

УДК 621.59 (075.8)

Г.К. Лавренченко, доктор техн. наук; А.В. Плесной, аспирант

ООО «Институт низкотемпературных энерготехнологий», а/я 188, г. Одесса, Украина, 65026

e-mail: lavrenchenko@paco.net

ОПТИМИЗАЦИЯ МНОГОВАЛЬНОГО ДЕТАНДЕР-КОМПРЕССОРНОГО АГРЕГАТА ВОЗДУХОРАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ СРЕДНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

В современных воздуходелительных установках (ВРУ), реализующих циклы среднего давления, не удастся эффективно использовать работу расширения воздуха в детандере. Исследования показали, что работу расширения части перерабатываемого воздуха можно полезно преобразовать в дополнительную холодопроизводительность в детандер-компрессорном агрегате (ДКА) специальной конструкции. ДКА отличается наличием, во-первых, турборедуктора для обеспечения оптимальной частоты вращения вала компрессорной ступени (КС), во-вторых, двух детандерных ступеней, в которых происходит расширение воздуха. В КС агрегата многовальной конструкции с использованием работы двух детандерных ступеней сжимается поток воздуха, поступающий после этого в детандерную ступень низкого давления. В процессе режимной и конструктивной оптимизации ДКА найдены условия, при которых две детандерные ступени можно расположить на одном валу. Оптимизационные расчеты ВРУ совместно с ДКА показали, что удельные затраты энергии в этой установке можно снизить с 1,1 до 0,89 кВтч/кг жидкого кислорода.

Ключевые слова: Воздуходелительная установка. Жидкий кислород. Многовальный детандер-компрессорный агрегат. Компрессорная ступень. Детандерная ступень. Работа расширения. Удельные затраты энергии.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время большим спросом пользуются жидкостные воздуходелительные установки (ВРУ), реализующие циклы среднего давления. Важный их показатель, который учитывается и потребителем, и производителем ВРУ, — удельные затраты энергии l на получение в них жидкого кислорода.

Ранее было показано [1], что для снижения l целесообразно в ВРУ использовать работу детандера для дополнительного сжатия воздуха перед подачей его в этот же детандер.

Однако детандер-компрессорные агрегаты (ДКА) с наиболее простой одновальной конструкцией не применяются в ВРУ среднего давления. Объясняется это высокими оборотами компрессорной ступени (КС), которая находится на одном валу с детандерной (ДС). В этой конструкции частота вращения вала существенно превышает оптимальное значение оборотов, характерных для центробежной КС. В связи с этим КПД КС, как в целом и ДКА, оказывается очень низким.

Из анализа [2] видно, что эффективность и КС, и ДКА можно повысить, если в конструкцию агрегата ввести турборедуктор. Возможность увеличения КПД ДКА и, как результат, снижения l была проиллюстрирована в [3]. Оптимизация режимных и конструктивных параметров ДКА, вместе с тем, показала, что все-

таки далеко не полностью использованы резервы увеличения ДКА $\eta_{\text{ДКА}} \approx \eta_{\text{КС}} \cdot \eta_{\text{ДС}}$ [3]. При исследовании полученных данных была установлена основная причина низкого КПД КС: относительно невысоким является объёмный расход воздуха через ступень из-за высокого давления на входе в неё. Ступень в результате получается малоразмерной с высокими скоростями воздуха и, как следствие, большими потерями.

Для подтверждения этого вывода была проведена оптимизация ВРУ и ДКА в её составе при давлениях прямого потока P_2 , уменьшающихся от 6,5 до 4,5 МПа. За основу было взято энергопотребление компрессора 4ВМ10-55/71 при $P_2=6,5$ МПа. При этом полагали, что потребляемые поршневыми компрессорами мощности $W=idem$. Так как с уменьшением P_2 снижается удельная работа изотермического сжатия, для выполнения указанного условия увеличивали пропорционально расход перерабатываемого воздуха (п.в.).

Оптимизационные расчёты ДКА подтвердили высказанное предположение. Действительно, при уменьшении P_2 КПД ДКА растёт; одновременно с этим снижаются удельные затраты на производство жидкого кислорода. Минимуму l , как установлено расчетами, отвечает оптимальное давление $P_2=4,6$ МПа [3].

В данной работе определяются оптимальные параметры ВРУ и ДКА, последний из которых бес-