

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

ПРОМЕЖУТОЧНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ В СУДОВЫХ ГТД ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ

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

проанализировать влияние изменения температуры наружного воздуха на параметры ГТД при оптимальном промощаждении 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.

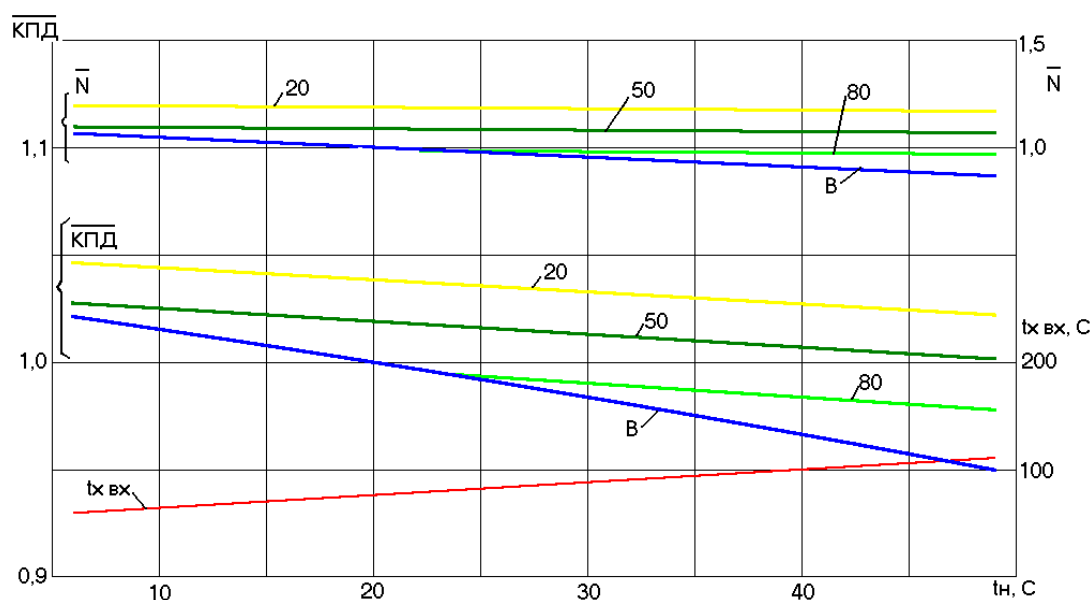


Рис. 1. Параметры ГТД с $\pi_K = 15$ при температуре за проохладителем 20, 50 и 80 °С:
В – без проохлаждения

Анализ результатов исследования эффективности промощаждения

В судовых условиях промежуточное охлаждение может быть осуществлено с помощью заборной 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.

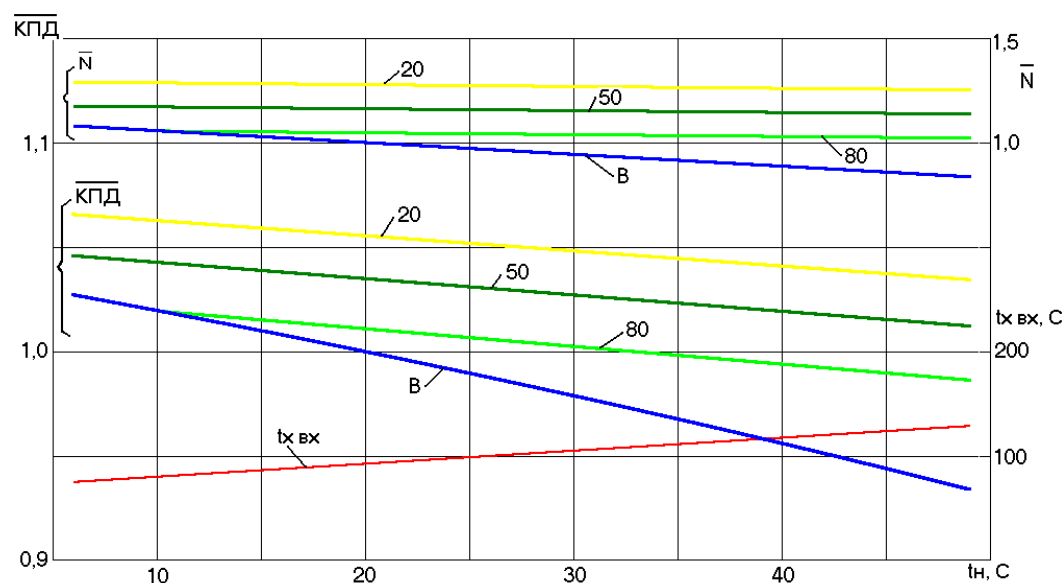


Рис. 2. Параметры ГТД с $\pi_K = 20$ при температуре за промощаждителем 20, 50 и 80 °С:
В – без промощаждения

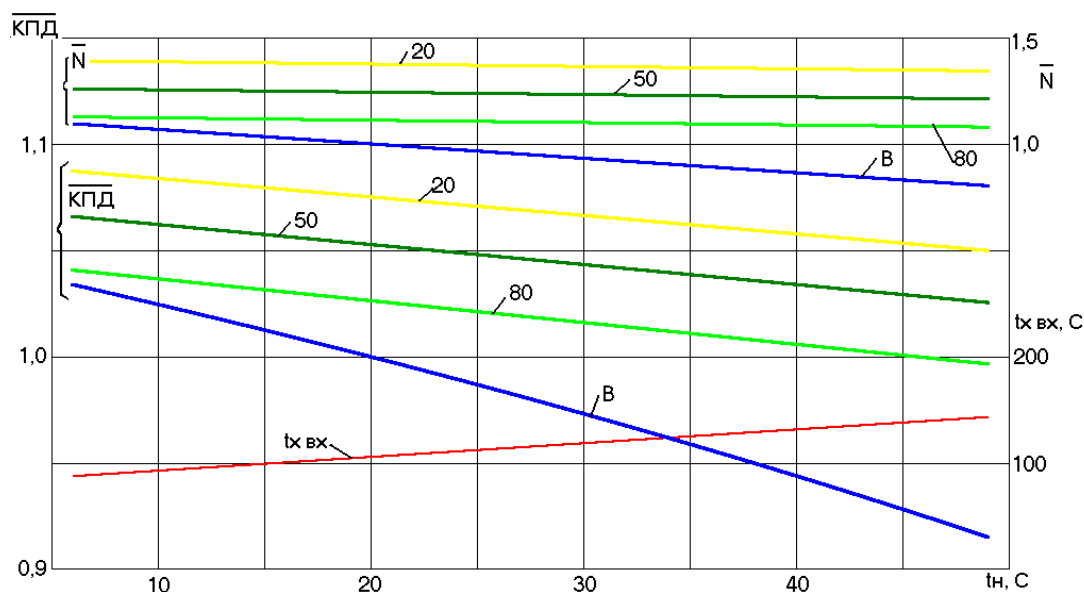


Рис. 3. Параметры ГТД с $\pi_K = 25$ при температуре за промощаждителем 20, 50 и 80 °С:
В – без промощаждения

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

По мнению авторов, температура за промощладителем 50°C 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 промощлаждения с температурой на входе 20 °C. Поэтому на графиках кривые, обозначенные литерой «В» при t_H , равной 20 °C, проходят через отметку 1,0.

Сравнение приведенных на рисунках графиков друг с другом показывает, что эффект от применения промощлаждения 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 промощлаждения при температуре за промощладителем 50 °C и при температуре воздуха на входе 20 °C.

Таблица 1

Параметры ГТД при температуре за промощладителем 50 °C и температуре воздуха на входе 20 °C

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

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

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

Таблица 2

Параметры ГТД при температуре за промощладителем 50 °C и при температуре воздуха на входе 45 °C

π_K	15	20	25
N	1,071/0,889	1,141/0,864	1,217/0,837
$\overline{KПД}$	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 °C. При этом под косой чертой приведены параметры ГТД без промощлаждения при температуре воздуха на входе 45 °C.

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

Эффект по $\overline{KПД}$ от применения промощлаждения при температуре воздуха на входе 45 °C 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 промощлаждения. 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 промощладителем 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 охлаждателем 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., Ващенко 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. Ващенко Н.В. Выбор оптимальных термодинамических параметров судовых ГТД с использованием ВСЭВМ: Учебное пособие. – Николаев: НКІ, 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.