

А. Г. Сайфетдинов, М. С. Хамидуллин, И. Г. Хисамеев

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕРМОМЕТРИРОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПОЛОСТИ РОТОРНОГО КОМПРЕССОРА ВНУТРЕННЕГО СЖАТИЯ

Ключевые слова: Роторный компрессор внутреннего сжатия, температуры газа и стенок.

Работа посвящена анализу результатов экспериментального определения температур газа в рабочей полости и стенок роторного компрессора с внутренним сжатием.

Keys words: Rotary compressor of internal squeezing, temperatures of gas and walls.

Work is devoted the assaying of results of experimental definition of temperatures of gas in a working cavity and walls of rotary compressor with internal squeezing.

Данная работа посвящена более полному изучению процесса теплообмена в рабочей полости роторного компрессора внутреннего сжатия (РКВнС). Схема конструкции компрессора, расположение измерительных датчиков, методики термометрирования и обработки результатов измерений представлены в работах [1, 2].

Рассмотрим результаты измерения температур теплообменных поверхностей и газа в рабочей полости РКВнС для различных режимов работы, а также проведем их анализ.

На рис. 1 и 2 показаны распределения температур внутренней $t_{\text{вн.ст}}$ (1) и наружной $t_{\text{нар.ст}}$ (2) стенок компрессора по угловой координате статоров рабочей полости ($\varphi_{\text{ст1}}$) и полости нагнетания ($\varphi_{\text{ст2}}$).

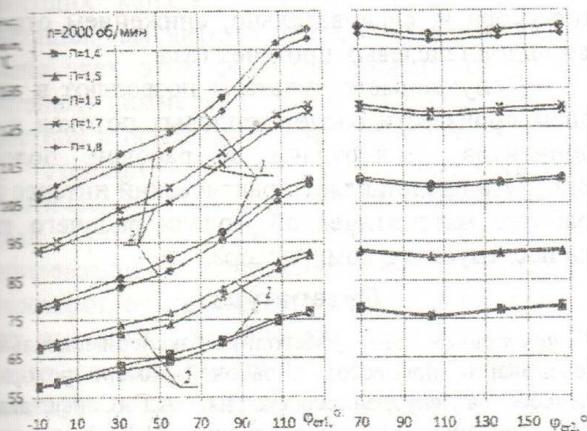


Рис. 1 - Зависимости 1 - $t_{\text{вн.ст}} = f(\varphi_{\text{ст}})$ и 2 - $t_{\text{нар.ст}} = f(\varphi_{\text{ст}})$ при $n = 2000 \text{ об/мин}$ и $\Pi = 1,4 \div 1,8$

Из графиков видно, что с повышением Π при постоянной частоте вращения роторов температура стенок компрессора увеличивается, поскольку растет температура газа (рис. 1). Можно проследить, что с увеличением Π рост температур стенки по $\varphi_{\text{ст1}}$ происходит более интенсивно. Так, например, на $\varphi_{\text{ст1}} = 0^\circ$ увеличение Π на 0,1 приводит к росту температуры внутренней и наружной стенки в среднем на 18%, а на $\varphi_{\text{ст1}} = 120^\circ$ - на 22%.

С увеличением частоты вращения роторов при фиксированном Π температура стенок уменьшается (рис.2).

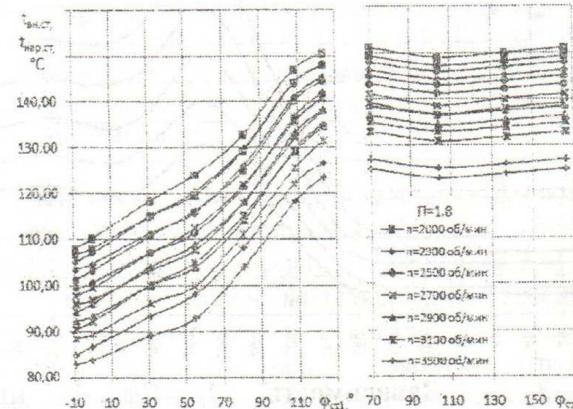


Рис. 2 - Зависимости 1 - $t_{\text{вн.ст}} = f(\varphi_{\text{ст}})$ и 2 - $t_{\text{нар.ст}} = f(\varphi_{\text{ст}})$ при $\Pi = 1,8$ и $n = 2000 \div 3500 \text{ об/мин}$

Увеличение n на 200 об/мин ведет к уменьшению температур стенок примерно на 4%. Это можно объяснить тем, что с увеличением частоты вращения роторов снижается относительная доля щелевых перетечек газа. Это ведет к снижению температуры газа, а значит и снижению температуры стенок.

Температурный градиент в поперечном сечении стенки непостоянен по угловой координате статора. В основной полости компрессора на стороне всасывания разница между температурой внутренней и наружной стенки минимальна. По мере увеличения угловой координаты эта разница растет, а затем принимает некоторое среднее постоянное значение. Такую закономерность можно объяснить тем, что на углах $\varphi_{\text{ст1}} \approx -9^\circ \div 20^\circ$ внутренняя стенка контактирует с всасываемой порцией газа с более низкой температурой. Дальнейшее увеличение температурного градиента в стенке на больших углах $\varphi_{\text{ст1}}$ связано с процессом сжатия в рабочей полости, ведущее к повышению температуры газа и, следовательно, росту температуры внутренней стенки. Также имеет место перетекание теплоты по корпусу со стороны сжатия в сторону всасывания за счет теплопроводности стенки. В полости нагнетания температурный градиент в стенке по угловой координа-

тс $\phi_{ст2}$ практически постоянен. Это связано с тем, что температура газа в большем объеме данной полости имеет постоянное значение, соответствующее температуре нагнетания.

С повышением отношения давлений при постоянной частоте вращения роторов наблюдается рост температурного градиента в стенке, что связано с более высокими уровнями температур стенок. В случае увеличения частоты вращения роторов при постоянном значении Π температурный градиент в стенке изменяется незначительно.

На рис. 3 и 4 приведены зависимости температуры газа t_r от угловой координаты ротора $\Phi_{рот}$. Окончательные значения t_r получены путем обработки экспериментальных данных с применением элементарной теории тепловой инерции [3].

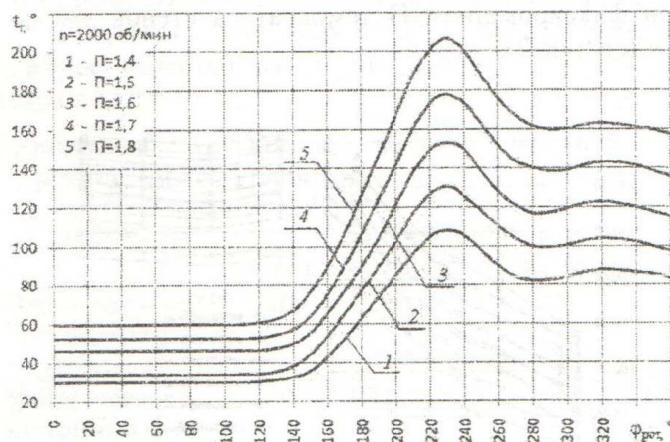


Рис. 3 - Зависимость $t_r = f(\Phi_{рот})$ при $n = 2000 \text{ об/мин}$ и $\Pi = 1,4 \div 1,8$

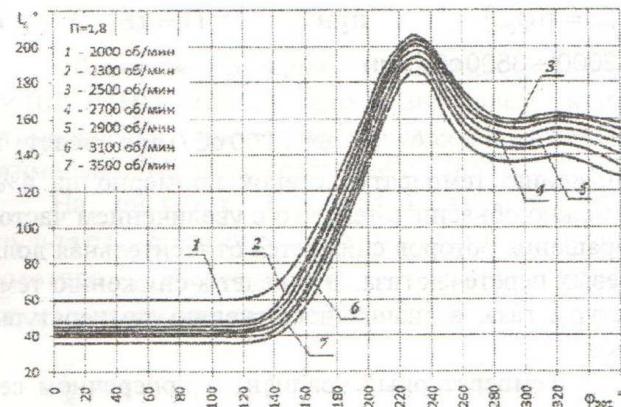


Рис. 4 - Зависимость $t_r = f(\Phi_{рот})$ при $\Pi = 1,8$ и $n = 2000 \div 3500 \text{ об/мин}$

Характер изменения температуры газа по углу поворота ротора для всех режимов остается одинаковым и, как уже отмечалось, соответствует характеру изменения давления в рабочей полости. На начальном участке $0^\circ < \Phi_{рот} \leq 120^\circ$ температура газа не меняется. Далее в конце процесса всасывания на $120^\circ < \Phi_{рот} \leq 170^\circ$ наблюдается рост температуры. Вероятно, это связано как с подогревом газа о стенки корпуса, так и влиянием протечек газа со стороны нагнетания через радиальные, торцевые и

профильные зазоры. На участке сжатия ($171^\circ \leq \Phi_{рот} \leq 229^\circ$) имеет место повышение t_r до максимального значения, вызванное пережатием газа. Дальнейшее понижение температуры связано с выхлопом пережатого газа в золотниковую полость компрессора. В процессе нагнетания наблюдается незначительное увеличение t_r при $\Phi_{рот} \approx 320^\circ$, связанное с присоединением к рабочей полости рабочей камеры второго ротора, где процессы идут с смещением в 90° по угловой координате.

Режимные параметры работы РКВнС определяют величину температуры газа в рабочей полости. С увеличением Π при постоянной частоте вращения роторов (рис. 3) температура газа возрастает на всех участках рабочего процесса, так как с ростом давления газа возрастает и его температура. Для режимов с большим отношением давлений на участке сжатия наблюдается более интенсивный рост температуры газа, хотя геометрическая степень сжатия РКВнС постоянна. Это можно объяснить подогревом газа о более «горячие» стенки компрессора на данных $\phi_{ст1}$ (рис. 1) и более высокой температурой газа перед началом сжатия вследствие перетечек со стороны нагнетания. Повышенное значение температуры на начальном участке рабочего процесса связано с подогревом всасываемого газа о внутреннюю поверхность стенки компрессора, температура которой с ростом Π увеличивается.

С ростом частоты вращения роторов при фиксированном значении Π температура газа в рабочей полости незначительно уменьшается (рис. 4). Это объясняется увеличением производительности компрессора и, следовательно, снижением относительной доли щелевых протечек газа.

Полученные результаты позволяют в дальнейшем произвести расчет тепловых потоков и коэффициентов теплоотдачи в рабочей полости РКВнС. Это представляет практический интерес при разработке математической модели рабочего процесса исследуемого компрессора.

Литература

- Сайфетдинов, А.Г. Методика экспериментального исследования процессов в рабочей камере роторного компрессора внутреннего сжатия / А.Г. Сайфетдинов, А.Ю. Кирсанов, М.С. Хамидуллин, И.Г. Хисамеев // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2010. - №9. – С. 157-164.
- Сайфетдинов, А.Г. Исследование теплообмена между стенками и газом рабочей полости в роторном компрессоре внутреннего сжатия / А.Г. Сайфетдинов, М.С. Хамидуллин, И.Г. Хисамеев, А.Ю. Кирсанов // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2011. - №5. – С. 27-32.
- Ярышев, Н.А. Теоретические основы измерения нестационарных температур / Н.А. Ярышев. – «Энергия» Ленинградское отделение, 1967. – 300 с.