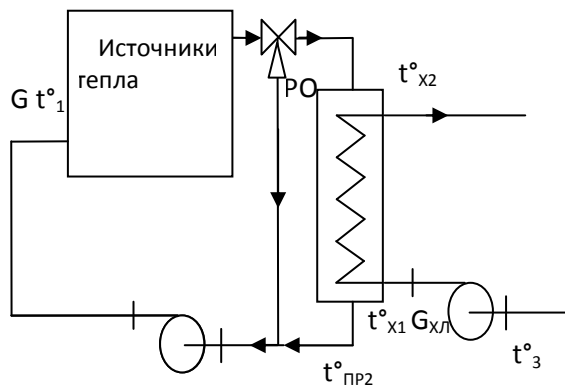
Повышение уровня поддержания температуры охлаждающей воды зависит от конструктивных особенностей двигателя, сорта применяемого масла и сорта топлива. Так, в менее форсированных двигателях с толстостенными деталями (например, крупногабаритных) следует ожидать меньшего влияния режима охлаждения на температуру стенок, чем в малогабаритных форсированных.

Цель работы. Обоснование возможности применения комбинированного принципа управления терморегулирующими устройствами и частотного привода насосов системы охлаждения главного СДВС.

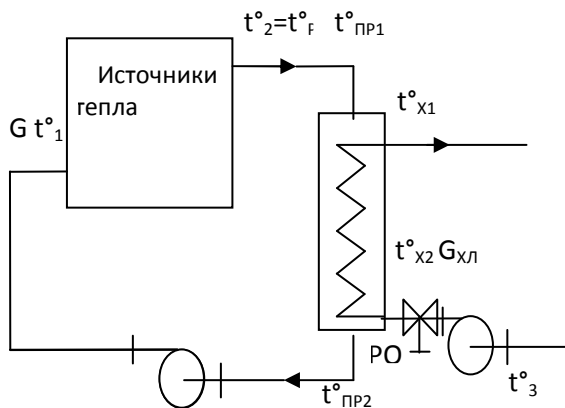
Материал и результаты исследования. В представленной работе в качестве исследуемых систем охлаждения СДВС рассматриваются упрощенные схемы, приведённые на рис. 1.

Рассмотрим существующие в настоящее время способы регулирования температуры охлаждающей среды. Применяют два способа регулирования: первый — изменением количества прокачиваемой воды через систему, второй — изменением температуры. Первый из них в судовых энергетических установках на сегодняшний день самостоятельно не применяется [3]. Это объясняется тем, что при малых количествах воды, а, следовательно, и малых ее скоростях возможно нарушение циркуляции потока в зарубашечном пространстве двигателей и, как следствие, появление местных перегревов стенок с образованием паровых мешков.

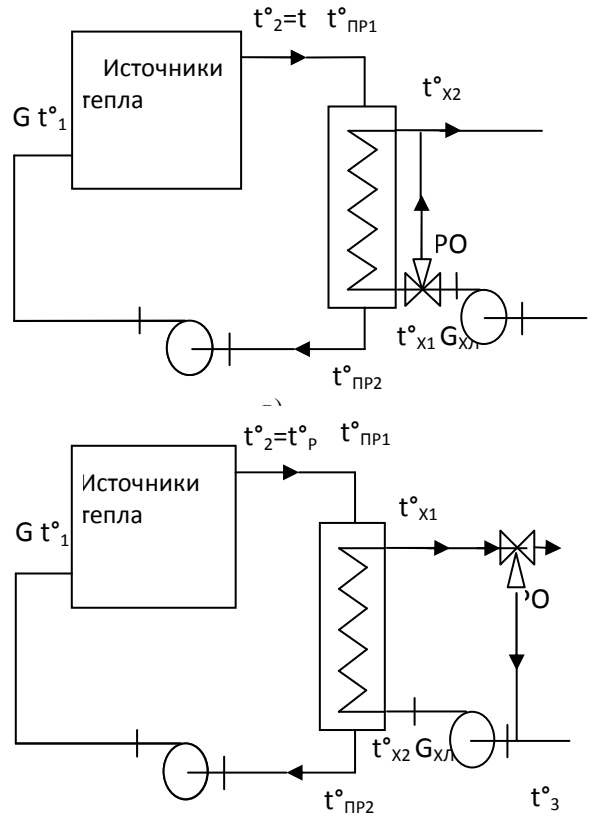
Принцип изменения условий отвода тепла путем изменения температуры воды на входе в систему t°_1 может быть реализован следующими конструктивными способами (рис. 1): перепуском во внутреннем контуре, дросселированием, обводом и перепуском в контуре заборной воды. С целью упростить схемы все возможные источники тепла в системе сведены к одному двигателю (источнику тепла).



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Схемы способа регулирования по принципу изменения температуры воды на входе в двигатель

Из приведенных схем видно, что работа, выполняемая приводными двигателями насосов в системе охлаждения СДВС, остаётся практически неизменной на всем диапазоне регулирования. Также известно, что мощность, потребляемая приводным электродвигателем, прямо пропорциональна кубу частоты вращения этого двигателя [4]. Поэтому можно предположить, что при помощи частотно-регулируемого привода насоса возможно реализовать схему на рис. 1, но без применения дросселирующего клапана, что, без всяких сомнений, сделает систему более экономичной.

Для приведенных на рис. 1 схем можно записать общее уравнение характеристики отвода. При этом мы будем рассматривать общую для всех частных случаев схему без регулирующего органа. Так, характеристика отвода примет следующий вид:

$$q_{\text{отв}} = m t^{\circ}_2 - d,$$

где $m = cG$; $d = cG t^{\circ}_1$, c – удельная теплоёмкость воды, G – расход охлаждающей воды через источники тепла, t°_1 – температура охлаждающей воды на входе в источники тепла.

Характеристика отвода показана на рис. 2 жирной линией. Точки пересечения ее с характеристиками подвода соответствуют установившимся режимам системы охлаждения.

Чтобы обеспечить процесс регулирования с поддержанием постоянного значения регулируемого параметра $t_p^{\circ} = t_2^{\circ}$, на стороне отвода устанавливают регулирующий орган, который, воздействуя на условия отвода тепла, позволяет иметь не одну характеристику отвода, а семейство характеристик. При этом возможны два способа изменения условий отвода тепла. Один из них заключается в изменении температуры воды на входе t_1° , другой – в изменении количества прокачиваемой воды G . В первом случае при $t_1^{\circ} > t_1^{\circ}$ линия $q_{отв}$ смещается параллельно своему первоначальному положению, во втором ($G' < G$) – изменяется угол ее наклона γ на γ' , т. е. линия поворачивается. Измененное положение характеристик отвода показано на рис. 2 штриховыми линиями.

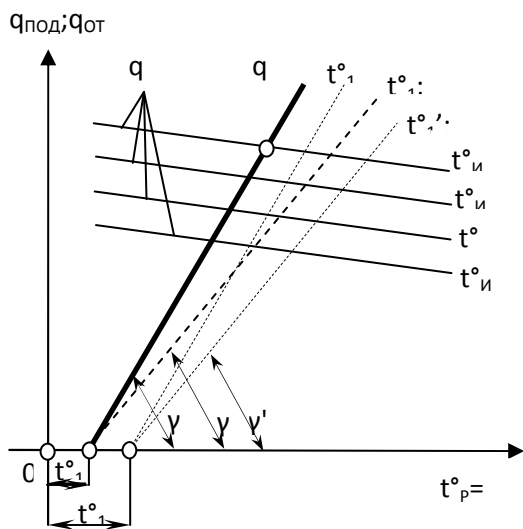


Рисунок 2 – Статические характеристики подвода и отвода объекта

Однако следует помнить, что для нормальной работы системы регулирования большое значение имеет скорость забортной воды, прокачиваемой через холодильник. На всех режимах энергетической установки должна обеспечиваться скорость, препятствующая интенсивному отложению солей в каналах холодильника. Для решения этой проблемы можно регулировать скорость насосов и в системе охлаждения пресной воды, но при этом необходимо помнить о требованиях, предъявляемых к таким системам [5, 6]. Из чего следует, что устройству управления подачей насосов необходимо будет выполнять терморегулирование в контурах охлаждения пресной воды при изменяемом количестве прокачиваемой воды и её температуры, а в контуре забортной воды – только при изменяемом количестве прокачиваемой воды. То есть характеристика отвода тепла в пресных контурах будет некой комбинацией характеристик $t_1^{\circ}G$ и

$t_1^{\circ}G'$ и будет соответствовать некой характеристике $t_1^{\circ}G'$ (см. рис. 2).

При этом форма этой характеристики должна быть такой, чтобы на любом режиме работы двигателя соблюдались следующие условия:

- температура зеркала втулки против верхнего компрессионного кольца при положении поршня в верхней мертвой точке из условия сохранения масляной плёнки и обеспечения нормальных условий смазки не должна превышать 180°C . Превышение 200°C на поверхности трения приводит к резкому нарастанию скорости механического износа;

- интенсивное нагарообразование происходит, если топливо попадает на стенку камеры сгорания, температура которой ниже 500°C ;

- в случае эксплуатации двигателя на тяжёлых топливах определяющей должна быть точка росы водяных паров. Её считают нижшим допустимым пределом температуры зеркала цилиндра;

- чтобы избежать фазового превращения, выбирают такие режимы и способы охлаждения, при которых обеспечивается температура стенки на $10...15^{\circ}\text{C}$ ниже температуры фазовых изменений теплоносителя.

Для контура забортной воды характеристика отвода будет иметь вид характеристики $t_1^{\circ}G'$, но только в определенный период времени, так как температура забортной воды значительно изменяется в зависимости от ряда внешних факторов (район плавания, время года, время дня и т.д.).

Можно предположить, что одновременная замена терморегулирующего устройства клапанного типа на частотно-управляемые электроприводы насосов и принципа регулирования управляемой величины (с регулирования по принципу отклонения на регулирование по принципу возмущения или на комбинированный принцип регулирования) позволит повысить как экономичность описанных выше систем охлаждения СДВС, так и энергоэффективность судовых энергетических установок (СЭУ) в целом.

Выводы. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о возможности одновременного применения частотно-приводных насосов систем охлаждения и комбинированного принципа управления в терморегулирующих устройствах.

Перспективы дальнейших исследований в направлении повышения эффективности работы судовых энергетических установок заключаются в реализации имитационной термодинамической модели судового двигателя внутреннего сгорания, которая позволит получать необходимые экспериментальные данные без проведения натурального эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фомин А.Я., Горбань А.И., Добровольский В.В., Лукин А.И. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Учебник. – Л.: Судостроение, 1989. – 344 с.
2. Возницкий И.В., Михеев Е.Г. Судовые дизели и их эксплуатация. – М.: Транспорт, 1971. – 192 с.
3. Гаврилов И.В., Камкин С.В., Шмелев В.П. Техническая эксплуатация судовых дизельных установок. – М.: Транспорт, 1979. – 415 с.
4. Овсянников М.К., Петухов В.А. Дизели в пропульсивном комплексе морских судов. – Л.: Судостроение, 1987. – 254 с.
5. Справочник судового механика (в двух томах). Изд. 2-е, перераб. и доп. Под общей редакцией канд. тех. наук Л. Л. Грицай. – М.: Транспорт, 1973. – 456 с.
6. Костышин В.С. Моделирование режимов работы центробежных насосов на основе электрогидравлической аналогии. – Ивано-Франковск, 2000. – 163 с.

Стаття надійшла 16.06.2011 р.
Рекомендовано до друку к.т.н., доц.
Каліновим А.П.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ШЛЯХОМ ЗАБЕСПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ

А. Г. Гацуц, асп., А. Р. Миська, асп., А. О. Дранкова, к.т.н., доц.

Одеська національна морська академія

вул. Дідрихсона, 8, 65029, м. Одеса, Україна

E-mail: drankova64@mail.ru

Розглядається проблема підвищення ефективності роботи судових енергетичних установок шляхом забезпечення оптимального температурного режиму циліндропоршневої групи головного судового двигуна внутрішнього згорання. Обґрунтована необхідність модернізації як самих систем охолодження і їх складових, так і їх систем керування. Запропоновано організувати керування терморегулюючими пристроями не за принципом відхилення управляючого параметра, а за комбінованим принципом керування.

Ключові слова: судові енергетичні установки, температурний режим, циліндропоршнева група.

INCREASE OF EFFICIENCY WORK OF THE SHIP'S POWER INSTALLATIONS BY PROVIDING OF OPTIMUM TEMPERATURE CONDITION

A. Gatsuts, post-grad., A. Miska, post-grad., A. Drankova, Cand.Sc. (Eng.), Assoc. Prof.

Odessa National Maritime Academy

ul. Didrikhsona, 8, 65029, Odessa, Ukraine

E-mail: drankova64@mail.ru

The problem increase efficiency work of the ship's power installations (SPI) is examined by providing of optimum temperature condition of sleeve assembly of the main ship's propulsion engine (SPE). The necessity modernization of both the systems cooling and their constituents and their control system is grounded. It is suggested to organize a management temperature-controlled device not on principle of rejection of the guided parameter, but on the combined principle.

Key words: ship's power installations, temperature condition, sleeve assembly.