

**Анализ системы высокотемпературного охлаждения
двигателей внутреннего сгорания**

Разуваев Александр Валентинович, доктор технических наук, профессор кафедры
«Атомная энергетика»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В работе представлен вариант модернизированной системы высокотемпературного охлаждения энергетических установок с двигателями внутреннего сгорания и алгоритм ее работы. Даны рекомендации по реализации этой системы охлаждения. Расчет обоснована необходимость создания воздушной подушки в контуре системы охлаждения при температуре воды более 373 К (100 °С).

Анализ литературных данных [1, 2] показывает, что применение режима работы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с температурой охлаждающей жидкости на выходе из него более 373 К (100 °С) является весьма актуальным вопросом. Это диктуется еще и необходимостью повышения единичной мощности энергетической установки с ДВС. При этом растет и величина теплоотвода от ДВС и тем самым влечет за собой рост габаритов, веса и стоимости радиатора для охлаждения жидкостей.

При использовании режима высокотемпературного охлаждения (ВТО) можно назвать одно из основных преимуществ – это снижение массы и габаритов радиаторных установок для охлаждения жидкостей первого и второго контуров ДВС. Это дает возможность либо повысить единичную мощность ДВС без увеличения габаритов и веса радиаторов, либо снизить вес и габариты радиаторных установок при той же единичной мощности, что очень актуально при использовании ДВС в качестве энергетической установки на транспортных средствах или в ограниченном объеме эксплуатации. Так, теплоотвод от радиатора можно рассчитать по формуле:

$$Q = k * F_{rad} * \Delta t, \quad (1)$$

где Q – теплоотвод от радиатора; k – коэффициент теплопередачи для данного типа радиатора; Δt – температурный напор между охлаждающей жидкостью и окружающим воздухом.

Тогда можно определить площадь радиатора при той же величине теплоотвода, но при разных значениях температурного напора между охлаждающей жидкостью и окружающим воздухом.

1. При нормальной или штатной системе охлаждения жидкостей, когда температура жидкости на выходе из ДВС составляет 368 К (95 °С) и температура окружающего воздуха 313 К (+40 °С). Тогда $\Delta t_1 = 55$ °С.

2. При высокотемпературном охлаждении, когда температура жидкости на выходе из ДВС составляет 383 К (110 °С) и температура окружающего воздуха 313 К (+40 °С). Тогда $\Delta t_2 = 70$ °С.

Найдем соотношение площадей радиатора при разных величинах температурных напоров, а именно:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}, \quad (2)$$

где индексы 1 и 2 соответствуют величинам температурных напоров, описанным выше. Тогда отношение будет равно:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \frac{70}{55} = 1,27 \quad (3)$$

Отсюда следует, что при увеличении температуры охлаждающей жидкости на выходе из ДВС с предельно допустимой по действующим техническим условиям 368 К (95 °С) до высокотемпературного охлаждения 383 К (110 °С), то есть на 15 °С, площадь радиатора снижается на 27 %. И как видно из расчета эта величина достаточно серьезная и составляет чуть более четверти от существующей площади радиатора. А это значит и вес, и габариты будут снижаться примерно на эту же величину.

Как известно из литературы, за рубежом имеются энергетические установки, в частности, дизель – генераторы с температурой охлаждающей жидкости на выходе из самого двигателя 395 К (122 °С). Кроме этого, на отечественном двигателе 6 ЧН 21/21, в период стендового и не запланированного эксперимента была осуществлена работа с температурой охлаждающей жидкости на выходе из самого двигателя 395 К (122 °С) в течении 45 минут. Конечно, этого времени мало, но сам факт этого говорит о работоспособности двигателя на этом режиме. Более длительные испытания, безусловно, проверят эти выводы.

Режим ВТО способствует не только снижению веса и габаритов радиатора: еще позволяет снизить эксплуатационный расход топлива энергетической установки [3, 4]. Все это говорит о необходимости обеспечить этот режим. Дело в том, что при температуре воды в качестве теплоносителя более 373 К (100 °С) необходимо обеспечить ее давление, чтобы она не кипела.

Давление насыщения при температуре воды 383 К (110 °С) составляет 0,142 МПа (1,42 ата.). То есть при этом давлении вода вскипает. В этом режиме работы

система охлаждения работать не будет. Это связано с тем, что в переходном режиме вода циркулировать по системе трубопроводов с помощью центробежного насоса не будет, так как его работа в режиме барботажа не является эффективной и можно только ожидать срыва потока. Поэтому требуется запас по температуре, чтобы не было режима вскипания. Предполагается, что этот запас имеет величину 15 °С. В качестве информации запас давления по температуре воды в первом контуре атомной электрической атомной станции составляет 26 °С. При этом величина запаса давления составляет 4,5 МПа (45 атм). Тогда давление воды при температуре 110+15=125 °С должно составлять уже 0,232 МПа (2,32 ата). И это давление должно быть обеспечено в системе охлаждения ДВС при температуре воды более 383 К (110 °С). А его повышение должно быть обеспечено постепенно, и оно начинает увеличиваться уже с температуры более 373 К (100 °С) на выходе из двигателя.

Для этого проверим теорию по обеспечению необходимого давления в системе охлаждения энергоустановки с ДВС [5]. Далее построим алгоритм получения этого необходимого давления следующим образом. Затем проанализируем этот алгоритм с условиями работы системы охлаждения ДВС. Алгоритм следующий: перед тем как заполнить расширительный бак (РБ) водой, в него подается сжатый воздух (величину давления рассчитаем ниже в этой работе). Далее по мере прогрева воды в системе охлаждения идет прогрев воздуха в объеме РБ и одновременно будет увеличиваться давление воздуха, т. к. за счет увеличения объема воды от нагрева будет уменьшаться свободный объем воздуха в верхней части РБ. Тогда можно этот момент записать формулой:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_1 V_1}{T_1}, \quad (4)$$

где индекс 0 – относится к начальным параметрам воды до начала нагрева, 1 – относится к конечным параметрам воды после прогрева до номинального значения, P, V, T – соответственно давление, объем, температура воды при соответствующих режимах.

Тогда давление воды в системе охлаждения при номинальном режиме ВТО составит:

$$P_1 = \frac{P_0 V_0 T_1}{V_1 T_0} \quad (5)$$

$$P_1 = \frac{P_0 V_0 T_1}{V_1 T_0} = P_0 * \frac{383}{293} * \frac{80}{75} = 1,39 P_0 \quad (6)$$

Если $P_1 = 1,39 P_0$, то есть давление в системе охлаждения и в РБ при номинальном значении температуры. А тогда для обеспечения необходимой и заданной температуры равной 383 К (110 °С) давление должно быть 2,32 ата. иначе будет срыв потока воды в системе охлаждения.

Для стабильной работы системы охлаждения необходимо иметь первоначальное давление $P_0 = 2,32/1,39 = 1,67$ ата.

На основании проведенных расчетов и анализа алгоритма работы предлагаемой системы охлаждения предлагаются конструкторско-технологические мероприятия для ее реализации: расширительный бак должен быть баком, работающим под давлением и термоизолированным; пароотводная трубка также должна быть с термоизоляцией; должен быть источник сжатого воздуха в виде компрессора или емкости со сжатым воздухом, обеспечивающий необходимое давление воздуха; алгоритм работы всей системы охлаждения должен быть разработан и реализован с учетом обеспечения необходимого давления воды, гарантируемого ее невоскипанием при режимах ВТО более 383 К (110 °С); при необходимости работы энергоустановки в режиме ВТО на малых и частичных режимах работы энергоустановки должны быть обеспечены требования по невоскипанию воды в системе охлаждения; не рекомендуется постоянно поддерживать повышенное давление в системе охлаждения без необходимости, то есть когда отсутствует повышенная температура воды более 383 К (110 °С), так как это повышенное давление отрицательно сказывается на все уплотняющие конструкции и снижает ее надежность; рекомендуется в алгоритм работы системы охлаждения внести опцию по обеспечению необходимым давлением при температуре более 373 К (100 °С), используя при этом компрессор либо емкость со сжатым воздухом, оборудованной соответствующей арматурой для регулировки процесса подачи сжатого воздуха; рекомендуется проанализировать целесообразность установки терморегулятора в систему охлаждения для поддержания повышенного температурного режима (особенно при температуре более 373 К (100 °С)) на малых и средних нагрузках работы энергоустановки с ДВС; основой для модернизации системы охлаждения является штатная система с предлагаемым дополнительным оборудованием и алгоритмом ее работы.

На основании выше представленных материалов предлагается к реализации модернизированная система ВТО для вновь создаваемых и уже работающих энергоустановок с ДВС.

Литература

1. Разуваев, А. В. / Повышение эффективности системы высокотемпературного охлаждения двигателей / А. В. Разуваев // Двигателестроение. – 1999. – № 2. – С. 9.-11.
2. Разуваев, А. В. / Поршневые двигатели внутреннего сгорания с высокотемпературным охлаждением / А. В. Разуваев. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2001. – 128 с.
3. Разуваев, А. В. Экспериментальное исследование системы охлаждения дизеля 6ЧН 21/21 / А. В. Разуваев, Е. А. Соколова // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2013. – № 1 (69). – С. 222-229.
4. Разуваев, А. В. Определение емкости теплового аккумулятора модернизированной системы охлаждения поршневой машины / А. В. Разуваев, Е. А. Соколова // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2014. – № 4. – С. 16-19.
5. Разуваев, А. В. / Анализ гидравлической схемы энергоустановок с двигателями внутреннего сгорания / А. В. Разуваев // Глобальная ядерная безопасность. – 2020. – № 3(36). – С. 73-77.

УДК 624.953.046

О разновидностях энергии, применяемой в различных странах

Ращепкина Светлана Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»;

Габалова Дарья Вячеславовна, студент специальности

«Строительство уникальных зданий и сооружений»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

Рассмотрены различные виды энергии. Приведены основные характеристики источников энергии, их основные свойства и области применения. Дан анализ и указаны преимущества и недостатки каждого вида энергии.

У всех государств энергетика функционирует в рамках своей энергетической системы, которая имеет множество звеньев получения и использования различных видов энергии. Энергия нужна всем, так как потребности в ней увеличиваются не только с каждым годом, но и с каждым днем.