

в ОАО «Мотор Сич» показывает, что решение основной задачи системы – комплексной автоматизации ТПП – требует комплексного подхода к созданию всех компонент автоматизированной системы. Поскольку АСТПП является сложной многоуровневой системой [7], то развитие её функциональности может происходить поэтапно, с учетом специфики и особенностей организационной структуры предприятия. При этом создание технического, программного и информационного обеспечения сводится к системной интеграции и адаптации стандартных компонент [8] на основе требований, предъявляемых организационным обеспечением системы, т.е. действующими на предприятии нормативными документами. Такой подход позволил создать в ОАО «Мотор Сич» комплексную автоматизированную систему, обеспечивающую решение задач технологической подготовки производства двигателей нового поколения.

Литература

1. Братухин А.Г., Дмитриев В.Г. Стратегия, концепция, принципы CALS.// Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение/гл. ред. А.Г. Братухин.М.: ОАО «НИЦ АСК».- 2008, С. 15-26.
2. Богуслаев В.А., Мозговой В.Ф., Балужок К.Б. и др. Компьютеризация технологической подготовки производ-

ства новых изделий // Авиационная промышленность. – 1999, - № 2. – С. 16 – 18.

3. Леховицер В.А., Сорокин В.Ф., Балужок К.Б. и др. Информационные технологии в наукоёмком машиностроении: Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса / Под общ. ред. А.Г. Братухина. – К.: Техніка, 2001, С. – 456 – 475.
4. ГОСТ 34.003-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Термины и определения.
5. ГОСТ 2.501-88. Единая система конструкторской документации. Правила учета и хранения.
6. А. Суханова. Для авиадвигателестроения NX – вне конкуренции. Интервью Д.Н. Елисеева, директора по ИТ ММПП «Салют»// CAD/CAM/CAE Observer/ #6(36).- 2007, С. 7-14.
7. Цветков В.Д. Система автоматизации проектирования технологических процессов. М. «Машиностроение», 1972
8. Булавкин В.В., Хоменко В.В., Потапов П.Ю. Автоматизированная технологическая подготовка производства ракетно-космической техники// Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение/гл. ред. А.Г. Братухин.М.: ОАО «НИЦ АСК».- 2008, С. 318-330.

Представлені перспективні конструкції модульних регенераторів з гладкотрубними та профільованими поверхнями нагріву для газотурбінних установок. Проведено порівняння з існуючими регенераторами українського та російського виробництва

Ключові слова: регенератор, газотурбінний двигун, конструкція, інтенсифікація

Представлены перспективные конструкции модульных регенераторов с гладкотрубными и профилированными поверхностями нагрева для газотурбинных установок. Произведено сравнение с существующими регенераторами украинского и российского производства

Ключевые слова: регенератор, газотурбинный двигатель, конструкция, интенсификация

Perspective construction of module regenerators with smooth pipe and profile heat transfer surfaces for gas turbine plants are presented. Comparison with existing regenerators of the Ukrainian and Russian manufacture is made

Key words: regenerator, gas turbine engine, construction, intensification

Газотурбинные установки регенеративного цикла являются альтернативным решением целого ряда проблем, которые возникли за последние 5 лет в энергетике Украины [1, 2].

Этому способствует наличие на территории нашей страны ряда предприятий, способных разрабатывать и изготавливать регенеративные газотурбинные установки.

УДК 621.565.24.536

МОДУЛЬНЫЕ РЕГЕНЕРАТОРЫ ДЛЯ ГАЗОТУРБИНЫХ УСТАНОВОК

А. П. Шевцов

Доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник*

Контактный тел.: (0512) 37-64-43

E-mail: aootnet@ukr.net

В. В. Кузнецов

Кандидат технических, доцент, ведущий научный сотрудник*

Контактный тел.: 050-493-02-76

E-mail: aootnet@ukr.net

*Открытое акционерное общество «НЭТ»
а/я 17, г Николаев-30, Украина, 54030

Учитывая современные требования к регенераторам таких установок, их возможно выполнить с трубчатой поверхностью теплообмена [3]. При этом, существующие конструкции регенераторов выполняются в основном гладкотрубными без интенсификации процессов теплопередачи и имеют высокие массогабаритные показатели [4, 5]. Это вызывает определенные трудности и соответствующие дополнительные затраты как при производстве таких регенераторов, так и при их транспортировке и монтаже на объектах.

В последнее время наметилась тенденция к разработке модульных регенераторов [6, 7, 8, 9].

На рис. 1 представлен модуль регенератора НПФ «Орма» [6].



Рис. 1. Модуль регенератора НПФ «Орма»

Такое исполнение регенератора позволяет снизить затраты как на производство, так и на транспортировку и монтаж. При этом модульное исполнение не влияет на основные характеристики регенератора. Применение таких регенераторов для газотурбинных установок осуществляется параллельным включением необходимого количества модулей.

На рис. 2 представлен модуль регенератора ООО «НПЦ „АНОД” [8, 9]. Особенностью этой конструкции является применение змеевиков с малым радиусомгиба для интенсификации процессов теплопередачи, и она является единственной с таким исполнением поверхности теплопередачи.

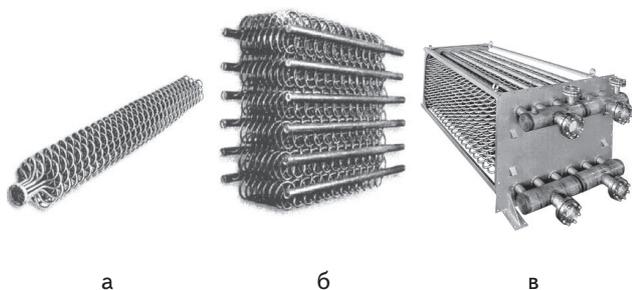


Рис. 2. Общий вид регенератора ООО «НПЦ „АНОД”:
а — элемент теплообменной поверхности; б — матрица теплообменной поверхности в сборе; в — модуль регенератора

Оба представленных регенератора спроектированы со степенью регенерации теплоты 0,8.

Таким образом, разработка модульных конструкций регенераторов является актуальным направлением в проектировании теплообменных аппаратов для газотурбинных установок.

Целью работы является разработка модульной конструкции и оценка основных характеристик регенераторов на ее основе для газотурбинных установок стационарного и транспортного назначения.

На рис. 3 и 4 представлены модули регенераторов «НЭТ-М1» и «НЭТ-М2».

Регенератор представляет собой четырехходовой перекрестно-противоточный теплообменник по воздуху и одноходовой по газу. Течение воздуха осуществляется внутри трубок, отработавших газов — снаружи. Поверхность теплообмена может формироваться произвольно (U-образные трубы, змеевики с малым радиусомгиба или др.), но в предлагаемом варианте она рассматривается из плоских змеевиков, аналогично [10].

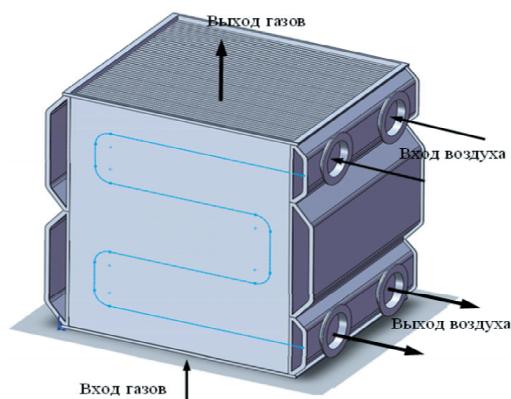


Рис. 3. Модуль регенератора «НЭТ-М1»

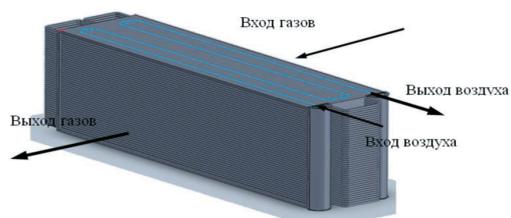


Рис. 4. Модуль регенератора «НЭТ-М2»

Для использования в составе газотурбинных установок различной мощности используется компоновка из необходимого количества подключаемых параллельно-последовательных модулей (рис. 5, 6).

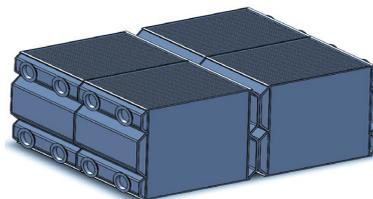


Рис. 5. Компоновка регенератора «НЭТ-М1» из четырех модулей

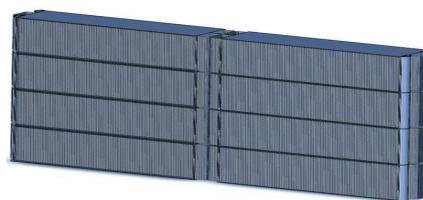


Рис. 6. Компоновка регенератора «НЭТ-М2» из восьми модулей

Сравнительная расчетная оценка эффективности предложенных конструкций производилась с конструкциями регенераторов ОАО «Факел» [4], НПФ «Орма» [6] и ГП НПКГ «Зоря»–«Машпроект» [10].

При сравнении в качестве исходных данных принимались:

- степень регенерации теплоты 0,8;
- расход воздуха на входе, кг/с 43,1;
- расход газов на входе, кг/с 43,55;
- температура воздуха на входе, °С 190;
- температура газов на входе, °С 514.

Эти данные соответствуют двигателю ГТК-10-04, как одному из распространенных регенеративных газотурбинных двигателей энергетических установок компрессорных станций [3].

Расчет производился по Нормативным методам [11], [12] и [13].

Результаты расчета массогабаритных характеристик теплообменных поверхностей и суммарных потерь давления приведены в табл. 1.

Результаты показывают, что предлагаемая конструкция имеет массу теплообменной поверхности меньше, чем остальные. Суммарные потери давления также уступают только регенератору «Орма», однако последний имеет большую массу.

Дальнейшее снижение массы теплообменных поверхностей возможно за счет интенсификации процессов теплопередачи. С этой целью рассматривалось применение эллиптических труб, труб со спиральной накаткой для формирования поверхности нагрева и трубы с асимметричными цилиндрическими лунками [14, 15]. Результаты расчета для регенератора «НЭТ-М2» приведены в табл. 2.

Таблица 1

Массогабаритные показатели теплообменных поверхностей и суммарные потери давления регенераторов

Конструкция	Количество модулей	Габаритные размеры теплообменной поверхности L×B×H	Масса теплообменной поверхности, т	Суммарные потери давления, %
«Факел»	–	5,1×3,2×3,8	27,03	4,1
«Орма»	4	3,8×6,0×2,4	27,02	3,5
ДП НПКГ Зоря–«Машпроект»	1	5,2×6,3×1,1	27,3	4,5
«НЭТ-М1»	4	3,6×7,4×1,5	26,8	4,3
«НЭТ-М2»	4	4,137,5×1,1	26,5	4,1

Таблица 2

Эффективность интенсифицированных поверхностей теплообмена

Вид теплообменной поверхности	Масса теплообменной поверхности, т	Суммарные потери давления, %
Со спиральной накаткой	23,7	3,7
Эллиптическая	22,3	3,4
С асимметричными цилиндрическими лунками	23,2	3,6

Полученные данные свидетельствуют, что эллиптическая поверхность имеет несколько меньшую мас-

су и суммарные потери давления. Последний фактор объясняется снижением сопротивления при наружном обтекании поверхности теплообмена.

Выводы и перспективы дальнейших исследований.

1. Обоснована целесообразность использования модульных конструкций с эллиптическими поверхностями нагрева для проектирования регенераторов.
2. Рекомендуются дальнейшие исследования особенностей теплообмена в пучках стиснутых эллиптических труб для получения достоверных данных об их теплогидравлической эффективности для проектирования регенераторов.

Литература

1. Патон Б.Е., Халатов А.А. Помогут ли газовые турбины преодолеть проблемы энергосистемы Украины ? // Зеркало Недели. - №47 (726). – 12.12.2008.
2. Патон Б.Е., Халатов А.А. Какие промышленные газотурбинные двигатели нужны украинской ГТС ? // Зеркало Недели. - №26 (705). – 12.07.2008.
3. Компрессорные станции ГТС Украины: Концепция модернизации газотурбинного привода газоперекачивающих агрегатов / Халатов А.А., Костенко Д.А., Парафейник В.П., Боцула А.Л., Билека Б.Д., Письменный А.С./ Институт технической теплофизики НАН Украины. – Киев. – 2009. – 52 с.
4. <http://www.fakel.ua/ua/products/gts/75/83>.
5. <http://www.rusenergomash.ru/production/ob-gaz/5/>.
6. <http://www.orma.ru/?mod=pages&id=117>.
7. Сударев А.В. Рекуперативные воздухоподогреватели для ГПА компрессорных станций: опыт России / Промышленная теплотехника, т.31, №4, 2009. – С.34-43.
8. Результаты работ по внедрению регенераторов змеевикового типа для газотурбинной установки ГТК-10/ Т.Т.Алиев, А.О. Прокопянец, Ю.И. Аношкин, С.Б.Походяев// Газотурбинные технологии, сентябрь, 2006, с. 25-27.
9. Аношкин Ю.И., Походяев С.Б., Ялин В.А. Теплообменное оборудование XXI века для ГТУ нового поколения/ Газотурбинные технологии, № 4, 2007, С. 21-23.
10. Мовчан С.Н., Бочкарев Ю.В., Соломонюк Д.Н. Этапы развития стационарных и судовых ГТУ с регенерацией теплоты / Газотурбинные технологии, № 8, 2008, С. 8-11.
11. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). Изд. третье; СПб.-1998.-256 с.
12. Аэродинамический расчет котельных агрегатов (Нормативный метод) / Под ред. С.И. Мочана. – 3-е изд. – Л.: Энергия, 1977. – 256 с.
13. Гидравлический расчет котельных агрегатов (Нормативный метод) / О.М. Балдина, В.А. Локшин, Д.Ф. Петерсон и др.; Под ред. В.А. Локшина и др. – М.: Энергия, 1978. – 256 с.
14. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 367 с.
15. Г.В.Коваленко, А.А.Халатов. Теплогидравлическая эффективность круговых цилиндров с выступами и углублениями при поперечном обтекании/ Пром. теплотехника, 2008, т.30, №1, С.10-15.