

– несоблюдение пропорциональности расходов горячего теплоносителя по отношению к углу поворота регулирующего органа, приводящее как к снижению эффективности работы котла-утилизатора, так и к значительным проблемам в регулировании его производительности.

Для повышения эффективности работы судового утилизационного котла:

– предложены альтернативные варианты геометрии регулирующего органа. По результатам моделирования положительные результаты получены при использовании несимметричной формы газового клапана;

– показана целесообразность снижения неравномерности распределения потока и потерь давления путём предварительного торможения потока (восстановления статического давления [3]) в дифференциальном канале (дефлекторе). Такой способ позволяет уменьшить неравномерность распределения потока горячих газов на 15–20% по отношению к изначальным показателям;

– рассмотрен альтернативный вариант решения вопроса о «неравномерности», заключающийся в установке перфорированной сетки у входного фронта теплообменной поверхности. Равномерно распределённые препятствия оказывают выравнивающее воздействие на набегающий поток рабочей среды, заставляя последний равномерно растекаться по плоскости препятствия и одновременно пересекать его через проходные отверстия [3]. Однако сетка в данном случае является дополнительным сопротивлением.

Проведенные теоретические исследования с использованием численного эксперимента на основе математической модели котла-утилизатора определили положительную динамику в изучении закономерностей течения дымовых газов в проточной части утилизационного котла и в улучшении его экономических и эксплуатационных характеристик.

#### Список литературы:

- [1] Гаврилов С.В., Судовые котельные и паропроизводящие установки. Методические указания к практическим занятиям для курсантов специальности 240500 «Эксплуатация судовых энергетических установок». – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2005. – 106с.
- [2] Енин В.И., Денисенко Н.И., Костылев И.И., Судовые котельные установки: Учеб. Для вузов. М.: Транспорт, 1993. – 216с.
- [3] Идельчик И.Е., Справочник по гидравлическим сопротивлениям/ Под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.: ил.

**В.И. Беспалов, В.В. Колыванов**  
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

## УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ И ОТ ВНУТРЕННЕГО КОНТУРА ДИЗЕЛЕЙ РЕЧНЫХ СУДОВ

В данной статье предлагается расчетная схема вакуумной водопреснительной установки поверхностного типа, использующую теплоту внутреннего контура главных дизелей для получения дистиллята.

Потребности судов внутреннего плавания и СЭУ в пресной воде могут быть удовлетворены за счет судовых запасов, а суда смешанного река-море плавания дополнительно и в результате работы водопреснительных установок (ВОУ), чтобы обеспечить потребности в пресной воде только из судовых запасов, пришлось бы значительно снизить полезную грузоподъемность судов.

Утилизация теплоты внутреннего контура главной судовой энергетической установки для получения дистиллята.

Речные и смешанного (река-море) плавания суда снабжают водой для питьевых и мытьевых целей из специальных расположенных на них цистерн, в которые вода поступает из береговых городских водопроводов и при отсутствии последних – из других береговых источников, рекомендованных органами санэпидслужбы, или из судовых станций, приготавливающих питьевую воду из пресной заборной воды.

Питьевой водой обеспечивают камбузы, заготовочные, столовые, посудомоечные, все умывальники, кипятильники, медицинские помещения. Мытьевую воду подают в душевые, бани, прачечные. По физическим и органолептическим показателям и содержанию отдельных химических веществ питьевая вода должна удовлетворять СанПиН «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды» [1].

Минимальные нормы потребления питьевой и мытьевой воды на 1 человека в сутки установлены Санитарными правилами. Такое количество воды может удовлетворять только самые необходимые нужды в следующих ситуациях (когда не работают устройства очистки воды, мал остаток ее в расходных цистернах запаса и т.п.).

Обеспечение максимума удобств и комфорта для судового экипажа и пассажиров требует увеличения расхода воды в 4–5 раз по сравнению с минимальными нормами, рекомендуемыми санитарными правилами.

На речных судах система водоснабжения должна состоять из системы питьевой воды, подающей воду для питьевых и мытьевых целей и системы заборной воды, обеспечивающей водой санитарные и хозяйственные нужды. Основное ядро транспортного флота, для питьевых нужд используют воду, получаемую на станциях приготовления питьевой воды. Такие станции, как например, озонаторные, хлораторные и с бактерицидными лампами или их сочетание, устанавливают непосредственно на судах.

На судах смешанного (река–море) плавания можно применять отдельные системы питьевой и мытьевой воды при условии оборудования их водоопреснительными установками (ВОУ) [2]. В систему мытьевой воды должны входить: опреснители, станции приготовления питьевой воды (ППВ), накопительная цистерна мытьевой воды, насос, гидрофор, системы трубопроводов к потребителям мытьевой воды. Для большинства транспортных судов суточная потребность в пресной воде с дизельными установками колеблется от 5–10 т. Чтобы обеспечить потребности судов смешанного (река-море) плавания в пресной воде только из судовых запасов мы снижаем полезную грузоподъемность этих судов. Стоимость пресной воды в иностранных портах составляет примерно десять долларов за тонну. В некоторых наших портах стоимость пресной воды выше, чем в иностранных.

В промышленности и на транспорте применяются следующие способы опреснения морской воды: дистилляция, кристаллогидратный, гиперфильтрация и электролиз.

В данной статье мы предлагаем расчетную схему вакуумной водоопреснительной установки поверхностного типа, использующую теплоту внутреннего контура главных дизелей для получения дистиллята. Из дистиллята можно получить и питьевую воду в станции приготовления питьевой воды, путем добавления определенных солей, но мы предлагаем дистиллят использовать в качестве воды для удовлетворения санитарно-бытовых нужд команды (душевые, баня, прачечная) и технических целей (пополнение воды в котлоагрегатах, дизелях и т.д.).

Производительность ВОУ –  $D_0$ , т/сут учитывает ее назначение и тип судна.

$$D_0 = \kappa_3 \cdot d_n \cdot (z_1 + z_2) + D_{m,n},$$

где  $\kappa_3$  – коэффициент запаса,  $\kappa_3 = (1,25...1,5)$ ;

$d_n$  – нормированный расход пресной воды на одного члена экипажа или пассажира;

$z_1$  – число членов экипажа;

$z_2$  – число пассажиров;

$D_{м.н}$  – суточный расход воды на технические и технологические нужды. Для судов с дизельными установками на каждые 1000 кВт мощности ГД требуется 0,27 т/сут.

Тепловой баланс испарительного сосуда необходим для определения расхода горячей воды, требуемой для работы ВОУ. Температура выходящей воды из внутреннего контура  $t = (75...85)^\circ\text{C}$ .

$$D_1 \cdot (I_1 - i_1) \cdot \eta_{\text{ВОУ}} + W \cdot i_w = D_0 \cdot I_0 + W_p \cdot i_p,$$

где  $D_1$  – расход греющей (выходящей) воды;

$I_1, i_1$  – энтальпии воды греющей на входе в нагревательный сосуд и охлажденной на выходе;

$\eta_{\text{ВОУ}}$  – коэффициент, учитывающий потери теплоты в окружающую среду,  $\eta_{\text{ВОУ}} = 0,97-0,98$ ;

$W$  – масса морской воды;

$i_w$  – энтальпия морской воды;

$I_0$  – энтальпия пара;

$W_p$  – масса удаляемого из сосуда рассола за то же время, как и подаваемая за единицу времени масса морской воды;

$i_p$  – энтальпия удаляемого рассола.

Зная расход греющей воды  $D_1$  при температуре  $t$  и остальные составляющие баланса можно определить производительность  $D_0$  ВОУ.

Для устойчивой работы ВОУ поверхностного типа и получения дистиллята высокого качества важное значение имеет средняя разность температур между греющей и нагреваемой средами, которая не должна превышать  $20^\circ\text{C}$ . Поэтому забортную морскую воду на входе в нагревательный сосуд необходимо подогреть примерно до  $50^\circ\text{C}$ .

Для увеличения производительности ВОУ можно использовать теплоту утилизационных котлоагрегатов. Известно, что в ходу достаточно только одного котлоагрегата для удовлетворения санитарно-бытовых нужд команды судна. Еще можно использовать теплоту отходящих газов и теплоту внутреннего контура вспомогательных дизель-генераторов. Для этого необходимо на дизель-генераторы, согласно Правил Регистра и, наконец, для более глубокой утилизации теплоты судовой энергетической установки можно использовать теплоту смазочного масла дизелей.

#### Список литературы:

- [1] СанПиН 2.1.4.10749-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды».  
 [2] Беспалов В.И. Судовые энергетические установки: конспект лекций для студ. оч. и заоч. обуч. специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок» // В.И. Беспалов, В.В. Колыванов. – Н.Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – 108с.