УДК 621.573

С. В. Варенков

S. V. Varenkov

Варенков Сергей Васильевич, кандидат технических наук, доцент, Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета, г. Новокузнецк.

Varenkov Sergey Vasilyevich, candidate of technical Sciences, associate Professor, Novokuznetsk Institute (branch) of Kemerovo state University, Novokuznetsk.

ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИАЛЬНОГО ТУРБОДЕТАНДЕРА ГАЗОВОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

THERMODYNAMIC CHARACTERISTICS OF RADIAL GAS TURBOEXPANDER, REFRIGERATING MACHINE

Аннотация. *Статья посвящена сравнительному анализу результатов испытания радиального турбодетандера газовой холодильной машины с использованием двух рабочих колес.*

Abstract. *The article is devoted to the comparative analysis of the results of testing the radial turbodetander of a gas refrigerating machine using two impellers.*

Ключевые слова: *турбодетандер, газовая холодильная машина, анализ, термогазодинамические характеристики.*

Keywords: *the turboexpander, the gas refrigerating machine, the analysis of thermogasdynamic characteristics.*

Экспериментальное исследование турбодетандера по снятию его газодинамических характеристик, проводилось на специальном стенде, созданном на базе турбинно-компрессорного агрегата воздушной не регенеративной холодильной машины.

Экспериментальный стенд состоял из двухступенчатого центробежного компрессора, радиального турбодетандера закрытого типа с рабочим колесом [1], консольно сидящим на одном валу с колесами турбокомпрессора, и мультипликатора с передаточным числом 5,5. Привод агрегата осуществлялся от электродвигателя постоянного тока мощностью 75 кВт. Число оборотов вала агрегата плавно регулировалось в пределах от 0 до 16100 об/мин. При проведении опытных испытаний в составе турбодетандера использовались два рабочих колеса диаметром 0,22 м с входящими углами лопаток β1Л равными для колеса 1-75° и для модернизированного колеса 2-134°.

Исследование термогазодинамических характеристик турбодетандера проводилось на воздухе при числе Маха Mu = 0,67.

Выбор режима испытаний был обусловлен тем, что необходимо было исследовать энергетические характеристики турбодетандера на воздухе в условиях близких к режиму работы машины с вымораживанием диоксида углерода из газовой смеси в проточной части.

Для измерения расхода газа непосредственно через турбодетандер, на участке от регенератов до входа в турбодетандер, была установлена диафрагма. На этом же участке была также установлена задвижка для изменения расхода газа через турбодетандер. Для измерения давлений в каналах соплового аппарата, в зазоре между сопловым аппаратом и рабочим колесом, а также за рабочим колесом было проложено большое число дренажных и соединительных трасс.

На рисунке 1 представлена зависимость температурного перепада на турбодетандере ΔT от начального массового расхода газа $G_н$.

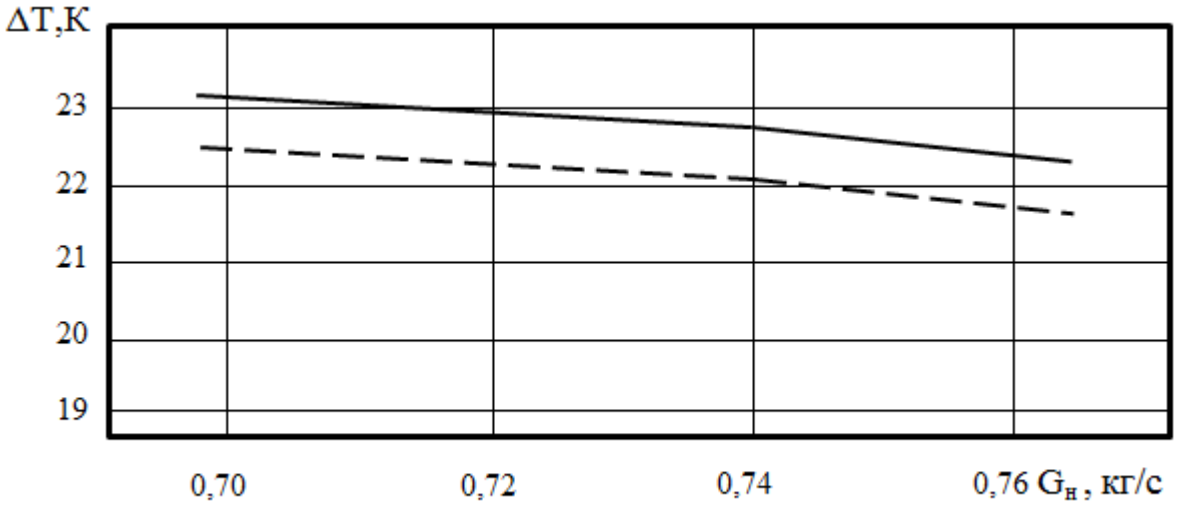

Рисунок 1. Зависимость ΔT от $G_н$

Сплошная линия на графике соответствует конструкции турбодетандера с колесом 2, а штриховая с колесом 1.

Как видно из рисунка, на протяжении всего интервала изменения начального расхода газа через турбодетандер величина температурного перепада при работе на колесе 2 была выше и достигала наибольшей величины в области меньших значений $G_н$.

Зависимость КПД турбодетандера η_s от величины $G_н$ представлена на рисунке 2.

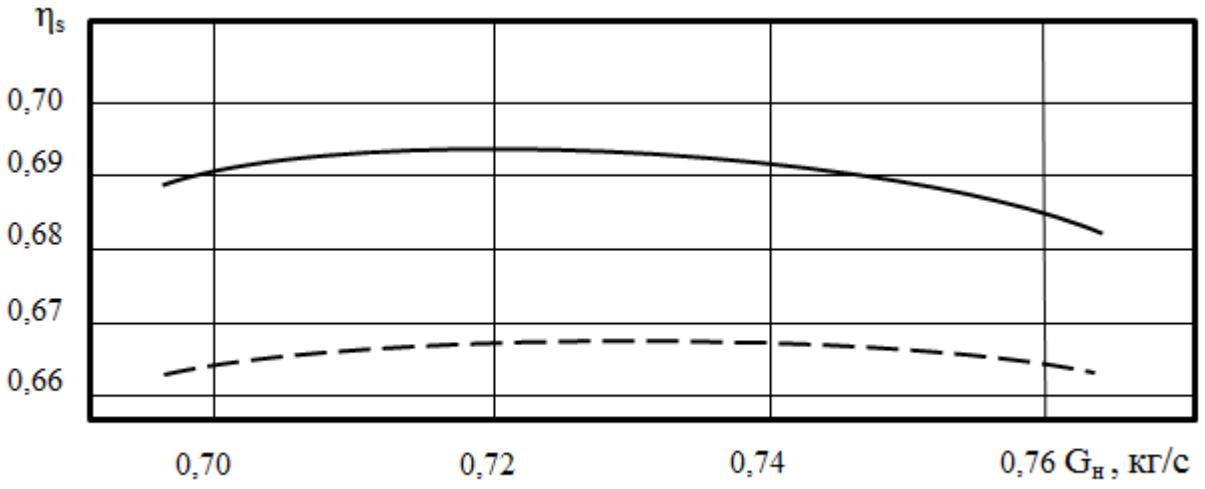

Рисунок 2. Зависимость η_s от $G_н$

Максимальные значения КПД для колеса 2 лежат в интервале начальных расходов от 0,71 до 0,73 кг/с, что соответствует температурному перепаду около 23 К. Величина КПД для колеса 1 на протяжении всей зоны расхода газа примерно на 2…2,5 % ниже, чем для колеса 2, что свидетельствует о более низкой энергетической эффективности колеса 1.

На рисунке 3 приведена зависимость приведенной окружной скорости рабочего колеса u_1/с от начального расхода воздуха через турбодетандер $G_н$. Символ «u_1» характеризует окружную скорость потока газа в сечении 1-1 на входе на лопатки рабочего колеса, а символ «с» абсолютную скорость потока в сечении н-н на входе в турбодетандер.

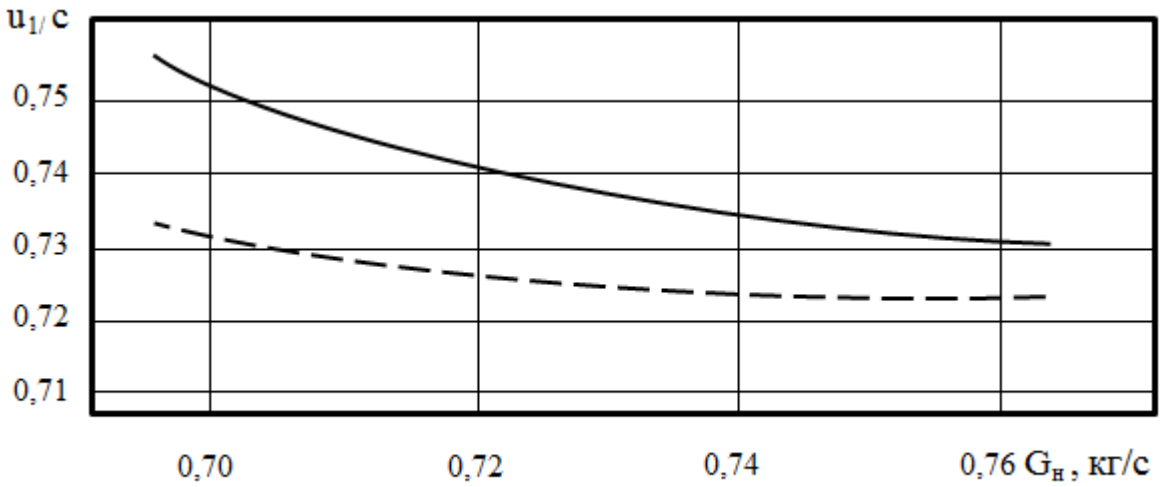

Рисунок 3. Зависимость u_1/с от $G_н$

Как видно из рисунка, с увеличением начального массового расхода газа через турбодетандер приведенная окружная скорость u_1/с понижается для вариантов с рабочими колесами 1 и 2, при этом величина u_1/с для колеса 1 остается ниже во всем диапазоне изменения расхода.

Модернизация рабочего колеса 2 позволила повысить эффективность работы турбодетандера в области режимов, соответствующих работе машины с вымораживанием диоксида углерода. За счет уменьшения угла атаки потока на входе в рабочее колесо 2 удалось улучшить термогазодинамические характеристики турбодетандера, что положительно повлияло на процесс кристаллизации в проточной части.

Список литературы

1. Варенков, С. В. Процесс кристаллизации одного из компонентов газовой смеси в проточной части низкотемпературного турбодетандера [Электронный ресурс] / С. В. Варенков // Электронный научный журнал «Информационно-коммуникационные технологии в педагогическом образовании», 2016. – № 7 (45). – Режим доступа : http://infed.ru/articles/424/