

УДК 629.124.74

Н.И. РАДЧЕНКО, А.А. СИРОТА, М.А. ТАРАСЕНКО

Николаевский государственный гуманитарный университет им. Петра Могилы,
Украина

ПРОМЕЖУТОЧНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ В СУДОВЫХ ГТД ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ

Показана эффективность применения промежуточного охлаждения в газотурбинных двигателях при значительном изменении температуры воздуха на входе. Сделан вывод о незначительном (2%) уменьшении мощности и КПД двигателя с промежуточным охлаждением при колебаниях температуры воздуха на входе от 20 до 45 °С. Проведен сравнительный анализ с ГТД простой схемы. Показано, что эффект по КПД при температуре воздуха 45 °С может достигать 5...10%.

газотурбинный двигатель, промежуточное охлаждение, компрессор низкого давления, компрессор высокого давления, коэффициент полезного действия, степень повышения давления

Анализ проблемы и постановка задачи исследования

Газотурбинные двигатели (ГТД), как судовые, так и стационарные эксплуатируются в широко изменяющемся диапазоне температур. Изменение температуры может быть связано как с изменением района плавания, так и с годовыми колебаниями температуры. В данной статье предпринята попытка

проанализировать влияние изменения температуры наружного воздуха на параметры ГТД при оптимальном промощении с использованием разработанной в [3] математической модели.

Цель данной статьи – показать, что промощение является средством не только повышения КПД, но и увеличения, а главное – стабилизации мощности двигателя при существенном изменении температуры наружного воздуха.

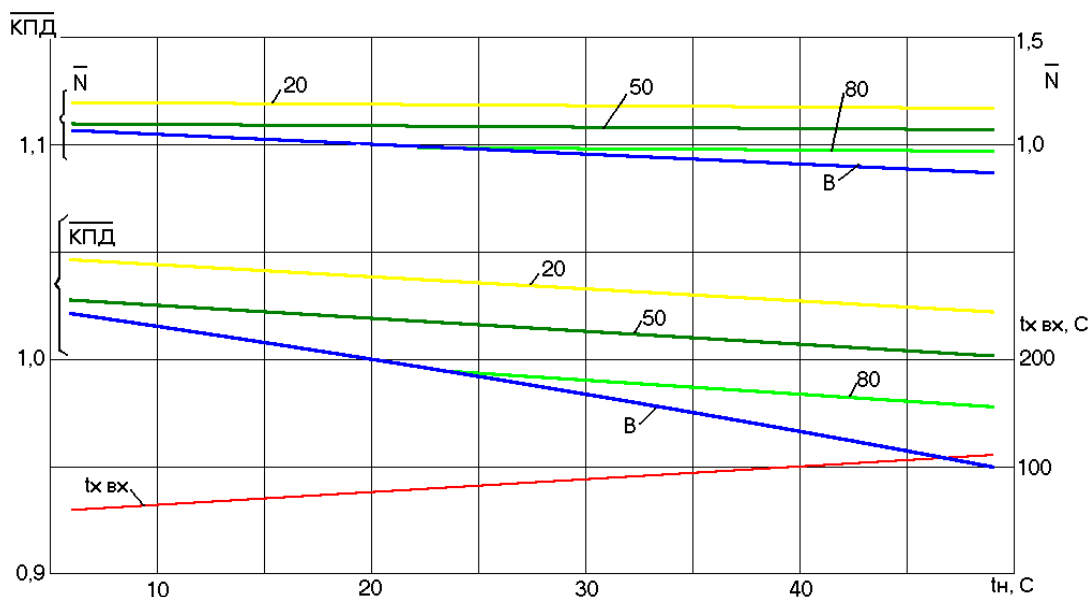


Рис. 1. Параметры ГТД с $\pi_K = 15$ при температуре за промощителем 20, 50 и 80 °С:
В – без промощения

Анализ результатов исследования эффективности промощаждения

В судовых условиях промежуточное охладждение может быть осуществлено с помощью забортной воды, температура которой под килем не превышает 15 °С даже при температуре наружного воздуха 45 °С.

Результаты анализа на ЭВМ представлены на

трех графиках для различных π_K , а также в виде двух таблиц, в которых приведены параметры для номинальной температуры 20 °С и повышенной 45 °С. Известно [3], что оптимальное отношение степени повышения давления в компрессоре до промощаждителя к степени повышения давления за промощаждителем лежит в пределах 0,15...0,25. Для всех вариантов выбрано отношение, равное 0,20.

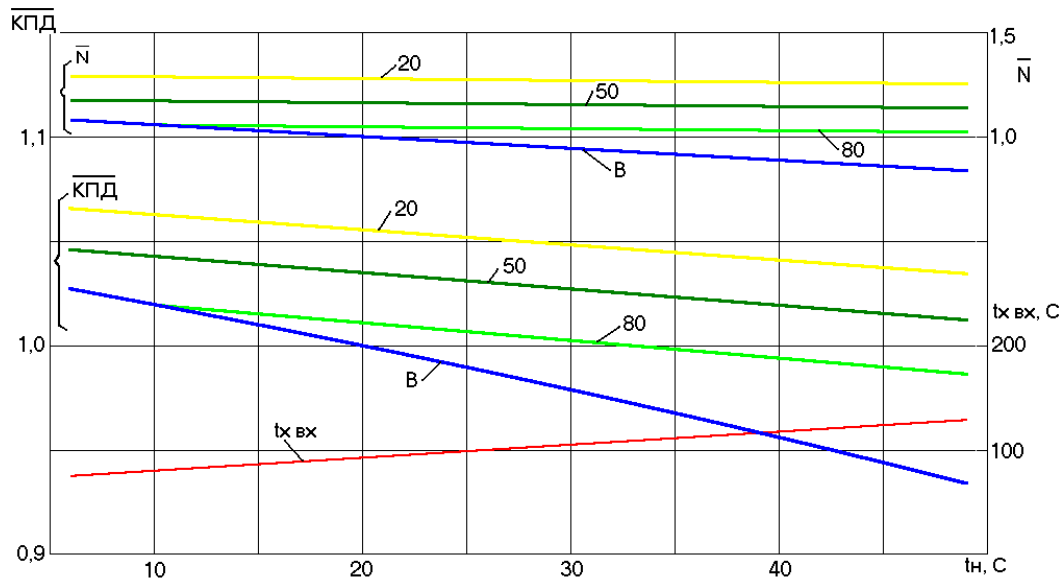


Рис. 2. Параметры ГТД с $\pi_K = 20$ при температуре за промощаждителем 20, 50 и 80 °С: В – без промощаждения

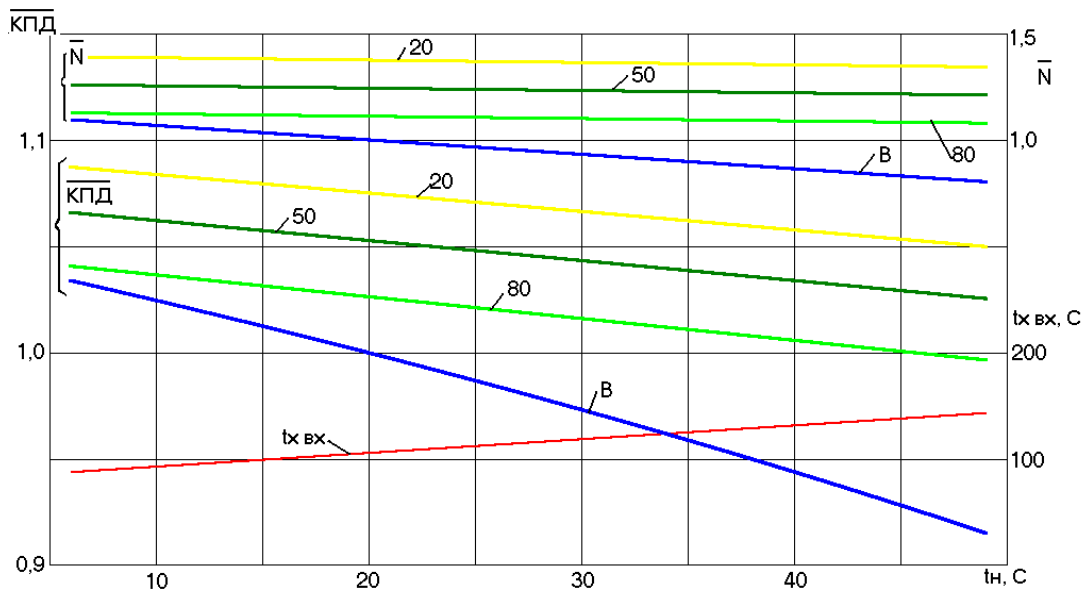


Рис. 3. Параметры ГТД с $\pi_K = 25$ при температуре за промощаждителем 20, 50 и 80 °С: В – без промощаждения

На графиках показаны относительные мощность, КПД и абсолютная температура перед промохладителем. Относительные параметры взяты в отношении к двигателю без промохлаждения. На каждом из графиков приведены расчеты для температур за промохладителем 20, 50 и 80 °С.

По мнению авторов, температура за промохладителем 50°С вполне реальна. Мощность и КПД ГТД простой схемы существенно уменьшаются с ростом температуры воздуха на входе (на приведенных выше рисунках эти зависимости обозначены литерой В).

За базовый вариант на этих рисунках выбран вариант без промохлаждения с температурой на входе 20 °С. Поэтому на графиках кривые, обозначенные литерой «В» при t_H , равной 20 °С, проходят через отметку 1,0.

Сравнение приведенных на рисунках графиков друг с другом показывает, что эффект от применения промохлаждения существенно возрастает с ростом π_K , что отмечено также в работах [1, 2], однако, и при весьма умеренных степенях повышения давления в компрессоре эффект существенный. В табл. 1 показано влияние промохлаждения при температуре за промохладителем 50 °С и при температуре воздуха на входе 20 °С.

Таблица 1

Параметры ГТД при температуре за промохладителем 50 °С и температуре воздуха на входе 20 °С

π_K	15	20	25
N	1,086	1,162	1,243
$\overline{КПД}$	1,019	1,035	1,053

Из табл. 1 видно, что даже при номинальных условиях влияние промохлаждения может быть существенным. Следует отметить, что относительные параметры ГТД без промохлаждения равны едини-

це. Таким образом, мощность может быть увеличена от 10 до 20%, а $\overline{КПД}$ – на 2...5%.

Таблица 2

Параметры ГТД при температуре за промохладителем 50 °С и при температуре воздуха на входе 45 °С

π_K	15	20	25
N	1,071/0,889	1,141/0,864	1,217/0,837
$\overline{КПД}$	1,004/0,959	1,016/0,946	1,030/0,931

В табл. 2 показаны те же параметры при температуре воздуха на входе 45 °С. При этом под косой чертой приведены параметры ГТД без промохлаждения при температуре воздуха на входе 45 °С.

Из таблиц видно, что параметры ГТД с промохлаждением при колебании температур с 20 до 45 °С меняются не более чем на 2%, в то время как мощность ГТД простой схемы уменьшается на 10...20%, а $\overline{КПД}$ – на 5...7%.

Эффект по $\overline{КПД}$ от применения промохлаждения при температуре воздуха на входе 45 °С колеблется от 5 до 10%.

Таблицы приведены для крайних значений температур воздуха на входе, поскольку характер графиков монотонный и изменения параметров достаточно плавные.

Все сделанные выводы справедливы для ГТД простой схемы, для которой оптимальные π_K лежат в пределах 20...25 [4], что усиливает эффект от промохлаждения. Рассмотренные три случая для π_K , равных 15, 20 и 25, охватывают весь используемый практически диапазон и показывают монотонное улучшение параметров с ростом π_K . При рассмотрении различных π_K КПД ступени оставался постоянным, а КПД компрессора менялся [5].

На графиках также показана зависимость температуры перед промохладителем от температуры наружного воздуха.

Эта монотонная зависимость необходима для подтверждения возможности промощаждения с точки зрения перепада температур в теплообменном аппарате. Следует отметить, что величина этой температуры достаточна для ее утилизации в установках, использующих низкопотенциальное тепло.

Что касается температуры за промощадителем, то ее влияние монотонно (чем ниже, тем лучше), однако можно рекомендовать в качестве оптимальной температуру 30...50 °С. Эта рекомендация обоснована тем, что температуру ниже 40 °С получить затруднительно, а эффект от дальнейшего снижения температуры не столь значительный.

Следует отметить, что если при высоких температурах на входе, даже в случае, когда охлаждение воздуха в промощадителе может оказаться недостаточным и температура воздуха на выходе из промощадила будет выше заданной, эффект все равно положительный. В этом легко убедиться, сравнив графики, полученные при температурах 50 и 80 °С, и предположив что температура за охладителем поднялась до 80 °С.

Выводы

1. Промощаждение стабилизирует мощность двигателя, особенно при больших степенях повышения давления (изменение параметров порядка 2%).

2. Промощаждение существенно повышает КПД, даже при сравнительно высоких температурах за промощадителем. Этот эффект особенно значителен при высоких температурах на входе.

3. Температура воздуха перед промощадителем достаточна для использования тепла в установках с низкокипящим рабочим телом (холодильные и другие теплоиспользующие контуры).

4. Даже если температура за промощадителем оказалась выше заданной (например поднялась с 50 до 80 °С), то эффект все равно положительный (например для $\pi_K = 25$ при 80 °С за промощадителем и 45 °С наружного воздуха КПД будет равен КПД простого цикла при 20 °С).

5. Промежуточное охлаждение особенно целесообразно использовать при эксплуатации установок в жарких климатических условиях.

Литература

1. Сорока Я.Х. Теория и проектирование судовых газотурбинных двигателей: Учебное пособие. – Л.: Судостроение, 1982. – 112 с.

2. Романовський Г.Ф., Ващиленко М.В., Сербін С.І. Теоретичні основи проектування судових газотурбінних агрегатів: Навчальний посібник. – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 304 с.

3. Радченко Н.И., Сирота А.А., Тарасенко М.А. Оптимальное промежуточное охлаждение судовых газотурбинных двигателей // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2005. – № 00. – С.00–00.

4. Ващиленко Н.В. Выбор оптимальных термодинамических параметров судовых ГТД с использованием ВСЭВМ: Учебное пособие. – Николаев: НКИ, 1985. – 46 с.

5. Нечаев Ю.Н., Федоров Р.М. Теория авиационных газотурбинных двигателей. Ч. I. – М.: Машиностроение, 1977. – 312 с.

Поступила в редакцию 22.04.2005

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. В.В.Капустин, Севастопольский национальный технический университет; д-р техн. наук, проф. В.Г. Ивановский, Одесский национальный морской университет.