

Автореферат
А95

ОДЕССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА

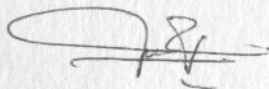
На правах рукописи

Ахмад Ясин Халиль

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ДОВОДЧИКОВ
ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ
КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Специальности 05.04.03 - Машины и аппараты холодильной и криогенной
техники и систем кондиционирования.
05.14.05 - Теоретические основы теплотехники

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Одесса - 1995

Работа выполнена в Одесской государственной академии холода

Научные руководители - заслуженный деятель науки Украины, академик АНТК, доктор технических наук, профессор Чумак И.Г.

ст.н.сотр, кандидат технических наук,
Савченко Г.А.

Официальные оппоненты- доктор технических наук, профессор
Дорошенко А.В

кандидат технических наук, доцент
Ципа А.И

Ведущая организация - АНПО "Одесхолод", г. Одесса

Защита диссертации состоится " " 1995г.

в часов на заседании специализированного совета
К.068.27.01 при Одесской государственной академии холода
по адресу: Украина, 270100 г.Одесса, ул.Петра Великого, 1/3

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОГАХ.

Автореферат разослан " " 1995г.

ЛЬШИН Р.К.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Системы кондиционирования воздуха (СКВ) оснащенные холодильными установками по энергоемкости превосходят системы приточно-вытяжной вентиляции. Капитальные затраты на СКВ достигают до 20% общей стоимости капитальных вложений в здания и сооружения, а эксплуатационные от 30 до 50% всей стоимости эксплуатации (по данным на 1990 г.).

Центральные СКВ, получившие наибольшее распространение в общественных и промышленных зданиях, имеют неавтономные кондиционеры, снабжаемые извне холодом (доставляемым холодной водой или рассолом), теплом (доставляемым горячей водой, паром или электрообогревом) и электрической энергией для привода вентиляторов и насосов.

Актуальность рассматриваемой проблемы вызвана резким в последние годы ростом цен на энергоносители, а также строительные и конструктивные материалы. В центрально распределительных СКВ воздух сначала обрабатывается в центральном кондиционере, а затем направляется в доводочные устройства, которые устанавливаются в помещениях, что позволяет решать проблемы акустической изоляции, обеспечивать точное регулирование тепло-влажностных характеристик и снижать затраты на монтажно-строительные работы.

Целью работы является совершенствование СКВ на основе использования доводчиков и блоков обработки воздуха (БОВ).

Задачи работы в связи с этим следующие: определить условия целесообразного применения доводчиков и БОВ в СКВ и разработать методы их оптимального проектирования.

Научная новизна работы состоит в том, что по результатам численных и экспериментальных исследований определены условия существования области оптимальных значений характеристик элементов, входящих в состав доводчиков и БОВ.

В диссертации защищаются следующие научные положения:

- применение доводчиков и БОВ целесообразно, когда холодопроизводительность СКВ с частичной рециркуляцией больше или равна холодопроизводительности приточной СКВ; при этом энергозатраты можно снизить на 30-50% независимо от величины рабочей разности температур;
- условия оптимального проектирования доводчиков как системных объектов, состоящих из серийно выпускаемых элементов, обусловлены наличием области действительных значений корней системы уравнений,

описывающих основные параметры: поверхность теплообмена, массовая скорость (производительность), потери давления (напор) и КПД вентилятора.

Научные результаты. 1. Разработаны и реализованы на персональном компьютере PC-386/387-DS пакеты прикладных программ оптимального проектирования вентиляторов (осевых и радиальных), теплообменников и Доводчиков. 2. Проведен цикл экспериментальных исследований акустических характеристик, аэродинамики и теплопередачи на натурных образцах доводчиков и БОВ. 3. Определены области рекомендуемого применения конкретной конструкции вентилятора и установлено влияние термодинамических параметров охлаждаемой (воздух) и охлаждающей (хладагент) сред на расходные характеристики вентиляторов в доводчиках.

Практическая ценность работы. Разработанные методы оптимального проектирования доводчиков и БОВ позволили спроектировать и изготовить на базе серийных элементов опытно-промышленные образцы, которые при равной холодопроизводительности имеют в 2-3 раза меньшие весо-габаритные характеристики, чем аппараты завода "Кондиционер" (Домодедово, Россия).

Апробация работы. Результаты работы докладывались на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава и научных сотрудников СМТИЭ в 1990-1993 гг., VIII научно-практическая конференция "Опыт эксплуатации и пути совершенствования теплообменного оборудования", 3-6 октября 1992г., г.Севастополь.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, трех глав, выводов и рекомендаций по главам, заключения, списка использованной литературы и приложений.

Диссертация содержит 195 страниц машинописного текста, 24 рисунков, 34 таблиц и 20 страниц приложений. Библиография содержит 130 наименований, из них 5 иностранных.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Полная рециркуляция, с энергетической и термодинамической точки зрения, наиболее эффективна, так как в СКВ не вводится наружный воздух и не затрачивается холод и теплота на его обработку, КПД такой системы определяется отношением полезной холодопроизводительности (нетто) к общим энергозатратам (брутто) и стремится к 1. Однако многочисленные санитарно-гигиенические нормативы и тре-

бования определили преимущественное преобладание в практике прямоточных схем СКВ, что подтверждается приведенными в первой главе анализом многочисленных литературных данных. Из приведенного обзора следует, что основными методами совершенствования СКВ являются:

- оптимизация параметров воздуха (ОПВ);
- оптимизация скорости воздуха (ОСВ);
- оптимизация перепада температур (ОПТ);
- интенсификация процессов переноса (ИПП);
- снижение энергопотерь (ОЭ);
- применение новых методов увлажнения (НМУ);
- оптимальный выбор серийных элементов (ОСЭ).

При этом достигается: снижение капитальных затрат; снижение энергоемкости и потерь; улучшение аэродинамических характеристик; снижение уровня шума; улучшение очистки воздуха и т.д.

Классифицирование методов совершенствования СКВ выполнялось с применением теории графов на анализе связей между признаками объектов с использованием бинарного описания. Результаты расчетов по критерию Танимото позволили построить для разных мер сходства графы, которые иллюстрируют проявления наиболее характерных свойств объектов. Принципиально отметить, что три метода: ОПТ, ИПП и ОСЭ - обнаруживают устойчивые внутренние связи одного множества (в рамках рассматриваемых 31 общих признаков). Таким образом, оптимизация СКВ любым из этих методов приводит к одним и тем же результатам. В диссертации выбран метод ОСЭ, так как применение серийно выпускаемых элементов гарантирует минимальные капитальные затраты.

Термодинамические условия обработки воздуха в СКВ с частичной рециркуляцией иллюстрируются на Рис.1. По сравнению с прямоточной схемой, в СКВ с доводчиками перемещается большее количество воздуха, что означает рост энергозатрат на привод вентиляторов и насосов, поэтому должна существовать область оптимального (или рационального) применения доводчиков в схеме с частичной рециркуляцией внутреннего воздуха. Доводчики в СКВ используются для реализации двух режимов:

1. Снижение температуры ($t_{до}$) в помещении при постоянной холодопроизводительности СКВ (луч $h-c$ на Рис.1а.).

2. Поддержание постоянной температуры в помещении ($t_{до}$) при уменьшении холодопроизводительности СКВ (луч $h-c$ на Рис.1а. - штрихпунктир).

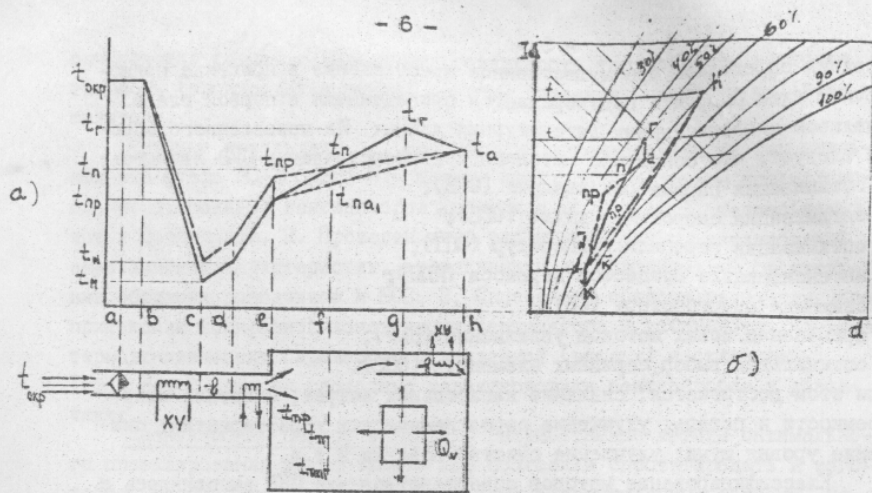


Рис.1. Термодинамические условия обработки воздуха в СКВ с частичной рециркуляцией.

При работе СКВ без доводчиков (сплошная линия на диаграмме I-d Рис.1б.) относительный расход воздуха через кондиционер (G_k'') меньше относительного расхода воздуха через доводчик (G_a), а удельные затраты холода на обработку воздуха превышают удельные затраты холода на работу одного кондиционера ($\Delta I_{k1} + \Delta I_a$) $> \Delta I_k$. Несколько возрастает и затраты электроэнергии холодильной машины $N_{x.m+a} > N_{x.m}$, поэтому условие целесообразного применения доводчиков формулируется в виде неравенства:

$$\frac{G_a \cdot \Delta I_a}{\rho_a \cdot \lambda_a} + \frac{G_k' \cdot \Delta I_k}{\rho_k' \cdot \lambda_k'} + N_{x.m+a} < \frac{G_k'' \cdot \Delta I_k}{\rho_k'' \cdot \lambda_k''} + N_{x.m} \quad (1)$$

Соотношение (1) удобно представить в форме:

$$\frac{N_{x.m+a}}{N_{x.m}} < 1 + \left[1 - \frac{Q_a + Q_k'}{Q_k''} \right] \frac{Q_k''}{N_{x.m}} \quad (2)$$

Для того, чтобы (2) приняло разрешимый вид необходимо установить связь между холодопроизводительностью (Q_k) и энергозатратами ($N_{x.m}$), которая в общем случае многофункциональна и определяет зависимость холодопроизводительности СКВ от всех её элементов, расхода теплоты, холода и электроэнергии, и, в конечном счете, капитальные и эксплуатационные затраты.

В работах Вахвахова Г.Г., Гримитлина М.П. и Позина Г.М. такая связь устанавливается через рабочую разность температур: $\Delta t_p = (t_a - t_{np})$. И окончательно получаем (2) в виде:

$$\frac{N_{a+k}}{N_{x.m}} \leq 1 + \left[1 - \frac{Q_a + Q_k'}{Q_k''} \right] \cdot \frac{2,57 \cdot \lambda_u \cdot \lambda_m}{\Delta t_p^{0,37}} \quad (3)$$

- Результаты расчетов, приведенные на Рис.2. иллюстрируют, что:
- с энергетической точки зрения применение доводчиков целесообразно, когда холодопроизводительность схемы с частичной рециркуляцией больше или равна холодопроизводительности приточной СКВ; при этом экономится до 50% энергозатрат;
 - влияние рабочей разности температур в диапазоне (7-13)K на экономию электроэнергии незначительно;
 - при работе доводчиков в схеме СКВ в режиме "вентиляционного агрегата", дополнительные энергозатраты возрастают до 30%;
 - потери энергии при транспорте холода могут увеличивать энергозатраты до 20%.

$$\frac{N_{a+k}}{N_{скв}}$$

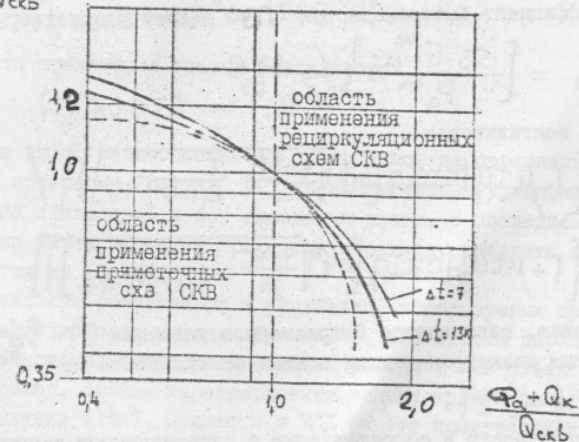


Рис.2. область применения доводчиков в СКВ.

Вентилятор является одним из главных узлов в оборудовании СКВ, доводчиков и БОВ. Он, по-существу, предопределяет основные эксплуатационные затраты, полностью обуславливает виброакустические характеристики, а также в большей степени технический ресурс и надежность СКВ. В связи с этим при разработке методов оптимального проектирования вентиляторов наиболее актуальными являются следующие целевые функции:

- увеличение КПД и снижение энергопотребления;
- уменьшение размеров, массы и металлоемкости;
- расширение диапазона экономической работы вентиляторов;
- создание новых компоновочных схем.

В диссертации разработаны прикладные программы оптимального расчета радиальных (VENT) и осевых (VENT-O) вентиляторов. В качестве целевой функции принято максимальное значение КПД, аналитические зависимости для которых получены на основе решений Иранова О.П., Мамченко. В.О. с учетом реальных значений конструктивных параметров лопаток вентиляторов:

- для радиальных вентиляторов

$$\zeta_{p, \text{cp}} = 1 - \frac{\zeta}{2} \cdot \frac{0,5}{(60/n_y)^2 - 0,5} \quad (4)$$

при этом коэффициент быстроходности (n_y) должен удовлетворять условию:

$$n_y = \left[\frac{53 \cdot G \cdot \omega^{1/2}}{P_q^{3/4}} \right] \leq 84,9 \quad (5)$$

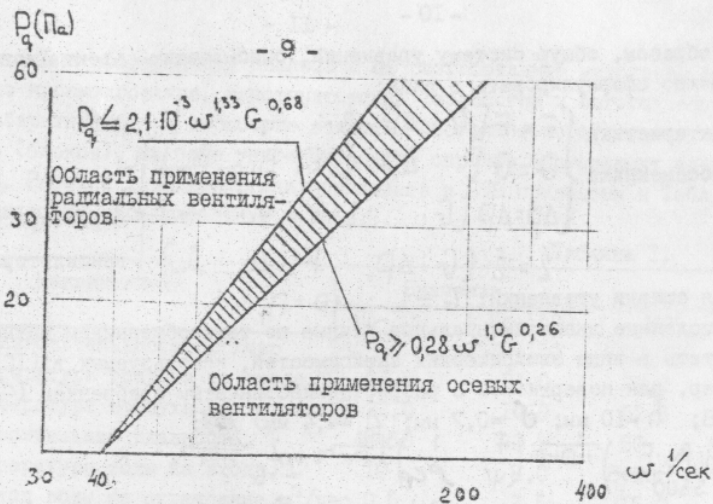
- для осевых вентиляторов

$$\zeta_{po} = \frac{\left[1 - \mu \operatorname{tg} \left(\arctg \left[4\psi \sqrt{\frac{1+\nu^2}{2} \cdot \frac{1}{2(1+\nu^2)} - \psi_T} \right] \right) \right]}{\left[1 + \mu \operatorname{tg} \left(\arctg \left[4\psi \sqrt{\frac{1+\nu^2}{2} \cdot \frac{1}{2(1+\nu^2)} - \psi_T} \right] \right) \right]} \quad (6)$$

при этом условие, связывающее безразмерное давление [$\psi = P/(G\omega^2/2)$] с относительным диаметром втулки осевых вентиляторов ($\nu = \frac{D_{\text{втулки}}}{D_{\text{вентилятора}}}$):

$$\psi < 2(1+\nu^2) \quad (7)$$

Численные эксперименты и сопоставление с литературными данными позволили определить область целесообразного применения типа вентилятора (Рис.3.):



1. область применения радиальных вентиляторов

$$P_q \leq 2,1 \cdot 10^{-3} \omega^{1,33} G^{0,68} \quad (8)$$

2. область применения осевых вентиляторов

$$P_q \geq 0,28 \omega^{1,0} G^{0,26} \quad (9)$$

Расчеты и выбор теплообменников проводились на персональном компьютере по программе "Эврика" (17 трансцендентных уравнений) в режимах сухого охлаждения и при выпадении влаги. В последнем случае, вследствие интенсификации процессов переноса, габариты аппарата уменьшаются на 10-15%.

Из анализа результатов и уравнений, используемых при проектировании вентиляторов и теплообменников, составлена упрощенная система основных уравнений, описывающих доводчик как объект.

Например, полная характеристика вентилятора выражает зависимость давления (P_q), мощности и КПД от его производительности (G). Посредством этих зависимостей в практике подбирается для заданной сети номер вентилятора, который в рассматриваемых условиях работает с максимальным КПД. Аналогично теплообменник подбирается по расходу воздуха (G) (среда с менее интенсивными процессами переноса), потерям давления (ΔP) и поверхности теплообменника (F).

Таким образом, общую систему уравнений, описывающих объект "доводчик" можно сформулировать в виде:

$$\left. \begin{aligned} \text{характеристики} & \left\{ \begin{aligned} F &= F[G; \Delta P; \zeta; A_1, \dots, A_n] \\ G &= G[\Delta P; \zeta; F; B_1, \dots, B_m] = L \\ \Delta P &= \Delta P[G; \zeta; F; C_1, \dots, C_k] = P \end{aligned} \right. & \text{характеристики} \\ & \left. \zeta = \zeta[G; \Delta P; F; D_1, \dots, D_n] \right\} \text{ вентилятора} \end{aligned} \right. \quad (10)$$

Условия сшивки уравнений: $G = L$; $\Delta P = P_q$

Многочисленные экспериментальные данные по теплообменникам можно обработать в виде эмпирических зависимостей, используемых в (10).

Например, для поверхности с ребристо-пластинчатым оребрением ($d_n/d_{вн} = 22/18$; $h = 10$ мм; $\delta = 0,7$ мм; $\Delta = 4,4$ мм) $1/3$:

$$G = \frac{(A_i \beta_p F)^{1/m_i - n_i}}{3600} \left(\frac{f}{\psi} \cdot \frac{1}{\rho c_p} \right)^{1/n_i - m_i} \Delta t_b^{1/n_i - m_i} \times \Delta t_{ср.л}^{1/m_i - n_i} \cdot \Delta I^{n_i - m_i} \cdot \bar{T}_0^{1/m_i - n_i} \quad (11)$$

$$F_{TP} = (G)^{1/m_i - n_i} \cdot \left(\frac{\beta_2 \cdot A_i}{3600} \right)^{1/n_i} (0,001 \delta)^{-n_i} \Delta I^{1-n_i} \Delta t_b^{1/n_i} \Delta t_{ср.л}^{-1} \bar{T}_0^{-1/n_i} \cdot P_i \quad (12)$$

$$\Delta P = F_{TP} \cdot M \cdot (G)^R \quad (13)$$

ζ - определяется по уравнениям (4) или (6).

Значения коэффициентов в уравнениях (11)-(13) приведены в Табл.1. и Табл.2.

Таблица 1.

№	Режим	6 рядов		8 рядов	
		M	R	M	R
1.	Сухое охлаждение	0,15	2,02	0,32	1,73
2.	Охлаждение с выпадением влаги	0,25	1,82	0,91	1,37

Таблица 2.

№	Режим	4 ряда				8 рядов			
		Ai	ni	mi	Pi	Ai	ni	mi	Pi
1.	Сухое охлаждение	8,38	0,18	0,44	-	8,4	0,13	0,57	-
2.	Охлаждение и осушение воздуха без орошения	9,5	0,2	0,56	0,25	10,8	0,21	0,54	0,29
3.	Охлаждение и осушение воздуха при орошении	22,4	0,12	0,51	0,55	12,2	0,2	0,61	0,38

Примечание: уравнения (11), (12), (13) справедливы при $\omega = 0,4+1,15$ м/с; $\bar{T}_0 = 0,3+0,6$.

На основании проведенного анализа и по разработанным методикам выполнено проектирование, конструкторская разработка и изготовлены малогабаритные блоки обработки воздуха, состоящие из отдельных секций (блоков), на базе унифицированных серийно выпускаемых элементов. Рабочие характеристики доводчиков и БОВ приведены в Табл.3, а технические характеристики в Табл.5.

Таблица 3.

№	Наименование	Значение		
		По-300	По-1500	БОВ
1.	Производительность, м ³ /час	540±50	1500±150	3000±500
2.	Температура воздуха на входе, °С	24,5	24,0	26,0
3.	Температура воздуха на выходе, °С	22,0	17,0	22,3
4.	Относительная влажность, %	45±60	60	50
5.	Температура воды на входе, °С	10	8,0	8±10
6.	Расход воды на охлаждение, м ³ /час	0,5	2,5	15,0

Потолочный доводчик По-300 представляет собой скomпoнoванные в одном блоке серийный теплообменник ВЛ-7,9-3 (ОСТ 4ГО 299.202), диффузор с вентилятором ВН-2 в количестве 4 шт., и распределителем воздуха, который выполняет и функцию поддона для сбора конденсата. Напольный доводчик По-1500 представляет собой скomпoнoванные в одном блоке серийный теплообменник производства НПО "Одессхолодмаш", диффузор с осевым вентилятором и поддоном для сбора конденсата.

БОВ состоит из двух секций, собранных на облегченной раме, изготовленной из трубчатых профилей квадратного сечения: 1 секция - вентиляторная; 2 секция - тепловлажностной обработки воздуха. В состав первой секции входят: распределительная решетка для забора воздуха; механический воздушный фильтр; шумоглушитель; радиальный вентилятор марки ВЦ-14-4,6-4. В состав второй секции входят: направляющий аппарат; увлажнитель, выполненный в виде труб с соглами и зигзагнатянутой сетки из нержавеющей стали; три калорифера КСк-4-10-12; каплеуловитель; шумоглушитель; обводной канал; водоподогреватель; поддон для сбора воды и насос. Фильтры и шумоглушители собраны в отдельных корпусах.

В БОВ разработаны схема контроля и измерений, позволяющая автоматически регулировать температуру и влажность воздуха на выходе путем изменения расхода воздуха, часть которого байпасируется через обводной канал, в котором установлена заслонка с электроприводом.

Аэродинамические и теплотехнические испытания проводились методом стационарного теплового режима в камере 18 м³ (3x2x3 м) на испытательной станции НПО "Одессхолдмаш" согласно требований ОСТ 26-03-2019-81.

Во время испытаний (16 часов один режим) значения относительных погрешностей при измерении расходов воздуха, расходов воды, перепада давлений воздуха и линейные измерения не превышали 0,5+1,5%. Абсолютная погрешность при измерении температуры хромель-алюминиевыми термопарами $\pm(0,1...0,25)^{\circ}\text{C}$.

Шум и вибрация относятся к факторам, оказывающим вредное влияние на человека и окружающую среду. Поэтому для доводчиков, которые в СКВ обеспечивают комфортные условия, акустические характеристики являются одними из основных. Виброакустические испытания доводчиков проводились на специальном стенде НПО "Одессхолдмаш". На Рис.4 приведено сопоставление результатов измерений уровней звукового давления (дБ), в октавных полосах, доводчиков По-300, По-1500 и БОВ с допустимыми уровнями звукового давления для классов и аудиторий и данными Гржиловского. В целом полученные результаты подтвердили, что спроектированные и изготовленные конструкции удовлетворяют предъявляемым требованиям по уровню шума.

Вторым источником шума (первым являются нестационарные процессы при обтекании воздухом: вихри, отрывные течения, периодические пульсации скоростей и давлений и т.д.) являются механические причины: дисбалансировка колеса вентилятора, несоосность сочленения валов, износ деталей и т.д. Физические основы вибрации близки к физическим основам звука. Сама конструкция доводчика может порождать вибрацию. На Рис.5. представлены результаты измерений уровней вертикальных составляющих виброскорости от среднегеометрических частот (Гц), которые не превышают нормативные показатели, что подтверждает правильность выбора конструктивных решений.

Интенсивность процессов теплопереноса в доводчиках и БОВ имеет наряду с вентилятором определяющее влияние на весо-габаритные характеристики конструкции в целом.

В.В.Захаров с соотрудниками выполнили большой цикл работ по исследованию теплообмена и аэродинамики ребристо-пластинчатых поверхностей. Обобщено, что наиболее рационально применение в СКВ тонких ребер из высокотеплопроводных материалов (медь, алюминий), что обеспечивает экономию металла и уменьшает массу аппарата. В диссертационной работе испытывались биметаллические ребристо-

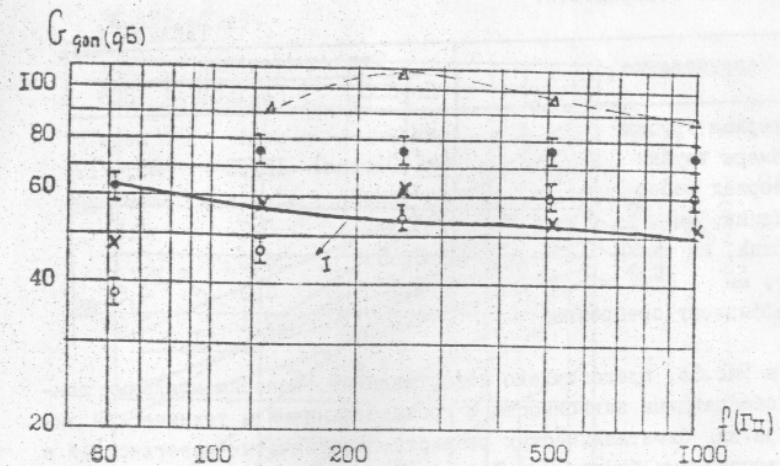


Рис.4. Сопоставление результатов измерений уровней звукового давления

○ : По-300
 □ : По-1500
 × : БОВ
 I : данные "Гржиловский"

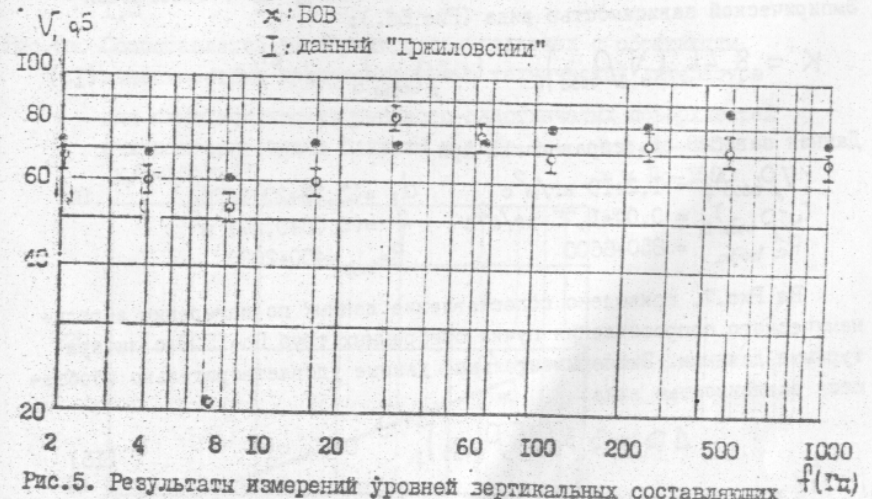


Рис.5. Результаты измерений уровней вертикальных составляющих виброскорости в зависимости от среднегеометрических частот:

○ : По-300
 □ : По-1500

пластинчатые поверхности.

Таблица 4

№	Наименование	Тип конструкции		
		По-300	По-1500	ЕОВ
1.	Материал трубки	медь	медь	медь
2.	Размеры трубки	6x100(овал)	15/13	25,4/19
3.	Материал ребер	алюминий	алюминий	алюминий
4.	Толщина, мм	0,3	0,3	0,3
5.	Ширина, мм	3,65	38,0	507
6.	Шаг, мм	4,6	3,0	4,6
7.	Коэффициент оребрения	4,0	17,4	3,84

На Рис.6а. представлено сопоставление экспериментальных данных с обобщающими зависимостями представленными в технической литературе для биметаллических ребристо-пластинчатых поверхностей с характеристиками близкими к Табл.4. Наличие разброса и расхождений подтверждает известный факт влияния вида поверхности на интенсивность теплопередачи. Вместе с тем, полученные результаты удовлетворительно (со средней квадратичной ошибкой 18%) обобщаются эмпирической зависимостью вида (Рис.6б.):

$$K' = 8,44 \cdot (V \cdot \rho_{\text{возд}})_f^{0,375} \cdot (\omega \rho_{\text{воды}})_d^{-0,15} ; \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{ К} \quad (14)$$

Данная зависимость справедлива при

$$\begin{aligned} (V \rho_{\text{возд}})_f &= 1,2+10 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ с} & d_3 &= (2,25+27) 10^{-3} \text{ м} \\ (\omega \rho_{\text{воды}})_d &= 0,04+1,78 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ с} & f &= (0,05+0,27) \text{ м}^2 \\ Re_{\text{возд}} &= 850+6600 & Re_{\text{воды}} &= 400+2000 \end{aligned}$$

На Рис.7. приведено сопоставление данных по измерению аэродинамического сопротивления пучка оребренных труб По-1500 с литературными данными. Экспериментальные данные удовлетворительно обобщаются зависимостью вида:

$$\Delta p = 3,5 (V \cdot \rho_{\text{возд}})_f^{1,63} \quad (15)$$

В Табл.5. представлено сопоставление технических характеристик доводчиков и ЕОВ с известными серийно-выпускаемыми конструкциями. При сравнительно одинаковой производительности по воздуху

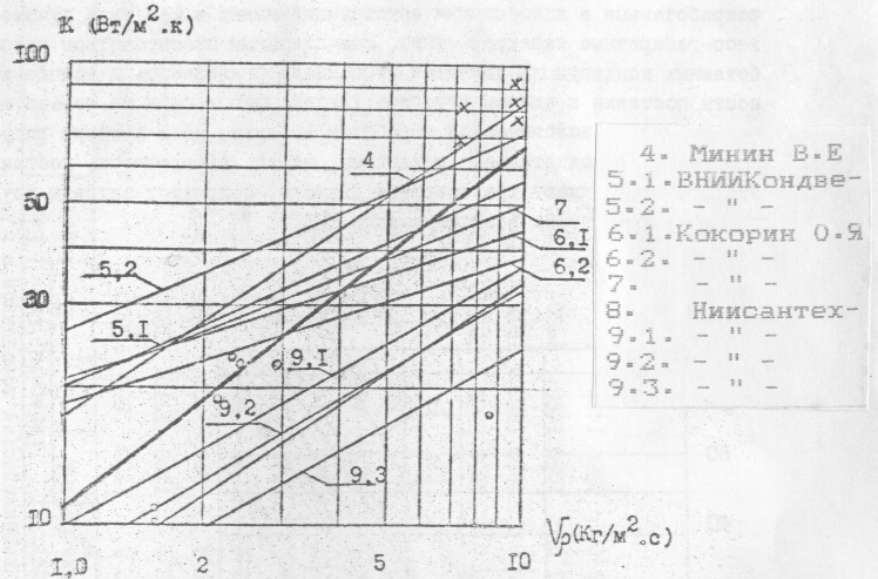


Рис.6а. Сопоставление экспериментальных данных с обобщающими зависимостями представленным в технической литературе для биметаллических ребристо-пластинчатых поверхностей с характеристиками близким к табл.4.
 o : По-300
 x : По-1500

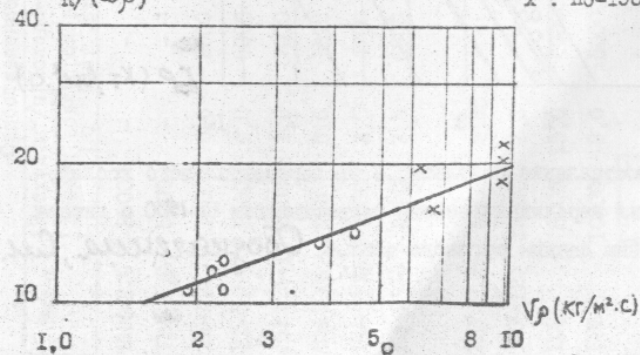


Рис. 6б. Обобщение экспериментальных данных по теплопередаче

o : По - 300
 x : По - 1500

разработанные в диссертации конструкции имеют в 2-3 раза лучшие весо-габаритные характеристики. Значительным преимуществом разработанных конструкций является их полная оснащенность и комплектность поставки в едином агрегате, включающем в себя не только аппараты для технологической обработки воздуха, но и приборы регулирования, исполнительные механизмы, насос. Агрегатность поставки значительно снижает транспортные расходы, сокращает затраты труда при монтаже и пуске в эксплуатацию СКВ.

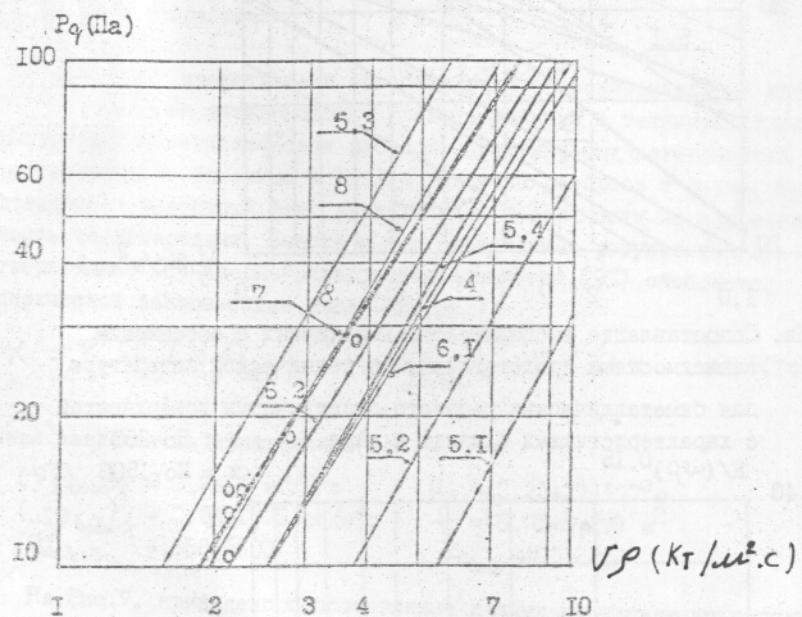


Рис. 7. Сопоставление результатов экспериментального исследования аэродинамического сопротивления По-1500 с литературными данными согласно табл. 4. Обозначения, см. рис 6^а

Таблица 5

Сопоставление технических характеристик доводчиков и БОВ

№	Вид	Марка	Расход, м ³ /ч		Холодо-произво- дит., Вт	Мощность эл. двига- теля, кВт	Поверх- ность, м ²	Габариты, мм			Вес, кг	Источник
			воздух	вода				А	В	Н		
1.	Д О В О Д Ч И К И	КНМ-2,5	2500	-	-	1,82	32,5	1150	950	3870	-	з-д "Кондиционер"
2.		КНМ-5,0	5000	-	-	2,95	65,1	1150	1710	3870	-	" " "
3.		ВА-1,0	1000	0,6	2500	0,18	8,4	800	800	350	145	Нестеренко А.В.
4.		ВА-2,5	1600	0,8	6000	0,6	33,8	1220	950	440	185	" " "
5.		КТН1,6-10	1600	1,0	7000	0,38	-	1100	930	510	170	ВНИИКондвентмаш
6.		По-300	560	0,5	1610	0,06	7,9	385	290	525	17,1	Автор
7.		По-1500	1500	2,5	4700	0,47	28,5	625	565	852	79,1	Автор
8.		По-1500	2500	2,5	5900	0,47	28,5	625	565	852	79,1	Автор
1.	Блок обработки воздуха	КНУ-7,5	7500	2,75	-	7,2	68,0	2350	2850	2850	1270	з-д "Кондиционер"
2.		КНУ-12	12000	1,3	-	14,5	137,0	2850	1853	1815	1900	" " "
3.		БОВ	8000	15,0	40000	4,22	56,0	1850	1485	1650	1520	Автор
4.		БОВ	10000	3,0	50000	4,22	56,0	1850	1485	1650	1520	Автор

ИНСТИТУТ
ОИ
6161

XV

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Анализ многочисленных литературных данных по СКВ, в рамках приведенной классификации, показал, что перспективы развития систем вследствие резкого повышения цен на энергоносители, возможны путем создания и совершенствования центральных распределительных систем, то есть СКВ с доводчиками и блоками обработки воздуха.

2. Проведенный формальный анализ с использованием аппарата классифицирования (теория сложных систем) позволил установить, что при мере сходства более 80% проектирования СКВ с использованием в качестве целевой функции оптимизацию термодинамических параметров воздуха или аэродинамики, или - подбор серийно выпускаемого оборудования, приводит к практически одинаковым результатам.

3. С энергетической точки зрения применение доводчиков целесообразно, когда холодопроизводительность схемы с рециркуляцией больше, чем холодопроизводительность прямой СКВ; при этом экономится до 50% энергозатрат.

Влияние рабочей разности температур в диапазоне (7+13)К на снижение энергозатрат незначительно.

4. Разработаны и реализованы на РС 386/387-DS методы оптимального проектирования радиальных и осевых вентиляторов (по условию максимального КПД), при этом установлено:

- выбор типа вентилятора определяется не только конструктивными особенностями доводчика и БОВ, но и соответствием между значениями частоты вращения и напором вентилятора;
- КПД радиального вентилятора уменьшается с ростом числа оборотов и имеет автомодельную область при $G \geq 5000 \text{ м}^3/\text{час}$;
- существует две области рекомендуемого применения вентиляторов:

1. радиальных при $P_g \geq 2,1 \cdot 10^{-3} \cdot \omega^{1,75} \cdot G^{0,75}$
2. осевых при $P_g \leq 0,28 \cdot \omega^{1,0} \cdot G^{0,25}$

5. Разработаны и реализованы на РС 386/387-DS методы оптимального проектирования и подбора серийных теплообменников по условиям минимальных габаритных характеристик. При прочих равных условиях конструктивные параметры доводчиков и БОВ, работающих в режиме вытеснения влаги, на 10-15% меньше, чем в аппаратах, работающих в сухом режиме.

6. Разработан и реализован на РС 386/387-DS метод оптимального расчета тепло-вентиляционного агрегата по четырем основным параметрам: поверхность теплообмена, массовая скорость (производительность), потери давления (напор) и КПД вентилятора.

Определена область значений производительности и числа оборотов вентилятора, в которой существуют ВТА с оптимальными значе-

ниями. Установлено влияние термодинамических параметров охлаждаемой (воздух) и охлаждающей (хладагент) сред на расходные характеристики вентилятора в ВТА.

7. Разработана методика экспериментального исследования, изготовленных полупромышленных образцов доводчиков По-300, По-1500 и БОВ, с относительной погрешностью по измеряемым величинам $\pm 0,5 - \pm 1,5\%$.

8. Измерение уровней звукового давления в октавных полосах, в зависимости от среднегеометрической частоты доводчиков По-300 и По-1500 показало удовлетворительное согласование с допустимыми уровнями звукового давления для нормативов по классам и аудиториям (Рис.4).

Уровни вертикальных составляющих виброскорости в октавных полосах в зависимости от среднегеометрических частот, не превышают общепринятых ограничений на механические источники шума (Рис.5).

8. Результаты теплотехнических испытаний доводчиков и БОВ, обобщаются со средней квадратичной погрешностью 18%, одной эмпирической зависимостью (14) для трех видов биметаллических ребристо-пластинчатых поверхностей, что объясняется сравнительно узким диапазоном изменения гидро-аэродинамических характеристик и сопоставимыми конструктивными параметрами поверхностей.

9. Результаты измерений аэродинамического сопротивления многорядных пучков с ребристо-пластинчатым биметаллическим ребрением удовлетворительно обобщаются эмпирической зависимостью (15)

10. Испытания спроектированных по разработанным методам и изготовленных опытных доводчиков По-300 и По-1500, и БОВ показали, что

- БОВ по сравнению с серийным КНУ-12 имеют холодопроизводительность в 3,4 раза больше, поверхность в 2,5 раза меньше, габариты в 2 раза меньше, а вес в 1,25 раза меньше.
- По-1500 по сравнению с ВА-2,5 имеет на 30% большую производительность, на 20% меньшую поверхность, в 2 раза меньшие габариты и в 2,3 раза меньший вес.
- По-1500 по сравнению с КН-1,6-1,0 имеет на 20% большую производительность, в 1,7 раза - меньшие габариты и в 2,2 раза меньший вес.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Савченков Г.А., Ахмад Ясин. Рациональное проектирование вентиляторных кондиционеров-доводчиков (вкл) и блок обработки воздуха // тез. докл. 59-ой научно-технической конференции профессорско-

преподавательского состава. СМНТЗ, г. Одесса, 1992.

2- Савченко Г.А., Ахмад Ясин. Опыт эксплуатации и пути совершенствования теплообменного оборудования" // тез. докл. VII Научно-практическая конференция, 3-6 октября 1992г., г. Севастополь.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И ИНДЕКСЫ

G - расход, м/с	P - давление, Па
I - энтальпия, Дж/кгК	F - поверхность, м ²
ρ - плотность, кг/м ³	K - коэффициент тепло-
N - эл. мощность, кВт	передачи, Вт/м ² К
t - температура, К	v_w - скорость, м/с
ζ - КПД	Re - число Рейнольдса

Анотація

Ахмад Ясин Халіль. Розробка методів проектування доводчиків та БОР для удосконалення систем кондиціювання повітря. Дисертація на здобуття вченої ступені кандидата технічних наук по спеціальностям: 05.04.03 - машини і апарати холодної техніки та систем кондиціювання, 05.14.05 - теоретичні основи теплотехніки. Одеська державна академія холоду. Одеса, 1995. У роботі досліджуються проблеми удосконалення СКІ на основі використання доводчиків та блоків обробки повітря (БОП). За наслідками експериментальних та чисельних досліджень визначені умови існування області оптимальних значень характеристик елементів, належних до складу доводчиків і БОП. Розроблені методи оптимального проектування доводчиків та БОП дозволили спроектувати та виготовити об'єктно-промислові зразки, які при однаковій холодопродуктивності мають у 2 - 3 рази менші ваго-габаритні характеристики в порівнянні з серійними апаратами.

Achmad Yasin Khalil. SUMMARY

The development of methods of designing aggregates (dovodchiks) and blocks of air processing for improving air-conditioning systems. Dissertation for the scientific degree of a Candidate of Science in specialities : 05.04.03 - machines and apparatus of refrigerating engineering and air-conditioning systems. 05-14.05 - fundamentals of heat-power engineering. The Odessa State Academy of Refrigeration. Odessa, 1995. The paper presents the investigation of the problems of improving SAC on the basis of the development of dovodchiks and blocks of air processing (BAP). The results of experimental and numerical investigations were used to define conditions of the existence of the range of optimal values for characteristics of elements composing dovodchiks and BAP. Methods of optimal designing dovodchiks and BAP have been developed which allowed the design and manufacture of experimental specimens which have 2-3 times less weight and size characteristics as compared to batch apparatus, the refrigerating capacity being the same.