

В.М. ЯРОШЕНКО

И.Т. БОНДАРЕВ

Одесский технологический институт
холодильной промышленности

ТЕПЛОИСПОЛЬЗУЮЩАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО ТЕПЛО-ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Современные крупные химические предприятия, особенно по производству искусственных волокон, для обеспечения технологических процессов используют значительные количества тепла и холода. При этом в основном применяются одноцелевые энергетические установки: бойлерные для получения горячей воды, парокompрессионные и абсорбционные холодильные машины для получения низкотемпературного холода и холода используемого в системах кондиционирования воздуха. Необходимый для технологических процессов водяной пар с давлением $0,2 \div 0,4$ МПа, получается как правило путем дросселирования в редукционно-охлаждательных установках (РОУ) пара из отборов турбин с начальным давлением $0,6 \div 1,5$ МПа и температурой $400 \div 500$ К. Такой способ является малоэффективным, так как при этом не производится полезная работа, а различие в стоимости пара до и после РОУ по существующим тарифам на тепло [1] обуславливает значительные экономические потери.

В Одесском технологическом институте, совместно с Государственным проектным институтом предприятий искусственных волокон, предложена комбинированная установка для одновременного получения тепла в виде пара и горячей воды, а также холода в виде охлажденного теплоносителя (рассола) и воздуха, используемого в системах кондиционирования производственных помещений.

В качестве машинного оборудования в комбинированных установках могут найти широкое применение авиационные газотурбинные двигатели, отработавшие назначенный летный ресурс. Авиационные турбомеханизмы, как известно, обладают высокими значениями внутренних коэффициентов полезного действия, однако по ряду причин в летных условиях их моторесурс весьма незначителен. В наземных же условиях эти высокоэффективные агрегаты могут эксплуатироваться еще довольно длительное время.

После сравнительно несложной реконструкции, авиационный двигатель может использоваться как компрессор с собственной приводной турбиной (теплоиспользующий турбокомпрессор - ТТК), либо как детандер с газовым утилизатором мощности (турбодетандерный агрегат - ТДА). Такие агрегаты разработаны и исследованы на опытных полноразмерных экспериментальных стендах в Одесском технологическом институте автограмы [2].

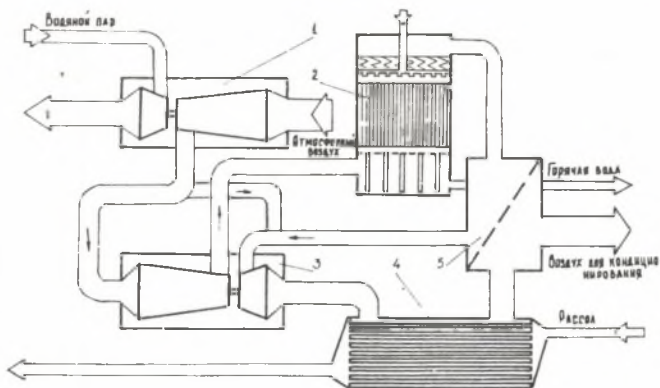


Рис. 1. Схема комбинированной теплоиспользующей установки

1 - теплоиспользующий турбокомпрессор, 2 - контактный теплообменник, 3 - турбодетандерный агрегат, 4 - рассольный теплообменник, 5 - рекуперативный теплообменник

Схема теплоиспользующей установки комбинированного теплохладоснабжения представлена на рис. 1, а соответствующий холодильный цикл на рис. 2. Турбина теплоиспользующего турбокомпрессора (1) включается параллельно существующей редуциционно-охладительной установке. Водяной пар расширяется на ней от начального давления $P_1 = 0,6 \div 1,5$ МПа до конечного давления $P_2' = 0,2 \div 0,4$ МПа и затем подается для использования в технологических процессах промышленного предприятия. Работа расширения водяного пара используется для привода компрессора, в котором атмосферный воздух сжимается от давления окружающей среды, до давления P_4 (процесс 1-2 на рис. 2).

Сжатый воздух в дальнейшем охлаждается в теплообменнике, либо непосредственно в трубопроводе (процесс 2-3) и направляется в компрессор турбодетандерного агрегата, где дожимается до давления P_2 (процесс 3-4). После этого воздух направляется в теплообменник (2), где охлаждается, нагревая при этом воду (процесс 4-5). В рекуператоре (5) происходит дальнейшее охлаждение воздуха до температуры T_6 . Из рекуператора воздух подается на детандер турбодетандерного агрегата (3), где расширяется с охлаждением и производством работы (процесс 6-7). Охлажденный до температуры T_7 воздух подается в рассольный теплообменник (4), где его температура повышается до T_8 за счет охлаждения рассола. Воздух с температурой T_8 далее следует в рекуператор из которого выходит с температурой T_9 и подается в кондиционируемое помещение.

Особенностью установки является то, что подогрев воды производится в контактом теплообменном аппарате с регулярной насадкой. Такие аппараты отличаются компактностью, простотой в эксплуатации, относительно малой стоимостью [3]. Температурные напоры между теплоносителями в этом случае могут иметь самые минимальные значения. Высокая эффективность такого рода аппаратов объясняется отсутствием термического сопротивления в процессе теплообмена, а также наличием массообмена.

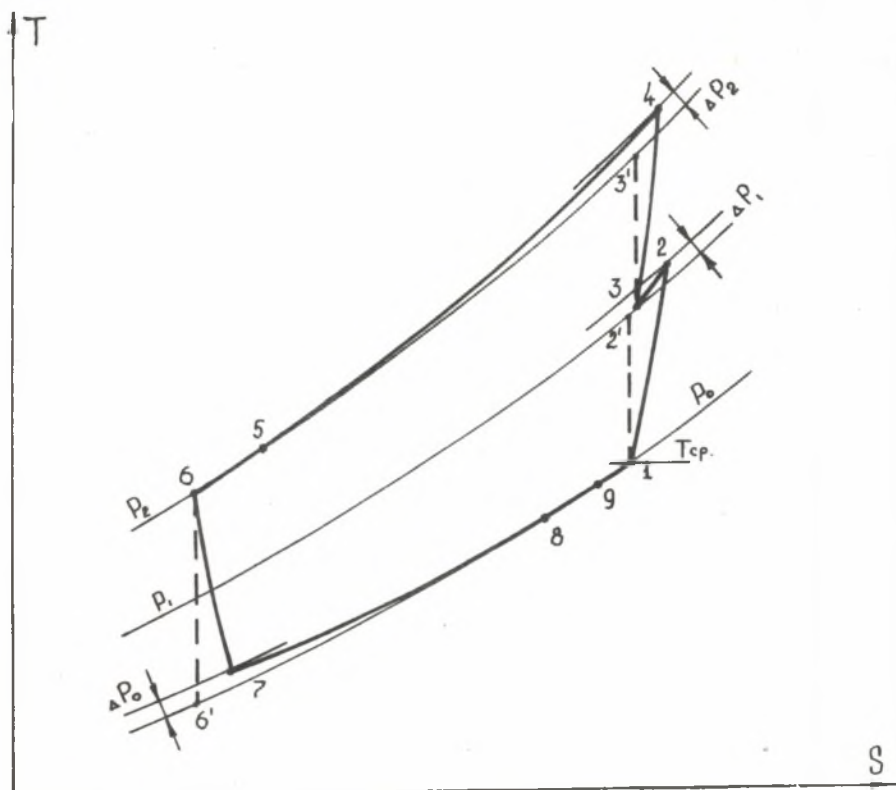


Рис. 2. Действительный цикл воздушной холодильной машины с двухступенчатым сжатием

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 - точки реальных процессов, 2', 3', 6' - точки идеальных процессов, ΔP_0 , ΔP_1 , ΔP_2 - гидравлические потери в теплообменных аппаратах

Для расчета такой комбинированной установки была разработана соответствующая методика с использованием вычислительных машин. Методика строится на основе совместного решения уравнений, описывающих процессы сжатия и расширения, теплообмена, характеристик турбомеханизмов, параметров термодинамического цикла, собственных потерь и пр. Блок-схема расчета строится по принципу набора комплексов, которые представляют группы взаимосвязанных зависимостей, определяющих законченный процесс в том или ином элементе установки. Один из вариантов расчета представлен в таблице 1.

Технико-экономические показатели комбинированной установки значительно выше по отношению к раздельным схемам получения тех же конечных эффектов при помощи оборудования, выпускаемого промышленностью в настоящее время. Это достигается за счет применения сравнительно недорогого машинного оборудования (авиационных двигателей, отработавших летный ресурс) и вторичного ис-

пользования энергетических ресурсов (замены процесса дросселирования водяного пара в РОУ его адиабатическим расширением с получением работы).

Таблица 1

Наименование	Единица изм.	Величина
Скорость вращения теплоиспользующего компрессора	рад/с	735
Массовый расход воздуха	кг/с	9,7
Скорость вращения турбодетандерчого агрегата	рад/с	578
Общая степень сжатия в цикле	-	4,3
Степень сжатия во второй ступени	-	1,53
Температура окружающей среды	К	298
Низшая температура в цикле	К	204
Холодопроизводительность	кВт	680
Температура горячей воды	К	360
Тепловая производительность по воде	кВт	1590
Расход горячей воды	м ³ /час	26,3
Давление пара на входе в ТТК	МПа	0,8
Температура	К	483
Давление пара на выходе из ТТК	МПа	0,4
Температура	К	418
Расход пара	кг/с	7,83

В настоящее время проводятся работы по монтажу опытно-промышленной комбинированной установки на одном из промышленных предприятий. Опыт эксплуатации такой установки в промышленности во многом позволит судить о дальнейшей перспективности такого рода комбинированных установок.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Тарифы на тепло и электроэнергию Минэнерго СССР. Ценник 09-01. М., 1969.
- [2] Мартыновский В.С., Мельцер Л.З., Бондарев И.Т., Ярошенко В.М.: Опыт наземного применения авиационных двигателей в холодильной технике. "Холодильная техника", 1973, № 11.
- [3] Мельцер Л.З., Алексеев В.П., Богодист Е.И., Бондарев И.Т.: Воздушные турбохолодильные машины с контактными теплообменниками. В сб. "Холодильная техника и технология", Вып. 12, К., "Техника", 1971.

INSTALACJA WYKORZYSTANIA CIEPŁA W KOMBINOWANYCH URZĄDZENIACH
GRZEWCZO-ZIĘBNICZYCH ZAKŁADÓW CHEMICZNYCH

S t r e s z c z e n i e

Rozpatrzono schemat i analizę termodynamicznego obiegu instalacji przeznaczanej dla otrzymywania ciepła, chłodu i klimatyzowanego powietrza. W instalacji przewiduje się zastosować lotniczą turbinę gazową wykorzystaną w lotnictwie. Praca pokazuje rezultaty obliczeń takiej instalacji.

THE INSTALLATIONS FOR UTILIZATION OF HEAT
IN HEATING-COOLING SYSTEM OF CHEMICAL PLANT

S u m m a r y

The paper presents a scheme and an analysis of thermodynamic cycle of installation for obtaining heat, coolness and air conditioned. Air-gas turbine will be used in the installation. The results of calculations for such system are shown.