

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

УДК 622.691

EXPERIMENTAL EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY AIR COOLERS

Рассмотрены методы исследования энергоэффективности аппаратов воздушного охлаждения (АВО), описаны предпосылки и обоснована актуальность исследований в данной области. Проведён анализ исследований доказывающих эффективность способов повышения тепловой эффективности АВО.

Исследованы различные способы определения энергоэффективности АВО и описаны экспериментальные методы оценки энергоэффективности с применением различного испытательного оборудования и программного обеспечения. Особое внимание уделено стендовым испытаниям теплообменных элементов трубных пучков и секций АВО, промышленное испытание которых выполняется на испытательном стенде, где в качестве теплоносителя используется сжатый воздух, что позволяет не подвергать коррозии готовые секции. Приведены результаты оценки энергоэффективности секций с шахматной и зигзагообразной компоновкой оребренных труб.

The article deals with methods of research of energy efficiency of air-cooling system, describes the background and the urgency of research in this area. An analysis of studies proving the effectiveness of ways to improve the thermal efficiency of the air-cooling system.

The different ways of defining energy air-cooling system and described the experimental methods for assessing energy efficiency through use of various test equipment and software. Particular attention is paid to bench tests of heat-exchange element of the tube bundles and sections of the air-cooling system.

Industrial test sections air-cooling system performed on the test stand, which as a coolant uses compressed air, which allows not to rust finished section. The results of evaluation of energy efficiency sections with zigzag and checkerboard layout of finned tubes.

**Э.Р. Абдеев, Ф.Ш. Хафизов,
М.И. Шарипов, К.Б. Васильева**
ФГБОУ ВПО Уфимский
государственный нефтяной
технический университет,
ОАО «Красный Пролетарий»,
ООО НПП «Химмаштехнология»

**E.R. Abdeev, F.Sh. Khafizov,
M.I. Sharipov, K.B. Vasilyeva**
FSBEI Ufa state
petroleum technical university,
JSC «Red Proletarian»,
LLC «Himmashtehnologiya»

Ключевые слова: энергоэффективность, оребренные трубы, аппараты воздушного охлаждения (АВО), теплоотдача, воздушные потоки, водопотребление, теплообменники.

Key words: energy efficiency, finned tubes, air coolers, heat, air flow, water consumption, heat exchangers.

Послекризисное состояние экономики страны выдвинуло на первый план проблему энергосбережения на всех участках хозяйственной деятельности. Потенциал энергосбережения, имеющийся на настоящий момент в России, по оценкам экспертов оценивается примерно в половину суммарного потребления первичных топливно-энергетических ресурсов в стране за 1995-1998 гг. и от четверти до трети которого может быть реализован в результате осуществления не затратных или малозатратных мероприятий [1].

Применение аппаратов воздушного охлаждения (АВО) в современных условиях является кардинальным решением целого ряда актуальных народнохозяйственных задач: уменьшение водопотребления на технические цели, оптимального развития и размещения технологических установок и производства, снижение загрязнения окружающей среды. Охлаждение окружающим воздухом парагазообразных и жидких продуктов различной химической природы в интервале давлений от вакуума до 32 МПа и температур до 400°С предопределили при-

менение в отечественных аппаратах в основном поверхности теплообмена сформированного из круглых биметаллических оребренных труб: основная несущая труба для прочности как правило выполнена из черных или цветных металлов, и на нее накатаны или навиты спиральные ребра из алюминиевых высокотеплопроводных сплавов типа АД1 или АД1М [1, 2].

Таким образом, наряду с находящимися в эксплуатации десятками тысяч АВО спрос на дальнейшее расширенное применение их в ближайшие десятилетия будет непрерывно возрастать при одновременном требовании их высокого качества и улучшения технико-экономических показателей.

Исследования последних лет показывают, что резервы повышения тепловой эффективности находятся в осуществлении интенсификации теплоотдачи использованием оребренных труб с развитой поверхностью теплообмена и рациональной компоновкой их в пучках, не увеличивая при этом удельной металлоемкости и габаритных размеров теплообменных секций АВО.

Ввиду сложности технологических процессов в нефтегазовой, нефтеперерабатывающей и других отраслях промышленности, и наличия множества факторов, оказывающих влияние на тепловые процессы, протекающие в них, не представляется возможности корректно оценить энергоэффективность вновь создаваемой аппаратуры имеющейся расчетной базой.

Определение величины теплоотдачи со стороны воздуха, необходимого при расчете и конструировании теплообменных аппаратов воздушного охлаждения, рациональней всего вести в экспериментальных конструкциях, максимально приближенных по своим геометрическим размерам, и условиям работы к промышленным аппаратам. В то же время должны быть обеспечены условия, дающие возможность наиболее полно провести исследование во всем диапазоне величин, параметров представляющих практический интерес.

С использованием экспериментальных стендов созданных ООО НПП «Химмаштехнология» на базе ОАО «Красный Пролетарий», в течение ряда лет, успешно проводится комплекс экспериментальных исследований по оценке энергоэффективности тепловых элементов, компоновок трубных пучков и опытных моделей новой теплообменной аппаратуры различного типа и назначения, конструктивного и материального исполнений.

Наиболее надежным методом исследования теплопередачи оребренных труб является метод полной теплоотдачи, сохраняющий закон распределения температур на границе потока, соответствующего практическим условиям работы трубных пучков.

Лабораторный стенд и принципиальная схема которого приведены на рисунке 1, позволят оценить тепловую эффективность теплообменных труб.

Отличительной особенностью разработанного стенда является возможность определения значений общей теплопередачи, исключая при этом влияние изменения физических свойств охлаждающего воздуха, то есть стенд позволяет поддерживать постоянными значения температурных параметров процесса теплообмена при различных режимах исследования. Стенд также позволяет создать, идентичные с трубным пучком АВО, условия для исследования влияния различных факторов конструктивного или технологического происхождения на теплопередачу, обеспечением постоянства чисел Рейнольдса и Прандтля по воздуху, в течение всего цикла испытания. Основные технические характеристики средств технического оснащения стенда приведены в таблице 1.

Так же как и на тепловых стендах различных авторов, проводящих аналогичные исследования, минимальная длина исследуемой трубы принята равной 300 мм, что позволяет детектировать изменения значений температурных параметров. Исследуемая труба помещается в аэродинамическую секцию сечением 310×88 мм, высота которой выбрана исходя из максимального диаметра оребрения ряда труб из сортамента, выпускаемого отечественными и зарубежными изготовителями. Воздушный поток, расходом в пределах 0,025-0,210 м³/сек, создается щелевым центробежным вентиля-

Таблица 1. Техническая характеристика измерительных приборов лабораторного стенда

№№ пп	Наименование параметра	Тип прибора	Пределы измерений	Кол-во точек измерения	Абсолютная погрешность
1.	Температура воды на входе и выходе трубы T_1 , °C	Цифровой датчик температуры	от 0 до 100	1	±0,5
2.	Температура воздуха на входе в аэродинамическую секцию t_1 , °C			1	±0,5
3.	Температура воздуха на выходе из аэродинамической секции t_2 , °C			9	±0,5
4.	Расход воды $V_{\text{воды}}$, л/сек.	Расходомер ВЗЛЕТ ЭР 440Л	от 0,0008 до 0,1885	1	±0,5
5.	Скорость воздуха $W_{\text{возд.}}$, м/сек.	Анемометр WindMaster 2	от 0,035 до 0,21	1	±0,000015

тором, который работает по всасывающему режиму, что обеспечивает ламинарный поток охлаждающего воздуха в аэродинамической секции.

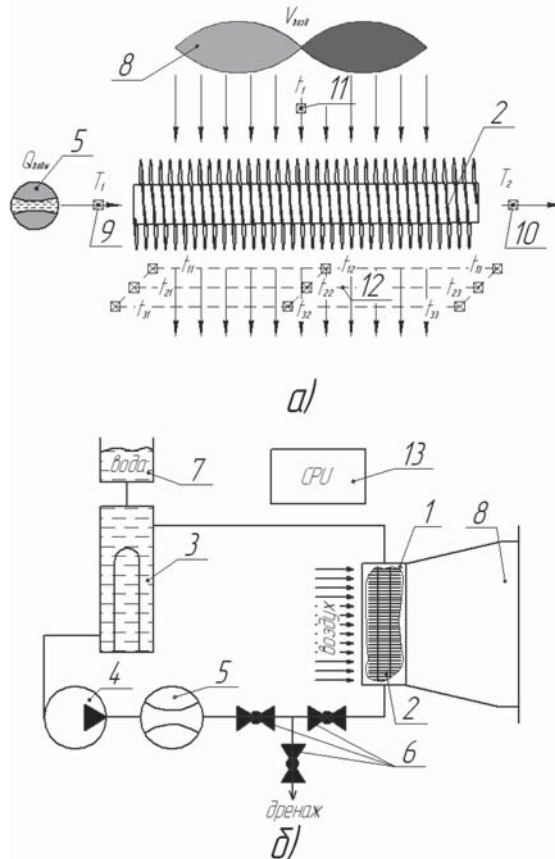


Рисунок 1. Принципиальная и технологическая схема лабораторного стенда для испытания теплообменных труб

1 - аэродинамическая секция, 2 - оребренная труба, 3 - отстойник, 4 - центробежный насос, 5 - расходомер, 6 - система кранов, 7 - расширительная ёмкость, 8 - вентилятор, 9, 10 - термопары на входе и выходе воды, 11 - термопара на входе воздуха, 12 - сеть термопар на выходе воздуха, 13 - контрольно-измерительный комплекс, а - технологическая, б - принципиальная.

Расход охлаждающего воздуха через вентилятор определяется по аэродинамической монограмме, представляющей зависимость расхода воздуха от частоты вращения вентилятора.

Расход охлаждаемой воды (внутри трубы) находится в интервале 0,04-0,13 л/сек. и обеспечивается циркуляционным насосом типа UPS 25/60. Температура воды регулируется электронагревателем мощностью 800 Вт, который установлен в цилиндрическом отстойнике с расширительной емкостью для подпитки системы циркуляции. Диапазон изменения температуры воды находится в пределах 35-100°C, в зависимости от величины теплового потока (максимум 730 Вт) при максимальном расходе воды и воздуха. Вода циркулирует по схеме: отстойник → насос → труба → отстойник. Система кранов позволяет разбить схему циркуляции на два линейных участка, что необходимо для стравливания воздуха при заполнении схемы водой и слива воды в дренажную линию, при замене исследуемой трубы.

На стенде установлен контрольно-измерительный комплекс, выполненный на основе одноплатного компьютера с контрольно-измерительными схемами, осуществляющими учёт и сбор исследуемых параметров, их управление и контроль с точностью до 5%. Регулировка производительности вентилятора, эл. нагревателя и насоса производится фазово-частотным регулятором, принцип действия которого основан на отсекании необходимой доли полуволны переменного тока своевременным переключением обратно-параллельно сдвоенных силовых оптоэлектронных транзисторов. Частотное управление оптоэлектронными и синхронизация с сетью переменного тока реализована на базе микроконтроллера AtMega 16, через оптическую развязку АОД101А. Управление фазово-частотными регуляторами осуществляется контрольно-измерительным комплексом, куда так же поступают данные с расходомера и датчиков температуры.

Измерение температура воды производится непосредственно на входе и выходе из трубы, а температура воздуха одним датчиком на входе и семью из девяти на выходе, непосредственно после трубы, что позволяет получить распределение температуры воздушных потоков после исследуемой трубы в аэродинамической секции, с точностью до 0,5°C. Измерения температур производятся датчиками DALLAS DS 18S20 с абсолютной погрешностью ±0,5°C, в диапазоне измеряемых температур на стенде. Расход воды измеряется расходомером Вэлёт ЭР 430Л с условным диаметром 20 мм и относительной погрешностью измерения ±2 %.

Оценка влияния на тепловую эффективность АВО загрязнений наружной поверхности оребренных труб, осуществлялось на лабораторном стенде по созданной нами методике проведения экспери-

ментальных исследований, которая позволяет определять общую теплопередачу между теплоносителями, исключая при этом влияние физических свойств охлаждающего воздуха.

Основные геометрические параметры исследуемой оребренной трубы (основная труба из углеродистой стали 20, оребрение из алюминиевого сплава марки АД1М), приведены в таблице 2.

Таблица 2. Основные геометрические параметры исследуемой оребренной трубы

№№ пп	Параметры	Значения
1.	Наружный диаметр ребер D, мм	50
2.	Наружный диаметр трубы у основания ребер, d _н , мм	30
3.	Внутренний диаметр трубы d _{вн} , мм	20
4.	Толщина стенки внутренней трубы, мм	2,5
5.	Толщина стенки s ₂ наружной трубы, мм	2,5
6.	Высота ребер, h, мм	10
7.	Средняя толщина ребра k _{ср} , мм	0,87
8.	Шаг ребер t, мм	3,88
9.	Поперечный шаг труб в пучке S, мм	52
10.	Число ребер на 1 пог., м	258
11.	Коэффициент сужения сечения η	0,336

Косвенное определение теплопроводности производилось по формуле 1 для каждого режима, характеризующегося постоянством расходов теплоносителей V_{воды}, V_{возд} и температуры T_{воды}. Переход от одного режима к другому производится в соответствии с алгоритмом, представленным на рисунке 2. Физические свойства теплоносителей (C, υ, ρ, λ и P_γ) рассчитывались для каждого режима отдельно. Общая теплопроводность определялась следующим образом:

$$K = \frac{Q_{возд}}{\Theta_{ср} \cdot S_{пр}}, \frac{Вт}{м^2 \cdot К}, \quad (1)$$

где Q_{возд} – тепловой поток, Вт;
Θ_{ср} – среднелогарифмический температурный напор, К;

S_{пр} – практическая площадь оребрения, м².

$$Q_{возд} = G_{охл.воз} \cdot (C_{t_1} \cdot t_1 - C_{t_2} \cdot t_2), Вт, \quad (2)$$

где G_{охл.воз} – массовый расход охлаждающего воздуха, кг/с;

C_{t₁} и C_{t₂} – теплоемкости воздуха при температурах на входе и выходе соответственно, Дж/кг;

t₁ – температура воздуха на входе, °С;

t₂ – температура воздуха на выходе (считается как среднее арифметическое по девяти показаниям датчиков на выходе), °С.

В результате проведенных исследований получены зависимости, позволяющие оценить влияние

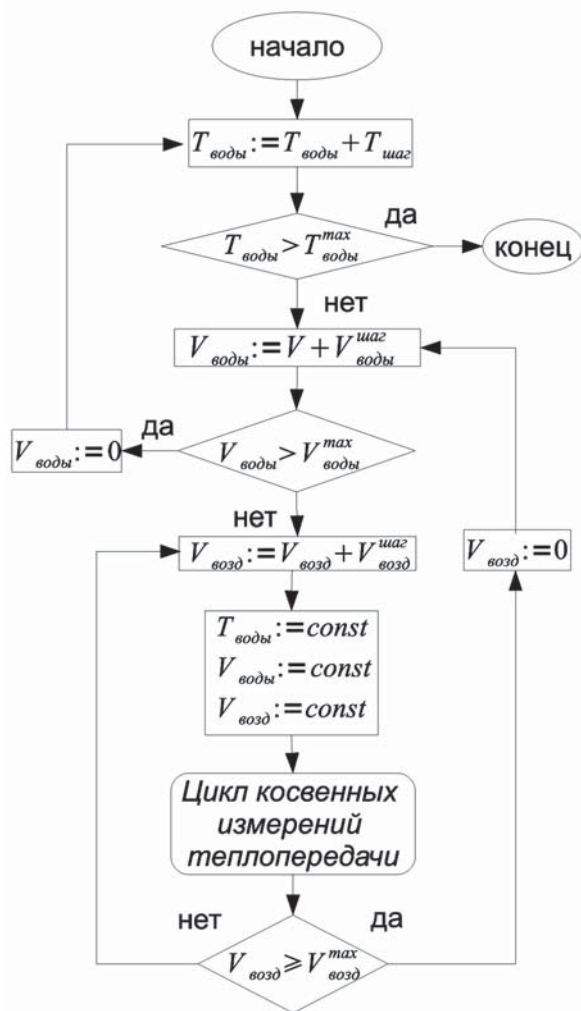


Рисунок 2. Алгоритм косвенных измерений теплопередачи в различных режимах лабораторного стенда

загрязнений наружной поверхности труб на значения теплопередачи, и как следствие, на тепловую эффективность оребренных труб. При значениях $Re=1686 - 11342$ они принимают следующий вид:

$$K_{\text{чист}} = 0,13 \cdot Re^{0,72},$$

$$\sigma^2 = 2,383, R^2 = 0,995,$$

$$K_{\text{загр}} = 0,49 \cdot Re^{0,80},$$

$$\sigma^2 = 2,2372022, R^2 = 0,994995$$
(3)

где $K_{\text{чист}}$, $K_{\text{загр}}$ — значения теплопередачи чистой и загрязнённой труб;

σ^2 — стандартное отклонение;

R^2 — коэффициент детерминации.

Результаты экспериментальных исследований теплопередачи для чистой и загрязнённой труб позволили получить зависимость термического сопротивления загрязнений смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) для оребренных труб ТВО КС, которое для значений числа Re пределах 1686... 11342 (), имеет следующий вид:

$$R_{\text{СОЖ}} = 41,76 \cdot Re^{-1,057}$$
(4)

Для проведения сравнительных экспериментальных исследований моделей различных аппаратов воздушного охлаждения в режиме постоянного мониторинга, создан универсальный двухконтурный стенд, принципиальная схема которого приведена на рисунке 4.

В первом контуре напор жидкости создается насосом Нс.1, расход которого регулируется байпасом с помощью вентиля Вн.1. Жидкость проходит через задвижки Зд.1 и Зд.2 поступает в электрокотел ЭК, нагревается в нем до заданной температуры и через задвижку Зд.3 или, обходя котел по байпасу

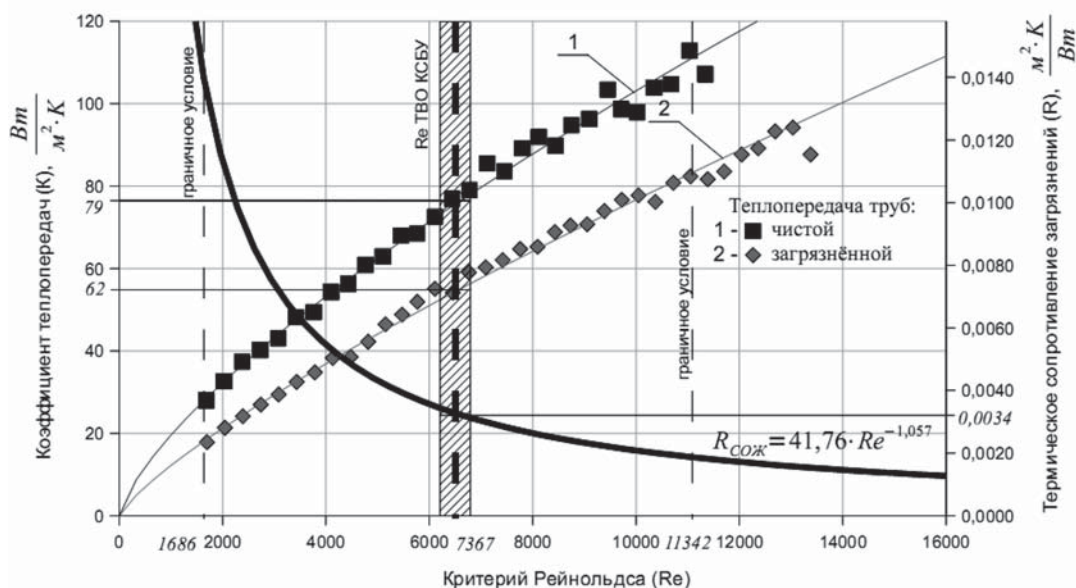


Рисунок 3. Зависимость термического сопротивления загрязнений СОЖ оребренных труб от критерия Рейнольдса.

через Зд.4 поступает в Рм.1. Пройдя измерительную линию Тд.1-1 и Мр.1-1, через задвижки Зд.5 и Зд.6 жидкость поступает в трубно (условно) пространство ТО. Жидкость, передавая тепло через Зд.7 или минуя теплообменник через Зд.8, и измерительную линию с Мр.1-2 и Тд.1-2 через регулирующий Вн.3, поступает в Ет.1. Пар и воздух из Рб.1 удаляется через Зд.9, а жидкость через Зд.10 поступает на вход в Нс.1.

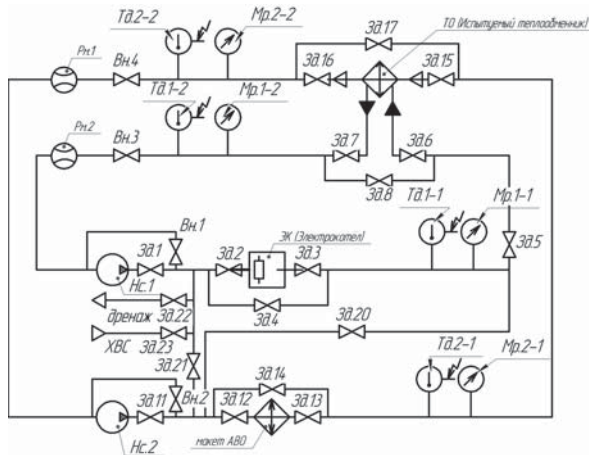


Рисунок 4. Принципиальная схема универсального двухконтурного стенда.

Стенд оснащен двумя жидкостными контурами. Во втором контуре в отличие от первого, вода после насоса охлаждается в макете АВО и потом нагревается в межтрубном (условно) пространстве испытуемого теплообменного аппарата.

Для адекватной оценки результатов испытаний принято использовать экспериментальные данные, полученные при установившихся режимах, которые характеризуются постоянством величин температуры, давления и скорости теплоносителей. Режим считается установившимся при постоянстве чисел Re и P_r , значения которых зависят от температуры и скорости движения теплоносителя. Разработанный нами алгоритм оценки данных параметров изображен на рисунке 5.

В контрольных точках датчиками стенда измеряются расход, температура и давление сред, значения которых через преобразователи поступают в компьютер. Мощность насосов, электронагревателей и вентилятора регулируются в процессе испытания.

Управление узлами двухконтурного стенда осуществляется с панели управления по схеме приведенной на рисунке 5. Устройством для ввода вывода является контролер Микконт М-180 с жидкокристаллического дисплея, которого можно получать данные с измерительных датчиков и регулировать мощность управляющих систем. Микконт М-180 подключается к компьютеру через порт RS-232. Компьютером осуществляется пересылка команд от Микконта БУСТАм и производятся промежуточные вычисле-

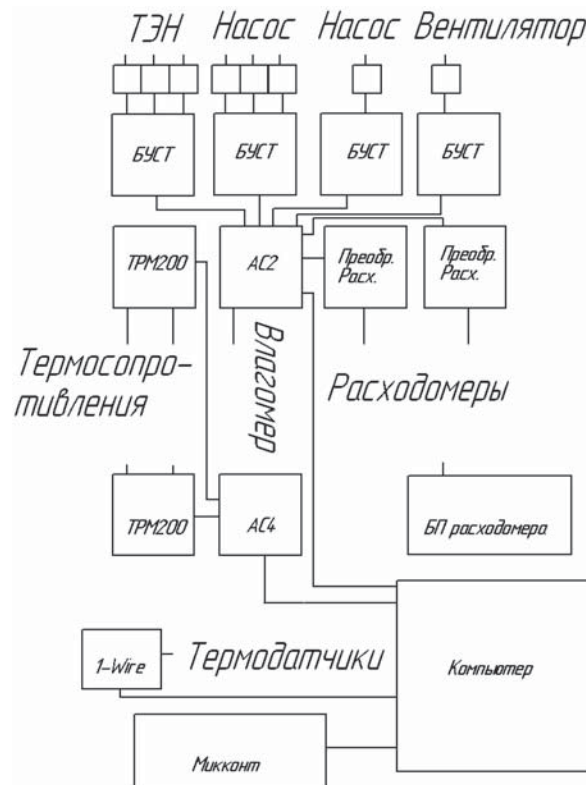


Рисунок 5. Схема управления узлами двухконтурного стенда

ния, прием и пересылка данных к остальным устройствам. С помощью токового преобразователя АС2, подключенного через RS-232, управляющий сигнал идет БУСТАм которые, в свою очередь, регулируют производительностью электронагревателей, насосов и вентилятора. Данные с расходомеров и психрометров, пройдя частотное преобразование, через АС2 попадают в компьютер. Значения температуры жидкостей в 2-х контурах с термосопротивлений поступают к измерителю ТРН200 и через преобразователь АС4 подаются на порт USB компьютера. Температуры воздуха через преобразователь протокола 1-WIRE поступают на порт RS-232 компьютера.

Технические характеристики измерительных приборов схемы управления двухконтурным стендом представлена в таблице 4. Применение цифровых датчиков высокого качества позволяет значительно снизить погрешность измерительных параметров.

Достаточно эффективным способом обеспечения компактности плана эксперимента без потери общности или контроля является анализ размерностей, с помощью которого можно получить максимальный объем данных при эффективном контроле и минимальных затратах времени на их обработку и вычисления. При этом надо иметь в виду, что метод не является аналогом математического моделирования и может дать произвольную комбинацию переменных, которые иногда не имеют физического смысла.

Таблица 3. Техническая характеристика приборов схемы управления двухконтурного стенда

Наименование параметра	Тип прибора	Пределы измерений	Количество точек измерения	Абсолютная погрешность
Температура теплоносителя 1-го контура на входе и выходе теплообменника, °C	Термопреобразователь сопротивления ДТС035-100М. В3.60	от -50 до 180	1	±0,5
Температура теплоносителя 2-го контура на входе и выходе теплообменника, °C			1	±0,5
Расход теплоносителя контура 1, л/сек.	Расходомер электромагнитный ВЗЛЕТ ЭР 440Л	от 0,0008 до 0,1885	1	±0,004
Расход теплоносителя контура 2, л/сек.			1	±0,004
Давление теплоносителя 1-го контура на входе и выходе теплообменника, атм	Манометр ТМ 310Т (0-10,0 атм) М12*1,5	от 0 до 10	1	±0,15
Давление теплоносителя 2-го контура на входе и выходе теплообменника, атм			1	±0,15
Температура воздуха на входе в аэродинамическую секцию, °C	Цифровой датчик температуры DALLAS DS 18S20	от -55 до 125	1	±0,5
Температура воздуха на выходе из аэродинамической секции, °C			100	±0,5
Относительная влажность, %	Измерительный преобразователь влажности и температуры ДВ2ТТ20-Г	от 0 до 98	1	±2
Расход воздуха, м/сек.	Анемометр WindMaster 2	от 0,7 до 42	1	±0,000015

Последовательность вычислений при составлении критериального уравнения проводим с использованием π-теоремы, описывающего теплоотдачу воды при его принудительном движении. В виду того, что коэффициент теплоотдачи является одной из наиболее важных характеристик теплообменника, методику анализа размерностей покажем на его примере.

В результате анализа размерности, зная тип функциональной зависимости, мы получили математическую модель (4), обобщая экспериментальные данные по которой установили эмпирическую зависимость теплоотдачи от температуры и скорости теплоносителя.

$$R_{COЖ} = 41,76 \cdot Re^{-1,057} \quad (4)$$

Таблица 4. План эксперимента

Pr ₁	Pr ₁			Pr ₂	Pr ₂			Pr ₃	Pr ₃		
	Re ₁	Re ₂	Re ₃		Re ₁	Re ₂	Re ₃		Re ₁	Re ₂	Re ₃
Re ₁	K ₁₁₁	K ₁₁₂	K ₁₁₃	Re ₁	K ₂₁₁	K ₂₁₂	K ₂₁₃	Re ₁	K ₃₁₁	K ₃₁₂	K ₃₁₃
Re ₂	K ₁₂₁	K ₁₂₂	K ₁₂₃	Re ₂	K ₂₂₁	K ₂₂₂	K ₂₂₃	Re ₂	K ₃₂₁	K ₃₂₂	K ₃₂₃
Re ₃	K ₁₃₁	K ₁₃₂	K ₁₃₃	Re ₃	K ₂₃₁	K ₂₃₂	K ₂₃₃	Re ₃	K ₃₃₁	K ₃₃₂	K ₃₃₃

Для установления эмпирической зависимости был разработан минимально необходимый план эксперимента (таблица 3), который включает в себя три цикла по девять режимов в каждом. Каждый цикл характеризуется постоянством чисел Pr для теплоносителей в обоих контурах. Каждый из девяти режимов характеризуется постоянством девяти комбинаций трёх чисел Re для теплоносителя в первом контуре и трёх чисел Re для теплоносителя во втором контуре. Числа Re для всех циклов одинаковы.

Разработанная методика и техническая оснащённость представленного стенда позволяет испытывать теплообменное оборудование различных типов и конструкций, что значительно сокращает время проектирования нового теплообменного оборудования и модернизации существующего.

Для проведения опытно-промышленных испытаний образцов новых АВО создан испытательный стенд, принципиальная схема которого приведена на рисунке 6.

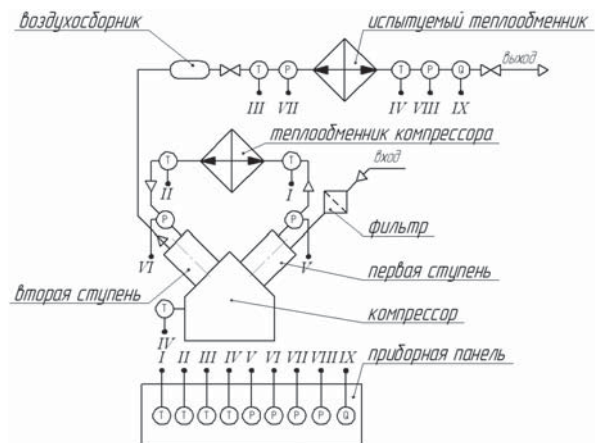


Рисунок 6. Принципиальная схема испытательного стенда АВО.

Результаты стендовых испытаний АВО повышенной энергоэффективности двухконтурного исполнения с зигзагообразно компоновкой пучков из оребренных труб, приведённые на рисунке 7 показывают что

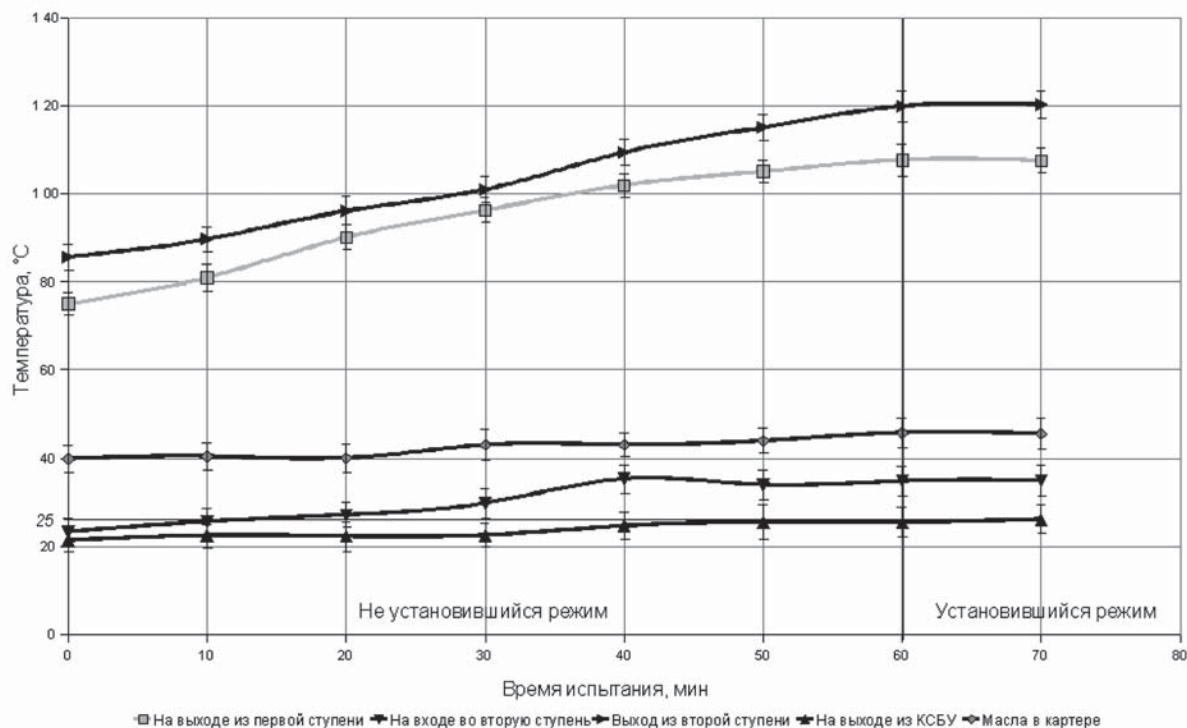


Рисунок 7. Температурный режим стендовых испытаний АВО КС двухконтурного исполнения с компоновкой пучка из оребренных труб.

температура компримированного воздуха на выходе из КС снизилась до 22°C, что свидетельствует о высокой тепловой эффективности ТВО КС. Запас новой конструкции поверхности теплообмена в установившемся режиме составил 4,89%.

Выводы:

1. Произведено научно-методическое обеспечение экспериментальной оценки энергоэффективности теплообменников воздушного охлаждения с использованием блочно-модульного подхода.
2. Создан комплекс лабораторного и стендового технологического оборудования позволяющего про-

изводить экспериментальную оценку энергоэффективности АВО с подетальной композицией теплообменных элементов, трубных пучков и теплообменных секций аппаратов.

3. Проведенный цикл расчетно-экспериментальных исследований тепловой эффективности АВО двухконтурного исполнения с зигзагообразной компоновкой пучков из оребренных труб позволило реализовать возможности экспериментальной базы при оценке энергоэффективности вновь создаваемой теплообменной аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асланян Г.С., Молодцов С.Д., Соловьянов А.А., Энергосбережение как важнейший компонент природоохранной политики // Теплоэнергетика. 1998. № 1. С. 76-80.
2. Кунтыш В.Б., Кузнецов Н.М. Тепловой и аэродинамический расчеты оребренных теплообменников воздушного охлаждения. СПб.: Энергоатомиздат, 1992. С. 280.
3. Шмеркович В.М. Современные конструкции аппаратов воздушного охлаждения. М.: 1979. С. 70. (Химическое и нефтеперерабатывающее машинострое-

ние: обзор. информ. / ЦИНТИХимнефтемаш)

4. Крюков Н.П. Аппараты воздушного охлаждения. М.: Химия, 1983. С. 168.

Абдеев Э.Р., аспирант кафедры «Пожарная и промышленная безопасность», ФГБОУ ВПО УГНТУ
Abdeev E.R., postgraduate student of chair «Fire and industrial safety», FSBEI USPTU,

Хафизов Ф.Ш., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Пожарная и промышленная безопасность», ФГБОУ ВПО УГНТУ

Khafizov F.Sh., dr.sci.tech, professor, head of chair «Fire and industrial safety», FSBEI USPTU,
e-mail: pkpb@mail.ru

Шарипов М.И., заместитель генерального директора по коммерческим вопросам, ОАО «Красный Пролетарий»
Sharipov M.I., deputy general director off commercial affairs, JSC «Red Proletarian»

Васильева К.Б., ведущий инженер, ООО НПП «Химмаштехнология»
Vasilyeva K.B., lead engineer, LLC «Himmashtehnologiya»
e-mail: air@hmtc.ru