Библиотека СОК

Гидравлические сопротивления, так же как и аэродинамические, не должны отличаться более чем на ±15% (допустимая по ГОСТу точность таких испытаний).

Если полученные уравнения отличаются от справочных, то производятся сравнения значений, получаемых по каждому из рассматриваемых уравнений. Сравнение фактического коэффициента теплопередачи $k_э$ со справочным k можно произвести следующим образом. Находят уравнение для определения отношения $k_э/k$. Для этого определяют отношения правых и левых частей (полученного при испытании $k_э = a_э(v\rho)^{m_э} w^{n_э}$ и справочного $k = a(v\rho)^m w^n$ эмпирических уравнений):

$$\frac{k_э}{k} = \frac{a_э}{a} (v\rho)^{m_э - m} w^{n_э - n}. \qquad (130)$$

Используя полученное уравнение (130), строят график функции $(k_э/k) = f(v\rho, w)$ или находят $k_э/k$ при каких-то определенных значениях $v\rho$ и w. Значения $k_э/k$ обычно не постоянны при различных значениях $v\rho$ и w. Поэтому построенный по уравнению (130) график позволяет выявить изменения этого отношения во всей области исследования воздухонагревателей.

График функции $(k_э/k) = f(v\rho, w)$ строят на логарифмической сетке: на оси абсцисс откладывают значения $v\rho$, а на оси ординат — w. Диапазон значений $v\rho$ и w должен соответствовать диапазону их изменения при испытании воздухонагревателей. Определяют наименьшее и наибольшее (из возможных для рассматриваемой области изменений $v\rho$ и w) значения $k_э/k$ и в соответствии с полученными значениями выбирают желательные с точки зрения точности расчетов интервалы между отдельными линиями $(k_э/k) = \text{const}$, которые затем наносят на график.

При использовании графиков приходится определять значения между линиями постоянных значений $k_э/k = \text{const}$, нанесенных на логарифмическую сетку, для чего производят линейную интерполяцию на глаз. Точность определения значения с помощью графика зависит от его масштаба и частоты нанесенных на графике линий (графиков функции). Чем чаще нанесены линии, тем точнее можно выполнить интерполяцию.

Для того чтобы нанести на график конкретную линию $k_э/k = \text{const}$, необходимо задаться ее конкретным значением, лучше всего средним между наименьшим и

наибольшим. Затем задаются конкретным значением $v\rho$, подставляют в уравнение (130) принятые значения $v\rho$ и $k_э/k$, после чего вычисляют соответствующее им значение w. Через отметки $v\rho$ и w на осях логарифмической сетки проводят соответственно вертикальную и горизонтальную линии. Через полученную точку пересечения будет проходить линия $k_э/k$ с заданным нами значением. Также определяют вторую точку на логарифмической сетке при другом принятом значении $v\rho$.

Проведенная через две построенные на сетке точки линия будет являться графиком функции $k_э/k = f(v\rho, w)$ при принятом значении $k_э/k = \text{const}$. Аналогично строятся линии $k_э/k = \text{const}$ и при других численных значениях этого отношения. На рис. 34 представлен график зависимости $k_э/k = f(v\rho, w)$, с помощью которого легко установить, при каких значениях $v\rho$ и w и на сколько отличаются опытные и справочные значения коэффициентов теплопередачи.

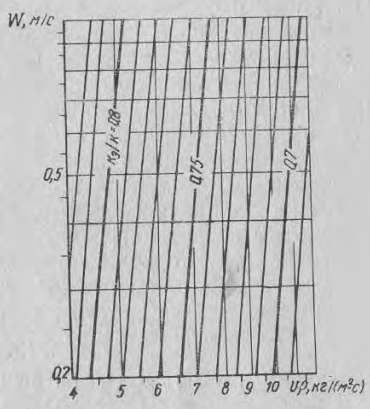


Рис. 34. График функции $(k_э/k) = f(v\rho, w)$ для поверхностного теплообменника

Аналогично производят сравнение опытных и справочных значений аэродинамических и гидравлических сопротивлений. При этом каждое из отношений $\Delta p_э/\Delta p$ и $\Delta H_э/\Delta H$ является функцией одной независимой переменной, что упрощает построение их графиков.

Полученные при сравнении данные позволяют оценить справочные и фактические характеристики установленных воздухонагревателей, а также сделать вывод о соответствии или несоответствии смонтированных воздухонагревателей проекту (при монтажной наладке) или об изменении теплотехнических, аэродинамических и гидравлических характеристик (при эксплуатационной наладке). На основании этих выводов принимают реше-

ния о необходимости проведения соответствующих мероприятий.

Сравнения опытных и справочных значений k, Δp и ΔH необходимы, но недостаточны для того, чтобы сделать окончательный вывод об обеспечении воздухонагревательной установкой температур воздуха в соответствии с проектом. Такие сравнения не выявляют возможных недочетов проектирования (применяемых при проектировании методик расчета, допущенных при вычислениях ошибок). Эти недочеты можно выявить, сопоставляя расчетный и фактический теплообмен между теплоносителем и воздухом, происходящий в воздухонагревательной установке.

При испытании обычно трудно обеспечить принятые при проектировании температуры, а также расходы воздуха и воды. Если испытания воздухонагревательной установки производятся при температурах воздуха $(t_н)_э$ и воды $(t_1)_э$ на входе в теплообменник, а расходы теплообменивающихся сред имеют значения $(G_в)_э$ и $(G_w)_э$ и при этом воздух нагревается до $(t_к)_э$, а вода охлаждается до $(t_2)_э$, то количество переданного тепла можно вычислить по уравнениям (45) и (74):

$$(Q_в)_э = c_p\,(G_в)_э\,[(t_к)_э - (t_н)_э];$$

$$(Q_w)_э = (c_w G_w)_э\,[(t_1)_э - (t_2)_э].$$

Значения $(Q_в)_э$ и $(Q_w)_э$, вычисленные по параметрам воздуха и воды, не должны различаться больше чем на $\pm 10\%$.

Если измерения температур и расходов воздуха и воды одинаково достоверны, то за опытное значение $Q_э$ можно принять среднее значение, вычисленное по воздуху и воде:

$$Q_э = \frac{(Q_в)_э + (Q_w)_э}{2}. \qquad (131)$$

Значение $Q_э$ также определяют расчетом, используя полученный при испытании коэффициент теплопередачи $k_э$. Согласно уравнению (1),

$$Q_э = \varepsilon_э\,(W_{мин})_э\,(\Delta t_н)_э,$$

где $\varepsilon_э$ — к. п. д. воздухонагревательной установки; $(W_{мин})_э = c_p(G_в)_э$ — наименьший водяной эквивалент теплообменивающихся сред, если $(W_в)_э < (W_w)_э$, при $(W_в)_э > (W_w)_э$ $(W_{мин})_э = (c_w G_w)_э$; $(\Delta t_н)_э$ — разность теплообменивающихся сред на входе в воздухонагревательную установку.

К. п. д. воздухонагревательной установки определяют в соответствии со схемой движения теплообменивающихся сред (см. рис. 16—19). При этом $(NTU)_э$ определяют по уравнению (3):

$$(NTU)_э = \frac{k_э F}{(W_{мин})_э},$$

$(W_{мин}/W_{макс})_э$ вычисляют по одному из следующих выражений:

$$\left(\frac{W_{мин}}{W_{макс}}\right)_э = \frac{c_p\,(G_в)_э}{(c_w G_w)_э}, \text{ если } c_p\,(G_в)_э < (c_w G_w)_э;$$

$$\left(\frac{W_{мин}}{W_{макс}}\right)_э = \frac{(c_w G_w)_э}{c_p\,(G_в)_э}, \text{ если } c_p\,(G_в)_э > (c_w G_w)_э.$$

Сопоставляют полученное значение $Q_э$ со значением $Q_э$, вычисленным по формуле (131). Эти значения не должны существенно отличаться, если правильно выбраны уравнения для определения к. п. д. установки ε и средней разности температур $\Delta\bar{t}$, к которой отнесены k.

По формуле (1) находят тепловой поток $(Q_э)_р$, который был бы в испытываемой ВУ при принятых в проекте расчетных условиях:

$$(Q_э)_р = (\varepsilon_э)_р\,(W_{мин})_р\,(\Delta t_н)_р.$$

Если расходы теплообменивающихся сред при испытании не отличались от принятых при проектировании, то $(Q_э)_р$ можно вычислять по формуле

$$(Q_э)_р = \frac{(t_1 - t_н)_р}{(t_1 - t_н)_э}\,Q_э = \frac{(\Delta t_н)_р}{(\Delta t_н)_э}\,Q_э. \qquad (132)$$

Полученное в ходе расчета значение $(Q_э)_р$ сопоставляется с расчетным значением Q, полученным при проектировании.

Эти значения не должны существенно отличаться, если не отличались существенно коэффициенты теплопередачи $k_э$ и k.

Если же $(Q_э)_р$ и Q отличаются более чем на $\pm 10\%$, то следует искать недочеты расчетов при проектировании.

Пересчетом по следующей формуле можно получить также температуру воздуха после теплообменной установки $(t_к)_{э.р}$, которая была бы в испытываемой установке при расчетных условиях:

$$(t_к)_{э.р} = (t_н)_э + \frac{(\Delta t_н)_р}{(\Delta t_н)_э}\,\frac{Q_э}{c_p\,(G_в)_э}. \qquad (133)$$

Значение $(t_к)_{э.р}$ должно быть близко значению $t_к$, полученному при проектировании.

При испытании и сопоставлении паровых калориферов вместо температуры воды на входе и выходе из теплообменника используется температура пара, а водяной эквивалент пара принимается равным бесконечности.

Во время испытания паровых воздухонагревателей необходимо добиться, чтобы пар конденсировался во всем аппарате. Если в нижней части воздухонагревателей накапливается конденсат, то практически эта часть теплообменной поверхности отключается от эффективной работы и снижается теплопередача установки. Внешним признаком накопления конденсата в воздухонагревателе является охлаждение конденсационной линии от теплообменника до конденсационного горшка.

Если в конструкции многоходового калорифера в коллекторах имеются внутренние перегородки, недоступные для осмотра, то необходимо убедиться, что вода из одной камеры в другую не перетекает, минуя теплообменные трубки аппарата.

В ходе наладки на основании результатов анализа опытных и проектных данных при необходимости проводят мероприятия по увеличению или уменьшению теплопередачи воздухонагревательной установки, а также по снижению аэродинамического или гидравлического сопротивления.

Увеличение теплопередачи теплообменной установки без ее реконструкции может быть достигнуто при следующих условиях:

увеличении расхода горячей воды (в водяных воздухонагревателях), что равносильно увеличению скоростей воды в трубках теплообменников;

увеличении температуры горячей воды на входе в теплообменник или температуры пара.

Если перечисленные мероприятия не приводят к желаемому результату или они невозможны, то для увеличения теплопередачи воздухонагревательной установки необходима ее реконструкция. При этом увеличение теплопередачи возможно при проведении следующих мероприятий:

изменении менее эффективной схемы движения теплообменивающихся сред на более эффективную (прямоточной или перекрестно-точной на противоточную);

замене менее эффективного теплообменника более

установке дополнительного теплообменника (увеличение поверхности теплообмена);

применении, если это допустимо, частичной рециркуляции воздуха.

Увеличение расхода горячей воды и ее температуры на входе в установку, а также других параметров теплообменивающихся сред удобно определять с помощью диаграмм совмещенных характеристик (см. п. 2 гл. I). Если нет построенной для налаживаемого теплообменника ДСХ, то эти данные определяют по соответствующим формулам.

В тех случаях когда фактическая теплопередача установки превышает проектную, требуемая теплопередача достигается обычно регулировкой. Регулировка вручную или автоматически осуществляется уменьшением расхода горячей воды, снижением температуры теплоносителя на входе в установку, обводом части воздуха мимо воздухонагревателя через обводный клапан или отключением отдельных теплообменников установки.

При выборе способа регулирования теплопроизводительности следует предусматривать мероприятия по предотвращению замерзания теплоносителя.

Снижение аэродинамического и гидравлического сопротивлений воздухонагревательной установки возможно в основном вследствие реконструкции схемы и замены элементов с большим сопротивлением на другие элементы с меньшими сопротивлениями. Если невозможно уменьшить аэродинамические сопротивления установки, то заменяют шкив на больший по диаметру — у электродвигателя или на меньший — у вентилятора. Иногда приходится заменять вентилятор или насос.

3. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Надежность, срок службы и эффективность работы воздухонагревательной установки зависят не только от качества оборудования, проекта, монтажа и монтажной наладки, но и от правильного ее эксплуатационного обслуживания.

В задачи эксплуатационного обслуживания воздухонагревательной установки входят:

включать (пускать) и выключать (останавливать) воздухонагревательные установки;

подготовлять ВУ к зимней эксплуатации;

периодически контролировать параметры теплообменивающихся сред;

осматривать и производить эксплуатационные испытания ВУ;

устранять неисправности и проводить эксплуатационные наладки;

своевременно и качественно ремонтировать ВУ, а также заменять вышедшие из строя детали;

соблюдать правила техники безопасности.

Включение в работу и выключение воздухонагревательных установок, работающих на воде, состоит, во-первых, в определенной последовательности открытия и закрытия запорной арматуры, позволяющей при пуске удалить воздух из системы и пустить через нее горячую воду, а при выключении отключить воздухонагреватели от подающего и обратного трубопровода и спустить воду из теплообменников; во-вторых, в строгой очередности пуска сначала горячей воды, а затем после прогрева воздухонагревателей — вентилятора. При выключении ВУ сначала останавливают вентилятор, а затем отключают воду.

Если ВУ работает на паре, то при ее выключении следует закрыть запорную арматуру на паровом трубопроводе к теплообменникам и открыть обводную линию конденсационного горшка. Включение паровоздушной воздухонагревательной установки производят в обратном порядке. Очередность включения и выключения паропровода и вентилятора такая же, как в ВУ, работающих на воде.

Для каждой воздухонагревательной установки должна быть составлена специальная инструкция по эксплуатации с указанием порядка ее включения и выключения.

Калориферы, обогреваемые водой, полностью выключают и освобождают от теплоносителя только при остановке их на длительный срок. При кратковременных остановках рекомендуется лишь уменьшить подачу теплоносителя.

Подготовка ВУ к зимней эксплуатации состоит из осмотра установки, очистки ее от пыли, промывки (при необходимости) калориферов, трубопроводов теплоносителя, конденсационных горшков и арматуры. Кроме того, проводят мероприятия по предотвращению замерзания теплоносителя в калориферах.

При осмотре ВУ проверяют состояние ее элементов, особенно теплообменников, арматуры, утепленного клапана, установленного на входе наружного воздуха в систему. При открытом, неисправном или плохо закрывающемся клапане холодный наружный воздух проникает в неработающую систему и может заморозить теплоноситель в воздухонагревателе, так как в период непродолжительной остановки ВУ подача теплоносителя к воздухонагревателям сокращается.

В системах, имеющих автоматическое управление, утепленный клапан обычно сблокирован с приточным вентилятором и открывается после включения вентилятора. В системах, не имеющих такой блокировки, утепленный клапан должен открываться вручную после пуска приточного вентилятора.

Все известные способы очистки теплообменных аппаратов можно разделить на механические и химические. Механический способ очистки применяется в основном для очистки внешней поверхности и заключается в удалении слоя отложений скребком, металлической щеткой или ершом, продувке сжатым воздухом, водой или струей сжатого воздуха с водой. Химические способы основаны на взаимодействии химического вещества с загрязняющим слоем. Его применяют для очистки внутренних поверхностей теплообмена, а также наружных поверхностей, покрытых маслом в смеси с пылью и другими загрязнениями.

Химическая очистка не требует разборки аппарата, но при этом необходимо воздухонагреватель демонтировать для того, чтобы удалить растворенный шлам.

Очистка внутренних поверхностей воздухонагревателей СВ и КВ осуществляется промывкой, а наружной поверхности — продувкой сжатым воздухом или струей сжатого воздуха с водой. В работе [37] рекомендуется проводить промывку трубок один раз в два-три года, а продувку — каждый квартал и, кроме того, перед отопительным сезоном. Рекомендации по очистке теплообменников от пыли и их промывке изложены в работах [37, 61].

Эксплуатационным недостатком сварных неразборных теплообменников можно считать невозможность механической очистки и осмотров внутренних поверхностей теплообмена. Поэтому такие теплообменники следует применять для рабочих сред, не дающих труднора-

створимых загрязнений поверхностей теплообмена, когда можно ограничиться промывкой их с применением химических средств.

Существует ряд причин, из-за которых воздухонагреватели, обогреваемые водой и паром, могут замерзнуть. Эти причины подробно рассмотрены в п. 4 гл. I. В процессе эксплуатации необходимо также следить за исправностью работы системы автоматики.

После выключения ВУ следует включать систему автоматической защиты воздухонагревателей от замерзания (при отключенной ВУ подача теплоносителя не должна полностью прекращаться).

Необходимость периодического контроля за параметрами теплообменивающихся сред объясняется изменениями в процессе эксплуатации воздухонагревателей термического сопротивления между водой и воздухом, а также аэродинамического и гидравлического сопротивлений теплообменников.

Вода или пар, вступая в контакт с внутренней поверхностью трубок, может способствовать коррозии металла, а также отложению солей на ее поверхности. Коррозия металла сокращает срок службы теплообменника, а отложения солей образуют дополнительное термическое сопротивление $R_с$, значение которого прямо пропорционально толщине слоя солей $\delta_с$ и обратно пропорционально коэффициенту теплопроводности слоя $\lambda_с$.

$$R_с = \delta_с/\lambda_с.$$

Из анализа рис. 35, построенного по уравнению

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_н} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}}}, \qquad (134)$$

видно, что коэффициент теплопередачи k зависит в основном от значения наибольшего термического сопротивления $[1/\alpha_н, \Sigma(\delta_i/\lambda_i)$ или $1/\alpha_{вн}]$. Коэффициент теплопередачи снижается с увеличением толщины слоев отложений δ_i на ней, т. е. при увеличении суммарного термического сопротивления стенки трубки, а также внутренних и наружных отложений.

Если своевременно не очищать поверхность теплообмена от загрязнений, то тепловая производительность аппарата уменьшится и технологический режим нарушится. Восстановить режим без чистки можно путем увеличения или расхода горячей воды (т. е. увеличения

$\alpha_{вн}$), или температурного напора теплообменивающихся сред. Однако это всегда экономически невыгодно, а часто практически невозможно.

Обычно воздухонагреватели, входящие в системы кондиционирования воздуха, имеют автоматическое управление в сочетании с ручным или дистанционным. Отдельные калориферные установки могут включаться в системы вентиляции без обеспечения автоматическим управлением. В этом случае их работа регулируется вручную.

Воздухонагревательные установки для СВ и КВ подбирают для определенных расчетных условий, в соответствии с которыми назначают количество воздуха, проходящего через установку, и его температуру, а также расход и температуру теплоносителя. Эти условия определяют расчетную теплопроизводительность установок. При эксплуатации необходимая теплопроизводительность воздухонагревательной установки в связи с изменением температуры забираемого наружного воздуха должна меняться. В противном случае не будет обеспечено нагревание воздуха до нужной температуры.

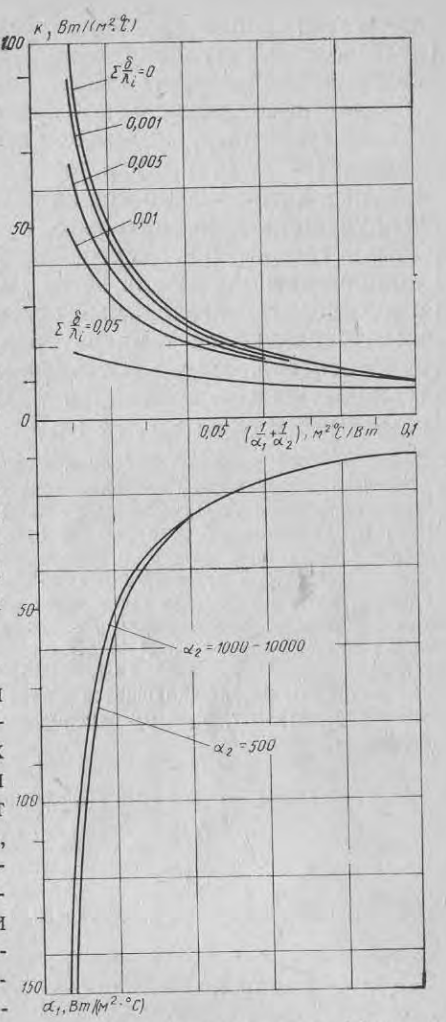


Рис. 35. Зависимость коэффициента теплопередачи от термических сопротивлений теплообменной поверхности и пограничных слоев омывающих ее теплообменивающихся сред

Регулирование теплопроизводительности воздухонагревательной установки для поддержания заданного значения температуры воздуха после воздухонагревателей производят обычно изменением расхода горячей воды и ее температуры на входе в теплообменник, а также перепуском части воздуха через обводной канал.

Для регулирования теплоотдачи калориферов при их эксплуатации применительно к конкретным конструкциям и схемам ВУ целесообразно построить соответствующие графики, лучше всего ДСХ, позволяющие быстро определить необходимый режим работы калориферов при изменяющихся температурах наружного воздуха и теплоносителя. Метод построения ДСХ для поверхностных воздухонагревателей и правила пользования диаграммами изложены в п. 2 гл. I.

На рис. 21 проиллюстрирован следующий пример. Воздухонагревательная установка, состоящая из секции подогрева $K_д=2019$, при расходе воздуха $G_в=3{,}9$ кг/с и воды $G_w=1{,}83$ кг/с (точка *а* на ДСХ) в расчетном режиме работы при $t_1=120°C$ и $t_н=-20°C$ нагревает воздух на $\Delta t_w=56°$ и охлаждает воду на 28°. Температура воздуха на выходе из секции $t_к=36°C$, а воды $t_2=92°C$. Требуется определить, какой должен быть расход воды через секцию подогрева, если температура воздуха на входе в установку изменилась и стала равна: $t_н=-14°C$, а на выходе из секции надо получить прежнюю температуру воздуха $t_к=36°C$.

Решение примера заключается в следующем.

1. Определяем требуемый перепад температур воздуха

$$\Delta t_в = t_к - t_н = 36 - (-14) = 50 \ °C.$$

2. Вычисляем поправочный коэффициент (11)

$$k_t = \frac{\Delta t_н}{(\Delta t_н)_у} = \frac{120 - (-14)}{100} = 1{,}34.$$

3. Вычисляем перепад воздуха $(\Delta t_в)_у$, который на ДСХ соответствует $\Delta t_в$:

$$(\Delta t_в)_у = \frac{\Delta t_в}{k_t} = \frac{50}{1{,}34} = 37{,}2 \ [°C].$$

4. Находим в точке пересечения линий $G_в=3{,}9$ кг/с (14 000 кг/ч) и $(\Delta t_в)_у=37{,}2°C$ (точка *б*) режим работы секции подогрева в новых условиях. Этому режиму соответствуют $G_w=1{,}39$ кг/с (5000 кг/ч) и $\Delta t_w=1{,}34 \cdot 25{,}3=33{,}9°C$. Температура воды на выходе из установки

$$t_2 = t_1 - \Delta t_w = 120 - 33{,}9 = 86{,}1 \ [°C].$$

При систематических осмотрах воздухонагревательной установки обращают внимание на отсутствие подтекания и парения калориферов, на исправность работы запорно-регулирующей арматуры, наличие загрязнений на теплообменных поверхностях, наличие зазоров между калориферами и строительными конструкциями и на исправность работы КИП. Периодически выпускают воздух из системы через специальные краны, установленные в высших точках трубопроводов ВУ. Еженедельно проверяют исправность работы конденсатоотводчиков. Обнаруженные при осмотре недостатки устраняются: зазоры должны быть заделаны несгораемыми материалами, поверхности теплообмена очищены от загрязнений, парение и подтекание устраняются немедленно, погнутые ребра теплообменной поверхности исправляются.

Главными показателями удовлетворительной эксплуатации установки является соответствие коэффициентов теплопередачи, а также аэродинамических и гидравлических сопротивлений их значениям, полученным при производстве монтажной наладки. Порядок эксплуатационных испытаний ВУ не отличается от порядка испытаний при наладке.

В результате неправильной или небрежной эксплуатации и несвоевременного ремонта воздухонагревательные установки утрачивают свои первоначальные качества, не обеспечивают поддержание требуемого состояния воздушной среды в помещениях и часто выходят из строя. Вот почему необходимо своевременно и качественно ремонтировать ВУ, а также заменять вышедшие из строя детали.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Теплофизические характеристики сухого насыщенного пара и воды на линии насыщения

$t_п$, °C	$p_п$		r	
	СИ, кПа	МКГСС, кгс/см²	СИ, МДж/кг	МКГСС, ккал/кг
0	0,611	0,006228	2,5027	597,3
1	0,6567	0,006694	2,5002	596,7
2	0,7061	0,007198	2,4981	596,2
3	0,7576	0,007723	2,4956	595,6
4	0,8131	0,008289	2,4935	595,1
5	0,8721	0,00889	2,491	594,5
6	0,9349	0,00953	2,4884	593,9
7	1,0016	0,01021	2,4863	593,4
8	1,0724	0,010932	2,4838	592,8
9	1,1477	0,011699	2,4813	592,2
10	1,2275	0,012513	2,4792	591,7
11	1,3122	0,013376	2,4767	591,1
12	1,4019	0,014291	2,4746	590,6
13	1,4971	0,015261	2,4721	590
14	1,5979	0,016289	2,47	589,5
15	1,7046	0,017376	2,4675	588,9
16	1,8175	0,018527	2,465	588,3
17	1,937	0,019745	2,4625	587,7
18	2,063	0,02103	2,4599	587,1
19	2,1965	0,02239	2,4578	586,6
20	2,3377	0,02383	2,4553	586
21	2,4858	0,02534	2,4528	585,4
22	2,6428	0,02694	2,4507	584,9
23	2,8086	0,02863	2,4482	584,3
24	2,9832	0,03041	2,4461	583,8
25	3,1676	0,03229	2,4436	583,2
26	3,3609	0,03426	2,4411	582,6
27	3,5649	0,03634	2,439	582,1
28	3,7798	0,03853	2,4365	581,5
29	4,0054	0,04083	2,4344	581
30	4,2428	0,04325	2,4319	580,4
31	4,4989	0,04586	2,4294	579,8
32	4,7549	0,04847	2,4273	579,3
33	5,0306	0,05128	2,4247	578,7
34	5,32	0,05423	2,4222	578,1
35	5,6241	0,05733	2,4201	577,6
36	5,9419	0,06057	2,4176	577
37	6,2764	0,06398	2,4151	576,4
38	6,6266	0,06755	2,413	575,9
39	6,9935	0,07129	2,4105	575,3
40	7,3771	0,0752	2,408	574,7
41	7,7793	0,0793	2,4059	574,2
42	8,2012	0,0836	2,4034	573,6
43	8,6416	0,08809	2,4009	573
44	9,1027	0,09279	2,3984	572,4
45	9,5853	0,09771	2,3958	571,8
46	10,0886	0,10284	2,3933	571,2
47	10,6154	0,10821	2,3912	570,7

$t_п$, °C	$p_п$		r	
	СИ, кПа	МКГСС, кгс/см²	СИ, МДж/кг	МКГСС, ккал/кг
48	11,1657	0,11382	2,3887	570,1
49	11,7396	0,11967	2,3862	569,5
50	12,339	0,12578	2,3841	569
51	12,9649	0,13216	2,3816	568,4
52	13,6173	0,13881	2,3791	567,8
53	14,2981	0,14575	2,377	567,3
54	15,0073	0,15298	2,3745	566,7
55	15,746	0,16051	2,372	566,1
56	16,5151	0,16835	2,3699	565,6
57	17,3176	0,17653	2,3673	565
58	18,1524	0,18504	2,3648	564,4
59	19,0216	0,1939	2,3623	563,8
60	19,9241	0,2031	2,3598	563,2
61	20,8659	0,2127	2,3573	562,6
62	21,8469	0,2227	2,3548	562
63	22,8573	0,233	2,3523	561,4
64	23,9168	0,2438	2,3497	560,8
65	25,0155	0,255	2,3472	560,2
66	26,1535	0,2666	2,3447	559,6
67	27,3405	0,2787	2,3422	559
68	28,5667	0,2912	2,3397	558,4
69	29,842	0,3042	2,3376	557,9
70	31,1664	0,3177	2,3351	557,3
71	32,5398	0,3317	2,3326	556,7
72	33,972	0,3463	2,3301	556,1
73	35,4435	0,3613	2,3275	555,5
74	36,9739	0,3769	2,325	554,9
75	38,5631	0,3931	2,3225	554,3
76	40,2014	0,4098	2,32	553,7
77	41,9083	0,4272	2,3175	553,1
78	43,6643	0,4451	2,315	552,5
79	45,489	0,4637	2,3125	551,9
80	47,3725	0,4829	2,3099	551,3
81	49,3247	0,5028	2,3074	550,7
82	51,3455	0,5234	2,3049	550,1
83	53,4351	0,5447	2,3024	549,5
84	55,5933	0,5667	2,2999	548,9
85	57,8201	0,5894	2,2974	548,3
86	60,1255	0,6129	2,2949	547,7
87	62,5093	0,6372	2,2923	547,1
88	64,9716	0,6623	2,2898	546,5
89	67,5124	0,6882	2,2869	545,8
90	70,1317	0,7149	2,2844	545,2
91	73,0354	0,7445	2,2819	544,6
92	75,6351	0,771	2,2794	544
93	78,5192	0,8004	2,2768	543,4
94	81,4917	0,8307	2,2743	542,8
95	84,5524	0,8619	2,2714	542,1
96	87,721	0,8942	2,2689	541,5
97	90,9779	0,9274	2,2664	540,9
98	94,333	0,9616	2,2639	540,3

$t_п$, °C	$p_п$		r	
	СИ, кПа	МКГСС, кгс/см²	СИ, МДж/кг	МКГСС, ккал/кг
99	97,7959	0,9969	2,2609	539,6
100	101,3569	1,0332	2,2584	539
101	105,0357	1,0707	2,2559	538,4
102	108,8125	1,1092	2,253	537,7
103	112,7071	1,1489	2,2504	537,1
104	116,7194	1,1898	2,2475	536,4
105	120,8396	1,2318	2,245	535,8
106	125,0873	1,2751	2,2425	535,2
107	129,4528	1,3196	2,2395	534,5
108	133,9457	1,3654	2,237	533,9
109	138,5662	1,4125	2.2341	533,2
110	143,3143	1,4609	2,2316	532,6
111	148,1899	1,5106	2,2291	532
112	153,2126	1,5618	2,2261	531,3
113	158,3726	1,6144	2,2236	530,7
114	163,67	1,6684	2,2207.	530
115	169,1146	1,7239	2,2182	529,4
116	174,7063	1,7809	2,2152	528,7
117	180,4451	1,8394	2,2127	528,1
118	186,3409	1,8995	2,2098	527,4
119	192,3937	1,9612	2,2069	526,7
120	198,6034	2,0245	2,2044	526,1
121	204,9799	2,0895	2,2018	525,5
122	210,9248	2,1501	2,1989	524,8
123	218,2234	2,2245	2,196	524,1
124	225,1101	2,2947	2,193	523,4
125	232,1635	2,3666	2,1901	522,7
126	239,4032	2,4404	2,1872	522
127	246,8196	2,516	2,1842	521,3
128	254,4223	2,5935	2,1817	520,7
129	262,2213	2,673	2,1788	520
130	270,2066	2,7544	2,1759	519,3
131	278,3882	2,8378	2,1729	518,6
132	286,7757	2,9233	2,1696	517,8
133	295,3791	3,011	2,1671	517,2
134	304,2081	3,101	2,1641	516,5
135	313,1352	3,192	2,1612	515,8
136	322,3566	3,286	2,1583	515,1
137	331,7742	3,382	2,1553	514,4
138	341,4861	3,481	2,1524	513,7
139	351,3942	3,582	2,1495	513
140	361,4985	3,685	2,1465	512,3
141	371,799	3,79	2,1436	511,6
142	382,3938	3,898	2,1407	510,9
143	393,2829	4,009	2,1377	510,2
144	404,3682	4,122	2,1344	509,4
145	415,6497	4,237	2,1314	508,7
146	427,2255	4,355	2,1281	507,9
147	439,0956	4,476	2,1252	507,2
148	451,1619	4,599	2,1222	506,5
149	463,5225	4,725	2,1189	505,7
150	476,1774	4,854	2,1159	505

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ЗНАЧЕНИЯ К. П. Д. ПРОТИВОТОЧНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗНАЧЕНИЙ $W_{мин}/W_{макс}$ И *NTU*

NTU	$W_{мин}/W_{макс}$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,1	0,0952	0,0947	0,0947	0,0943	0,0939	0,0934	0,093	0,0922	0,0918	0,0914	0,091
0,2	0,183	0,1797	0 1782	0,1767	0,1753	0,1738	0,1723	0,1709	0,1695	0,1681	0,167
0,3	0,2595	0,2562	0,2532	0,2503	0,2474	0,2445	0,2417	0,2389	0,2362	0,2335	0,231
0,4	0,3297	0,325	0,3204	0,3168	0,3113	0,3069	0,3025	0,2982	0,294	0,2899	0,286
0,5	0,3935	0,3871	0,3807	0,3745	0,3683	0,3626	0,3563	0,3504	0,3446	0,339	0,333
0,6	0,4512	0,4431	0,4351	0,4272	0,4194	0,4117	0,4041	0,3966	0,3893	0,3821	0,375
0,7	0,5034	0,4937	0,4841	0,4746	0,4652	0,456	0,4468	0,4379	0,429	0,4203	0,412
0,8	0,5507	0,5395	0,5284	0,5175	0,5066	0,4959	0,4853	0,4748	0,4645	0,4544	0,444
0,9	0,5934	0,581	0,5686	0,5563	0,5441	0,532	0,52	0,5082	0,4965	0,485	0,474
1	0,6121	0,6186	0,605	0,5915	0,578	0,5647	0,5515	0,5384	0,5254	0,5126	0,5
1,1	0,6671	0,6527	0,6382	0,6236	0,6091	0,5946	0,5801	0,5658	0,5516	0,5376	0,524
1,2	0,6988	0,6836	0,6683	0,6528	0,6373	0,6218	0,6063	0,5909	0,5756	0,5604	0,545
1,3	0,7275	0,7117	0,6957	0,6795	0,6632	0,6468	0,6303	0,6139	0,5975	0,5813	0,565
1,4	0,7534	0,7373	0,7208	0,7099	0,6869	0,6697	0,6524	0,635	0,6177	0,6004	0,583
1,5	0,7769	0,7605	0,7436	0,7263	0,7087	0,6908	0,6727	0,6545	0,6363	0,6181	0,6
1,6	0,7981	0,7816	0,7645	0,7468	0,7287	0,7102	0,6915	0,6725	0,6535	0,6344	0,616
1,7	0,8173	0,8008	0,7836	0,7657	0,7472	0,7282	0,7089	0,6892	0,6694	0,6495	0,629
1,8	0,8347	0,8183	0,801	0,783	0,7642	0,7449	0,725	0,7045	0,6842	0,6636	0,643
1,9	0,8504	0,8342	0,817	0,7989	0,7799	0,7603	0,74	0,7192	0,698	0,6766	0,655
2	0,8647	0,8487	0,8317	0,8136	0,7945	0,7746	0,7539	0,7326	0,7109	0,6888	0,667
2,1	0,8776	0,8619	0,8451	0,8271	0,808	0,7879	0,7669	0,7452	0,723	0,7003	0,677

Продолжение прил. 2

NTU	$W_{мин}/W_{макс}$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
2,2	0,8892	0,874	0,8575	0,8396	0,8206	0,8003	0,7791	0,757	0,7343	0,711	0,687
2,3	0,8998	0,885	0,8688	0,8512	0,8322	0,8119	0,7905	0,7681	0,7449	0,7211	0,697
2,4	0,9093	0,895	0,8792	0,8618	0,843	0,8227	0,8011	0,7785	0,7549	0,7306	0,706
2,5	0,9179	0,9041	0,8887	0,8717	0,853	0,8328	0,8112	0,7883	0,7643	0,7396	0,714
2,6	0,9257	0,9125	0,8975	0,8808	0,8624	0,8422	0,8206	0,7975	0,7732	0,7481	0,722
2,7	0,9328	0,9201	0,9056	0,8892	0,8711	0,8511	0,8294	0,8062	0,7816	0,7516	0,729
2,8	0,9392	0,927	0,913	0,8971	0,8792	0,8594	0,8377	0,8144	0,7896	0,7637	0,737
2,9	0,945	0,9333	0,9198	0,9043	0,8867	0,8671	0,8456	0,8222	0,7972	0,7709	0,743
3	0,9502	0,9391	0,9261	0,911	0,8938	0,8744	0,853	0,8295	0,8042	0,7777	0,75
3,1	0,955	0,9444	0,9319	0,9173	0,9004	0,8813	0,86	0,8365	0,8111	0,7842	0,756
3,2	0,9592	0,9492	0,9372	0,923	0,9066	0,8877	0,8665	0,8431	0,8176	0,7904	0,762
3,3	0,9631	0,9536	0,9421	0,9284	0,9123	0,8938	0,8727	0,8493	0,8238	0,7963	0,768
3,4	0,9666	0,9576	0,9466	0,9334	0,9177	0,8995	0,8786	0,8552	0,8296	0,802	0,773
3,5	0,9698	0,9613	0,9508	0,938	0,9228	0,9048	0,8842	0,861	0,8352	0,8074	0,778
3,6	0,9727	0,9646	0,9546	0,9423	0,9275	0,9099	0,8895	0,8664	0,8406	0,8125	0,782
3,7	0,9753	0,9677	0,9581	0,9463	0,9319	0,9147	0,8945	0,8715	0,8457	0,8174	0,787
3,8	0,9776	0,9705	0,9614	0,9499	0,936	0,9192	0,8993	0,8764	0,8506	0,8222	0,792
3,9	0,9798	0,973	0,9644	0,9534	0,9399	0,9234	0,9038	0,8811	0,8562	0,8267	0,796
4	0,9817	0,9753	0,9671	0,9566	0,9435	0,9274	0,9081	0,8855	0,8597	0,831	0,8
4,1	0,9834	0,9775	0,9697	0,9596	0,9469	0,9312	0,9122	0,8898	0,864	0,8352	0,804
4,2	0,985	0,9794	0,97	0,9624	0,9501	0,9348	0,9161	0,8938	0,8681	0,8392	0,807
4,3	0,9864	0,9812	0,9742	0,965	0,9531	0,9382	0,9197	0,8977	0,872	0,8431	0,811
4,4	0,9877	0,9828	0,9762	0,9674	0,9559	0,9414	0,9233	0,9014	0,8758	0,8469	0,815
4,5	0,9889	0,8943	0,978	0,9696	0,9586	0,9444	0,9266	0,905	0,8795	0,8504	0,818
4,6	0,9899	0,9857	0,9797	0,9717	0,961	0,9472	0,9298	0,9084	0,883	0,8538	0,822

Продолжение прил. 2

NTU	$W_{мин}/W_{макс}$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
4,7	0,9909	0,9869	0,9813	0,9763	0,9634	0,9499	0,9328	0,9117	0,8864	0,8571	0,825
4,8	0,9918	0,988	0,9827	0,9754	0,9656	0,9525	0,9357	0,9148	0,8896	0,8604	0,828
4,9	0,9926	0,9891	0,9841	0,9771	0,9676	0,9549	0,9385	0,9178	0,8927	0,8634	0,83
5	0,9933	0,99	0,9852	0,9787	0,9695	0,9572	0,9411	0,9207	0,8957	0,8664	0,833

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ЗНАЧЕНИЯ К. П. Д. ПРЯМОТОЧНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗНАЧЕНИЙ $W_{мин}/W_{макс}$ И *NTU*

NTU	$W_{мин}/W_{макс}$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,1	0,0952	0,0947	0,0942	0,0938	0,0933	0,0929	0,0924	0,092	0,0915	0,0911	0,0906
0,2	0,1813	0,1795	0,1778	0,1762	0,1744	0,1728	0,1712	0,1695	0,168	0,1663	0,1648
0,3	0,2592	0,2555	0,2519	0,2484	0,245	0,2416	0,2383	0,235	0,2318	0,2287	0,2256
0,4	0,3297	0,3236	0,3177	0,3119	0,3063	0,3008	0,2954	0,2902	0,2851	0,2802	0,2753
0,5	0,3935	0,3846	0,376	0,3677	0,3596	0,3518	0,3442	0,3368	0,3297	0,3228	0,3161
0,6	0,4512	0,4392	0,4277	0,4166	0,4059	0,3956	0,3857	0,3761	0,3669	0,358	0,3494
0,7	0,5053	0,4817	0,4736	0,4596	0,4462	0,4334	0,4211	0,4092	0,398	0,3871	0,3767
0,8	0,5507	0,532	0,5143	0,4973	0,4812	0,4659	0,4512	0,4373	0,4239	0,4112	0,3991

Продолжение прил. 3

NTU	$W_{мин}/W_{макс}$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,9	0,5934	0,5713	0,5503	0,5305	0,5117	0,4938	0,4769	0,4609	0,4456	0,4311	0,4174
1	0,6321	0,6065	0,5823	0,5596	0,5382	0,5179	0,4988	0,4808	0,4637	0,4476	0,4323
1,1	0,6671	0,638	0,6107	0,5852	0,5612	0,5386	0,5175	0,4976	0,4789	0,4612	0,4446
1,2	0,6988	0,6662	0,6359	0,6076	0,5812	0,5565	0,5334	0,5118	0,4915	0,4725	0,4546
1,3	0,7275	0,6915	0,6582	0,6273	0,5986	0,5718	0,5469	0,5237	0,502	0,4818	0,4629
1,4	0,7534	0,7142	0,678	0,6446	0,6137	0,585	0,5585	0,5338	0,5109	0,4895	0,4696
1,5	0,7769	0,7345	0,6956	0,6598	0,6268	0,5964	0,5683	0,5423	0,5182	0,4959	0,4751
1,6	0,7981	0,7527	0,7112	0,6731	0,6383	0,6062	0,5767	0,5495	0,5244	0,5011	0,4796
1,7	0,8173	0,769	0,725	0,6848	0,6482	0,6146	0,5838	0,5555	0,5295	0,5055	0,4833
1,8	0,8347	0,7836	0,7372	0,6951	0,6568	0,6219	0,5899	0,5607	0,5338	0,5091	0,4863
1,9	0,8504	0,7967	0,7481	0,7042	0,6643	0,6281	0,5951	0,565	0,5373	0,5121	0,4888
2	0,8647	0,8084	0,7577	0,7121	0,6709	0,6335	0,5995	0,5686	0,5404	0,5145	0,4908
2,1	0,8776	0,8182	0,7663	0,7191	0,6765	0,6381	0,6033	0,5717	0,5429	0,5166	0,4925
2,2	0,8892	0,8283	0,7739	0,7252	0,6815	0,6421	0,6065	0,5743	0,545	0,5183	0,4939
2,3	0,8998	0,8367	0,7806	0,7306	0,6858	0,6455	0,6092	0,5764	0,5467	0,5197	0,495
2,4	0,9093	0,8442	0,7866	0,7353	0,6895	0,6485	0,6116	0,5783	0,5482	0,5208	0,4959
2,5	0,9179	0,851	0,7919	0,7394	0,6927	0,651	0,6136	0,5798	0,5494	0,5218	0,4966
2,6	0,9257	0,857	0,7965	0,743	0,6955	0,6532	0,6153	0,5812	0,5504	0,5226	0,4972
2,7	0,9328	0,8625	0,8007	0,7462	0,698	0,6551	0,6167	0,5823	0,5513	0,5232	0,4977
2,8	0,9382	0,8673	0,8044	0,749	0,7001	0,6567	0,6179	0,5832	0,552	0,5237	0,4982
2,9	0,945	0,8717	0,8077	0,7515	0,702	0,6581	0,619	0,584	0,5526	0,5242	0,4985
3	0,9502	0,8756	0,8106	0,7537	0,7036	0,6593	0,6199	0,5847	0,5531	0,5246	0,4988
3,1	0,955	0,8791	0,8131	0,7556	0,705	0,6603	0,6206	0,5852	0,5535	0,5249	0,499
3,2	0,9592	0,8822	0,8154	0,7572	0,7063	0,6612	0,6213	0,5857	0,5538	0,5251	0,4992
3,3	0,9631	0,885	0,8175	0,7587	0,7072	0,6619	0,6218	0,5861	0,5541	0,5253	0,4993

Продолжение прил. 3

NTU	$W_{мин}/W_{макс}$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
3,4	0,9666	0,8875	0,8193	0,76	0,7082	0,6626	0,6223	0,5864	0,5543	0,5255	0,4994
3,5	0,9698	0,8898	0,8208	0,7611	0,709	0,6632	0,6227	0,5867	0,5545	0,5256	0,4995
3,6	0,9727	0,8918	0,8223	0,7621	0,7097	0,6637	0,623	0,5869	0,5547	0,5258	0,4996
3,7	0,9753	0,8936	0,8235	0,763	0,7103	0,6641	0,6233	0,5871	0,5548	0,5259	0,4997
3,8	0,9776	0,8952	0,8246	0,7637	0,7108	0,6644	0,6236	0,5873	0,555	0,526	0,4997
3,9	0,9798	0,8966	0,8256	0,7644	0,7113	0,6648	0,6238	0,5875	0,5551	0,526	0,4998
4	0,9817	0,8979	0,8265	0,765	0,7117	0,665	0,624	0,5876	0,5552	0,5261	0,4998
4,1	0,9834	0,8991	0,8273	0,7655	0,712	0,6652	0,6241	0,5877	0,5552	0,5261	0,4999
4,2	0,985	0,9001	0,8279	0,766	0,7123	0,6654	0,6243	0,5878	0,5553	0,5261	0,4999
4,3	0,9864	0,9011	0,8286	0,7664	0,7126	0,6656	0,6244	0,5878	0,5553	0,5262	0,4999
4,4	0,9877	0,9019	0,8291	0,7667	0,7128	0,6658	0,6245	0,5879	0,5554	0,5262	0,4999
4,5	0,9889	0,9027	0,8296	0,767	0,713	0,6659	0,6245	0,588	0,5554	0,5262	0,4999
4,6	0,99	0,9033	0,83	0,7673	0,7132	0,666	0,6246	0,588	0,5554	0,5262	0,5
4,7	0,9909	0,9039	0,8304	0,7675	0,7133	0,6661	0,6247	0,588	0,5554	0,5262	0,5
4,8	0,9918	0,9045	0,8307	0,7677	0,7134	0,6662	0,6247	0,5881	0,5555	0,5263	0,5
4,9	0,9926	0,9049	0,831	0,7679	0,7135	0,6662	0,6248	0,5881	0,5555	0,5263	0,5
5	0,9933	0,9054	0,8313	0,7681	0,7136	0,6663	0,6248	0,5881	0,5555	0,5263	0,5

ЗНАЧЕНИЯ К. П. Д. ТЕПЛООБМЕННИКА С ПЕРЕКРЕСТНЫМ ТОКОМ (ОДИН ПОТОК ПЕРЕМЕШИВАЕТСЯ, ДРУГОЙ НЕ ПЕРЕМЕШИВАЕТСЯ) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗНАЧЕНИЙ $W_{мин}/W_{макс}$ И NTU ПРИ $W_в < W_w$

NTU	$W_{мин}/W_{макс}$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,1	0,0952	0,0948	0,0943	0,0938	0,0934	0,0929	0,0925	0,0921	0,0916	0,0912	0,0908
0,2	0,1813	0,1797	0,1781	0,1765	0,1749	0,1733	0,1718	0,1703	0,1688	0,1673	0,1658
0,3	0,2592	0,2559	0,2526	0,2494	0,2463	0,2432	0,2401	0,2371	0,2341	0,2312	0,2283
0,4	0,3297	0,3244	0,3192	0,314	0,309	0,3041	0,2993	0,2943	0,2899	0,2853	0,2808
0,5	0,3935	0,386	0,3787	0,3714	0,3644	0,3575	0,3508	0,3442	0,3377	0,3315	0,3253
0,6	0,4513	0,4415	0,4319	0,4225	0,4134	0,4045	0,3958	0,3873	0,3791	0,371	0,3631
0,7	0,5034	0,4914	0,4797	0,4682	0,457	0,446	0,4354	0,425	0,4149	0,4051	0,3956
0,8	0,5507	0,5365	0,5226	0,509	0,4957	0,4828	0,4703	0,4581	0,4462	0,4346	0,4235
0,9	0,5934	0,5771	0,5612	0,5456	0,5304	0,5156	0,5012	0,4871	0,4735	0,4604	0,4476
1	0,6321	0,6139	0,596	0,5785	0,5614	0,5448	0,5286	0,5129	0,4976	0,4828	0,4686
1,1	0,6671	0,6472	0,6275	0,6082	0,5893	0,5709	0,553	0,5357	0,5188	0,5026	0,4863
1,2	0,6988	0,6772	0,656	0,635	0,6144	0,5944	0,5749	0,556	0,5376	0,5199	0,5023
1,3	0,7275	0,7045	0,6817	0,6592	0,6371	0,6156	0,5945	0,5741	0,5543	0,5353	0,5169
1,4	0,7534	0,7292	0,7051	0,6812	0,6577	0,6346	0,6122	0,5903	0,5692	0,5489	0,5293
1,5	0,7769	0,7517	0,7264	0,7012	0,6763	0,6519	0,6281	0,6049	0,5825	0,5609	0,5402
1,6	0,7981	0,7721	0,7456	0,7194	0,6933	0,6676	0,6425	0,6181	0,5944	0,5717	0,5498
1,7	0,8173	0,7906	0,7634	0,736	0,7087	0,6818	0,6555	0,6299	0,6051	0,5813	0,5584
1,8	0,8347	0,8074	0,7795	0,7512	0,7228	0,6948	0,6674	0,6426	0,6148	0,5899	0,566

Продолжение прил. 4

NTU	$W_{мин}/W_{макс}$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1,9	0,8504	0,8228	0,7942	0,765	0,7358	0,7067	0,6782	0,6503	0,6234	0,5975	0,5728
2	0,8647	0,8368	0,8077	0,7778	0,7476	0,7156	0,688	0,6592	0,6313	0,6045	0,5788
2,1	0,8776	0,8496	0,82	0,7895	0,7585	0,7275	0,697	0,6672	0,6383	0,6107	0,5842
2,2	0,8892	0,8612	0,8313	0,8002	0,7685	0,7367	0,7052	0,6745	0,6448	0,6162	0,589
2,3	0,8998	0,8719	0,8418	0,8101	0,7777	0,7451	0,7128	0,6812	0,6506	0,6213	0,5933
2,4	0,9093	0,8816	0,8514	0,8193	0,7862	0,7528	0,7197	0,6873	0,6559	0,6256	0,5872
2,5	0,9179	0,8905	0,8602	0,8276	0,7941	0,76	0,7261	0,6929	0,6607	0,6299	0,6007
2,6	0,9257	0,8987	0,8683	0,8356	0,8014	0,7666	0,7319	0,6979	0,6651	0,6336	0,6038
2,7	0,9328	0,9062	0,8759	0,8429	0 8082	0,7727	0,7373	0,7026	0,6691	0,637	0,6066
2,8	0,9392	0,913	0,8828	0,8496	0,8144	0,7784	0,7423	0,7069	0,6727	0,64	0,6091
2,9	0,945	0,9193	0,8893	0,8559	0,8203	0,7837	0,747	0,7109	0,6761	0,6428	0,6113
3	0,9502	0,9251	0,8952	0,8617	0,8257	0,7886	0,7512	0,7145	0,6791	0,6453	0,6134
3,1	0,955	0,9305	0,9008	0,8671	0,8308	0,7931	0,7552	0,7179	0,6819	0,6476	0,6152
3,2	0,9592	0,9353	0,9059	0,8722	0,8355	0,7973	0,7589	0,721	0,6844	0,6496	0,6168
3,3	0,9631	0,9399	0,9107	0,8769	0,8399	0,8013	0,7623	0,7238	0,6868	0,6515	0,6183
3,4	0,9666	0,9444	0,9152	0,8813	0,8441	0,805	0,7654	0,7265	0,6889	0,6532	0,6196
3,5	0,9698	0,9478	0,9193	0,8855	0,848	0,8084	0,7684	0,7289	0,6909	0,6546	0,6209
3,6	0,9727	0,9514	0,9232	0,8894	0,8516	0,8117	0,7711	0,7312	0,6927	0,6562	0,6219
3,7	0,9753	0,9546	0,9268	0,893	0,855	0,8147	0,7737	0,7332	0,6943	0,6575	0,6229
3,8	0,9776	0,9576	0,9302	0,8964	0,8582	0,8175	0,776	0,7352	0,6959	0,6586	0,6238
3,9	0,9798	0,9604	0,9333	0,8996	0,8612	0,8201	0,7782	0,737	0,6972	0,6597	0,6243
4	0,9817	0,963	0,9363	0,9027	0,864	0,8226	0,7803	0,7386	0,6985	0,6607	0,625
4,1	0,9834	0,9654	0,9391	0,9055	0,8667	0,8249	0,7822	0,7401	0,6997	0,6616	0,626
4,2	0,985	0,9676	0,9417	0,9082	0,8692	0,8271	0,784	0,7416	0,7008	0,6624	0,6266

Продолжение прил. 4

NTU	$W_{мин}/W_{макс}$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0
4,3	0,9864	0,9697	0,9441	0,9107	0,8716	0,8292	0,7857	0,7421	0,7008	0,6631	0,6271
4,4	0,9877	0,9716	0,9464	0,9131	0,8738	0,8311	0,7873	0,7441	0,7027	0,6638	0,6276
4 5	0,9889	0,9733	0,9486	0,9154	0,8759	0,8329	0,7888	0,7452	0,7036	0,6644	0,628
4,6	0,99	0,975	0,9506	0,9175	0,8779	0,8346	0,7901	0,7463	0,7043	0,6649	0,6284
4,7	0,9909	0,9765	0,9525	0,9195	0,8798	0,8362	0,7914	0,7473	0,705	0,6655	0,6288
4,8	0,9918	0,9779	0,9543	0,9214	0,8816	0,8378	0,7926	0,7482	0,7057	0,6659	0,6291
4,9	0,9926	0,9792	0,956	0,9232	0,8833	0,8392	0,7937	0,749	0,7063	0,6663	0,6294
5	0,9933	0,9805	0,9576	0,925	0,8848	0,8405	0,7948	0,7498	0,7069	0,6667	0,6296

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ЗНАЧЕНИЯ К. П. Д. ТЕПЛООБМЕННИКА С ПЕРЕКРЕСТНЫМ ТОКОМ (ОДИН ПОТОК ПЕРЕМЕШИВАЕТСЯ, ДРУГОЙ НЕ ПЕРЕМЕШИВАЕТСЯ) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗНАЧЕНИЙ $W_{мин}/W_{макс}$ И *NTU* ПРИ $W_в > W_w$

NTU	$W_{мин}/W_{макс}$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,1	0,0952	0,0948	0,0943	0,0938	0,0934	0,093	0,0925	0,0921	0,0916	0,0912	0,0908
0,2	0,1813	0,1797	0,1781	0,1764	0,1749	0,1733	0,1718	0,1702	0,1688	0,1673	0,1658
0,3	0,2692	0,2559	0,2526	0,2494	0,2462	0,2431	0,24	0,237	0,2341	0,2312	0,2282

Продолжение прил. 5

NTU	$W_{мин}/W_{макс}$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,4	0,3297	0,3244	0,3191	0,3139	0,3089	0,304	0,2991	0,2944	0,2898	0,2853	0,2809
0,5	0,3935	0,3859	0,3784	0,3712	0,3641	0,3572	0,3505	0,3439	0,3376	0,3314	0,3253
0,6	0,4512	0,4412	0,4315	0,422	0,4128	0,4039	0,3953	0,3869	0,3787	0,3708	0,3631
0,7	0,5034	0,491	0,479	0,4673	0,456	0,4451	0,4345	0,4243	0,4144	0,4048	0,3956
0,8	0,5507	0,5358	0,5215	0,5076	0,4943	0,4814	0,469	0,457	0,4454	0,4342	0,4235
0,9	0,5934	0,5762	0,5596	0,5436	0,5283	0,5135	0,4993	0,4856	0,4725	0,4598	0,4476
1	0,6321	0,6126	0,5939	0,5758	0,5586	0,542	0,5261	0,5108	0,4962	0,4821	0,4686
1,1	0,6671	0,6454	0,6246	0,6046	0,5856	0,5673	0,5498	0,533	0,517	0,5016	0,4868
1,2	0,6988	0,675	0,6522	0,6304	0,6097	0,5898	0,5708	0,5527	0,5353	0,5187	0,5028
1,3	0,7275	0,7017	0,6771	0,6536	0,6312	0,6099	0,5895	0,5701	0,5515	0,5338	0,5168
1,4	0,7534	0,7258	0,6994	0,6744	0,6505	0,6278	0,6061	0,5855	0,5658	0,5741	0,5293
1,5	0,7769	0,7475	0,7196	0,693	0,6678	0,6438	0,621	0,5993	0,5786	0,5589	0,5402
1,6	0,7981	0,7671	0,7377	0,7098	0,6833	0,6581	0,6342	0,6115	0,5899	0,5694	0,5489
1,7	0,8173	0,7849	0,7541	0,7248	0,6972	0,6709	0,646	0,6224	0,5999	0,5786	0,5584
1,8	0,8347	0,8009	0,7688	0,7384	0,7097	0,6824	0,6566	0,6322	0,6089	0,5869	0,566
1,9	0,8504	0,8153	0,7821	0,7506	0,7209	0,6928	0,6661	0,6409	0,6169	0,5943	0,5728
2	0,8647	0,8284	0,7941	0,7616	0,731	0,702	0,6746	0,6487	0,6241	0,6009	0,5788
2,1	0,8776	0,8402	0,8049	0,7716	0,7401	0,7104	0,6823	0,6557	0,6305	0,6067	0,5842
2,2	0,8892	0 8509	0,8146	0.7805	0,7483	0,7178	0,6891	0,662	0,6363	0,612	0,589
2,3	0,8998	0,8605	0,8235	0,7886	0,7557	0,7266	0,6953	0,6676	0,6414	0,6167	0,5933
2,4	0,9093	0,8692	0,8315	0,7958	0,7623	0,7307	0,7008	0,6727	0,6461	0,6209	0,5972
2,5	0,9179	0,8771	0,8386	0,8024	0,7683	0,7361	0,7058	0,6772	0,6502	0,6247	0,6007
2,6	0,9257	0,8842	0,8451	0,8083	0,7737	0,7411	0,7103	0,6813	0,654	0,6281	0,6038
2,7	0,9328	0,8907	0,851	0,8137	0,7786	0,7455	0,7144	0,685	0,6573	0,6312	0,6066

NTU	$W_{мин}/W_{макс}$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
2,8	0,9393	0,8965	0,8563	0,8185	0,783	0,7495	0,718	0,6883	0,6604	0,634	0,6091
2,9	0,945	0,9018	0,8611	0,8229	0,7869	0,7531	0,7213	0,6913	0,6631	0,6364	0,6113
3	0,9502	0,9065	0,8654	0,8268	0,7905	0,7563	0,7243	0,694	0,6655	0,6387	0,6134
3,1	0,955	0,9108	0,8694	0,8304	0,7938	0,7593	0,7269	0,6964	0,6677	0,6407	0,6152
3,2	0,9592	0,9147	0,8729	0,8336	0,7967	0,762	0,7294	0,6986	0,6697	0,6425	0,6168
3,3	0,9631	0,9182	0,8761	0,8365	0,7993	0,7644	0,7315	0,7006	0,6715	0,6441	0,6183
3,4	0,9666	0,9214	0,879	0,8391	0,8017	0,7665	0,7335	0,7024	0,6732	0,6456	0,6196
3,5	0,9698	0,9243	0,8816	0,8415	0,8039	0,7685	0,7353	0,704	0,6746	0,6469	0,6209
3,6	0,9727	0,9269	0,884	0,8436	0,8058	0,7703	0,7369	0,7055	0,6759	0,6481	0,6219
3,7	0,9753	0,9293	0,8861	0,8456	0,8076	0,7719	0,7383	0,7068	0,6771	0,6492	0,6229
3,8	0,9776	0,9314	0,888	0,8473	0,8092	0,7733	0,7396	0,708	0,6782	0,6502	0,6238
3,9	0,9798	0,9333	0,8898	0,8489	0,8106	0,7746	0,7408	0,709	0,6792	0,6511	0,6246
4	0,9817	0,9351	0,8914	0,8504	0,8119	0,7758	0,7419	0,71	0,6801	0,6519	0,6253
4,1	0,9834	0,9367	0,8928	0,8517	0,8131	0,7769	0,7429	0,7109	0,6809	0,6526	0,626
4,2	0,985	0,9381	0,8941	0,8528	0,8141	0,7778	0,7437	0,7117	0,6816	0,6532	0,6266
4,3	0,9864	0,9394	0,8953	0,8539	0,8151	0,7787	0,7445	0,7124	0,6822	0,6538	0,6271
4,4	0,9877	0,9406	0,8963	0,8548	0,816	0,7795	0,7452	0,5131	0,6828	0,6544	0,6276
4,5	0,9889	0,9416	0,8973	0,8557	0,8168	0,7802	0,7459	0,7136	0,6833	0,6548	0,628
4,6	0,99	0,9426	0,8982	0,8565	0,8175	0,7808	0,7465	0,7142	0,6838	0,6553	0,6284
4,7	0,9909	0,9434	0,8989	0,8572	0,8181	0,7814	0,747	0,7145	0,6843	0,6557	0,6288
4,8	0,9918	0,9442	0,8997	0,8579	0,8187	0,782	0,7475	0,7151	0,6846	0,656	0,6291
4,9	0,9926	0,9449	0,9003	0,8584	0,8193	0,7824	0,7479	0,7155	0,685	0,6563	0,6294
5	0,9933	0,9456	0,9009	0,859	0,8197	0,7829	0,7483	0,7158	0,6853	0,6566	0,6296

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ПЕРЕЧЕНЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ, ОБОГРЕВАЕМЫХ ВОДОЙ И ПАРОМ

№ п.п.	Индекс (тип, марка)	Расход воды G_w, кг/ч	Расход воздуха $G_в$, кг/ч	Тепловой поток Q (при $\Delta t_н = 100°C$), кВт	Поверхность теплообмена F, м²	Размеры (по фронту теплообменной поверхности), мм: ширина	высота	глубина	Живое сечение, м²: по воздуху $f_в$	по воде f_w	Число рядов трубок по ходу воздуха n	Число ходов по воде n_w	Диаметр трубок $d_н/d_{вн}$, мм	Диаметр патрубка $d_п$, мм (дюймы)
I. Теплообменники базовые для центральных кондиционеров типа КТ														
1	Однометровые	900—5 470	5 200—26 000	27,7—102	27,8	1655	997	250	0,72	0,00127 / 0,00152	1	4	22/18	40
2	Однометровые	1 830—11 000	5 200—26 000	53,8—181	54,5	1655	997	250	0,72	0,00254 / 0,00305	2	4	22/18	40
3	Однометровые	2 760—16 450	5 200—26 000	72,1—262	81,4	1655	997	250	0,72	0,00381 / 0,00457	3	4	22/18	40
4	Полутораметровые	900—5 470	7 770—39 000	40,5—128	41,8	1655	1497	250	1,08	0,00127 / 0,00152	1	6	22/18	40
5	Полутораметровые	1 830—11 000	7 770—39 000	76,7—250	82,8	1655	1497	250	1,08	0,00254 / 0,00305	2	6	22/18	40
6	Полутораметровые	2 760—16 450	7 770—39 000	100—358	123,8	1655	1497	250	1,08	0,00381 / 0,00457	3	6	22/18	40

Продолжение прил. 6

№ п.п.	Индекс (тип, марка)	Расход воды G_w, кг/м	Расход воздуха $G_в$, кг/м	Тепловой поток Q (при $\Delta t_н = 100°C$), кВт	Поверхность теплообмена F, м²	Размеры (по фронту теплообменной поверхности), мм: ширина	высота	глубина	Живое сечение, м²: по воздуху $f_в$	по воде f_w	Число рядов трубок по воздуху n	Число ходов по воде n_w	Диаметр трубок $d_н/d_{вн}$, мм	Диаметр патрубка $d_п$, мм (дюймы)
	II. Воздухонагреватели													
	А. Без обводного канала													
7	03.1010.0	—	10 400—52 000	—	55,6	1655	2003	250	1,44	—	1	—	22/18	40
8	03.1020.0	—	10 400—52 000	—	108,9	1655	2003	250	1,44	—	2	—	22/18	40
9	03.1030.0	—	10 400—52 000	—	162,8	1655	2003	250	1,44	—	3	—	22/18	40
10	04.1010.0	—	13 200—66 000	—	69,6	1655	2503	250	1,83	—	1	—	22/18	40
11	04.1020.0	—	13 200—66 000	—	137,3	1655	2503	250	1,83	—	2	—	22/18	40
12	04.1030.0	—	13 200—66 000	—	205,2	1655	2503	250	1,83	—	3	—	22/18	40
13	06.1010.0	—	20 700—103 500	—	112,9	3405	2003	250	2,88	—	1	—	22/18	40
14	06.1020.0	—	20 700—103 500	—	219,6	3405	2003	250	2,88	—	2	—	22/18	40
15	06.1030.0	—	20 700—103 500	—	327,4	3405	2003	250	2,88	—	3	—	22/18	40
16	08.1010.0	—	26 400—132 000	—	141,4	3405	2503	250	3,66	—	1	—	22/18	40
17	08.1020.0	—	26 400—132 000	—	276,7	3405	2503	250	3,66	—	2	—	22/18	40
18	08.1030.0	—	26 400—132 000	—	412,6	3405	2503	250	3,66	—	3	—	22/18	40
19	12.1010.0	—	41 500—207 500	—	226,4	3405	4003	250	5,76	—	1	—	22/18	40
20	12.1020.0	—	41 500—207 500	—	441,6	3405	4003	250	5,76	—	2	—	22/18	40
21	12.1030.0	—	41 500—207 500	—	686,7	3405	4003	250	5,76	—	3	—	22/18	40
22	16.1010.0	—	52 000—260 000	—	289,9	3405	5003	250	7,24	—	1	—	22/18	40
23	16.1020.0	—	52 000—260 000	—	555,8	3405	5003	250	7,24	—	2	—	22/18	40
24	16.1030.0	—	52 000—260 000	—	227,9	3405	5003	250	7,24	—	3	—	22/18	40
25	20.1010.0	—	61 600—313 000	—	331,3	5155	4003	503	8,7	—	1	—	22/18	40
26	20.1020.0	—	61 600—313 000	—	667,2	5155	4003	503	8,7	—	2	—	22/18	40
27	20.1030.0	—	61 600—313 000	—	995	5155	4003	503	8,7	—	3	—	22/18	40
28	25.1010.0	—	78 200—391 000	—	426,4	5155	5003	503	10,86	—	1	—	22/18	40
29	25.1020.0	—	78 200—391 000	—	832,3	5155	5003	503	10,86	—	2	—	22/18	40
30	25.1030.0	—	78 200—391 000	—	1240,1	5155	5003	503	10,86	—	3	—	22/18	40

Продолжение прил. 6

№ п.п.	Индекс (тип, марка)	Расход воды G_w, кг/ч	Расход воздуха $G_в$, кг/ч	Тепловой поток Q (при $\Delta t_н = 100°C$), кВт	Поверхность теплообмена F, м²	Размеры (по фронту теплообменной поверхности), мм: ширина	высота	глубина	Живое сечение, м²: по воздуху $f_в$	по воде f_w	Число рядов трубок по ходу воздуха n	Число ходов по воде n_w	Диаметр трубок $d_н/d_{вн}$, мм	Диаметр патрубка $d_п$, мм (дюймы)
	Б. Для обводного канала или клапана													
31	03.1110.0	—	7 850—39 200	—	41,8	1655	1460	250	1,09	—	1	—	22/18	40
32	03.1120.0	—	7 850—39 200	—	82,8	1655	1460	250	1,09	—	2	—	22/18	40
33	03.1130.0	—	7 850—39 200	—	123,8	1655	1460	250	1,09	—	3	—	22/18	40
34	04.1110.0	—	10 400—52 000	—	55,6	1655	1960	250	1,44	—	1	—	22/18	40
35	04.1120.0	—	10 400—52 000	—	108,9	1655	1960	250	1,44	—	2	—	22/18	40
36	04.1130.0	—	10 400—52 000	—	162,8	1655	1960	250	1,44	—	3	—	22/18	40
37	06.1110.0	—	15 750—78 500	—	84,9	3405	1460	250	2,18	—	1	—	22/18	40
38	06.1120.0	—	15 750—78 500	—	166,9	3405	1460	250	2,18	—	2	—	22/18	40
39	06.1130.0	—	15 750—78 500	—	249	3405	1460	250	2,18	—	3	—	22/18	40
40	08.1110.0	—	21 000—105 000	—	112,9	3405	1960	250	2,82	—	1	—	22/18	40
41	08.1120.0	—	21 000—105 000	—	219,6	3405	1960	250	2,82	—	2	—	22/18	40
42	08.1130.0	—	21 000—105 000	—	327,3	3405	1960	250	2,82	—	3	—	22/18	40
43	12.1110.0	—	31 500—156 500	—	169,9	3405	2960	250	4,36	—	1	—	22/18	40
44	12.1120.0	—	31 500—156 500	—	333,9	3405	2960	250	4,36	—	2	—	22/18	40
45	12.1130.0	—	31 500—156 500	—	497,9	3405	2960	250	4,36	—	3	—	22/18	40
46	16.1110.0	—	41 500—207 500	—	226,6	3405	3960	250	5,76	—	1	—	22/18	40
47	16.1120.0	—	41 500—207 500	—	441,7	3405	3960	250	5,76	—	2	—	22/18	40
48	16.1130.0	—	41 500—207 500	—	661,6	3405	3960	250	5,76	—	3	—	22/18	40
49	20.1110.0	—	47 000—235 000	—	256,2	5155	2960	503	6,54	—	1	—	22/18	40
50	20.1120.0	—	47 000—235 000	—	502,1	5155	2960	503	6,54	—	2	—	22/18	40
51	20.1130.0	—	47 000—235 000	—	748,2	5155	2960	503	6,54	—	3	—	22/18	40
52	25.1110.0	—	62 200—311 000	—	341,3	5155	3960	503	8,64	—	1	—	22/18	40
53	25.1120.0	—	62 200—311 000	—	667,2	5155	3960	503	8,64	—	2	—	22/18	40
54	25.1130.0	—	62 200—311 000	—	994,1	5155	3960	503	8,64	—	3	—	22/18	40

Продолжение прил. 6

№ п.п.	Индекс (тип, марка)	Расход воды G_w, кг/ч	Расход воздуха $G_в$, кг/ч	Тепловой поток Q (при $\Delta t_н = 100°C$), кВт	Поверхность теплообмена F, м²	Размеры (по фронту теплообменной поверхности), мм: ширина	высота	глубина	Живое сечение, м²: по воздуху $f_в$	по воде f_w	Число рядов трубок по ходу воздуха n	Число ходов по воде n_w	Диаметр трубок $d_н/d_{вн}$, мм	Диаметр патрубка $d_п$, мм (дюймы)
	III. Калориферы													
	Одноходовые													
55	КВБ-2	330—16 560	830—6 620	8,61—43,5	9,9	560	360	200	0,115	0,0046	3	1	22/18	(1¼)
56	КВБ-3	440—22 000	1 110—8 850	11,2—59,3	13,2	560	480	200	0,154	0,0061	3	1	22/18	(1½)
57	КВБ-4	440—22 000	1 400—11 200	13,7—72,1	16,7	710	480	200	0,195	0,0061	3	1	22/18	(1½)
58	КВБ-5	550—27 300	1 760—1 400	16,7—89,8	20,9	710	600	200	0,244	0,0076	3	1	22/18	(2)
59	КВБ-6	550—27 300	2 120—1 700	19,5—114	25,3	860	600	200	0,295	0,0076	3	1	22/18	(2)
60	КВБ-7	660—33 000	2 550—20 400	24,2—137	30,4	860	720	200	0,354	0,0092	3	1	22/18	(2 ½)
61	КВБ-8	660—33 000	3 000—24 000	26,9—155	35,7	1010	720	200	0,416	0,0092	3	1	22/18	(2 ½)
62	КВБ-9	770—38 500	3 500—28 000	31,4—180	41,6	1010	840	200	0,486	0,0107	3	1	22/18	(2 ½)
63	КВБ-10	770—38 500	4 020—32 200	34,9—207	47,8	1160	840	200	0,558	0,0107	3	1	22/18	(2 ½)
64	КФС-2 / КЗПП-2	330—16 560 / 310—15 450	830—6 620	7,19—34,9	9,9	560 / 566	360	200	0,115	0,0046 / 0,0043	3	1	22/18	45/(1¼)
65	КФС-3 / КЗПП-3	440—21 900	1 110—8 850	9,89—45,8	13,2	560 / 566	480	200	0,154	0,0061	3	1	22/18	45/(1½)
66	КФС-4 / КЗПП-4	440—21 900	1 400—11 200	12,5—59,5	16,7	710 / 716	480	200	0,195	0,0061	3	1	22/18	45/(1½)
67	КФС-5 / КЗПП-5	540—27 300	1 760—14 000	16,7—76,2	20,9	710 / 716	600	200	0,244	0,0076	3	1	22/18	45/(2)
68	КФС-6 / КЗПП-6	540—27 300	2 130—17 000	18,4—92,5	25,3	860 / 866	600	200	0,295	0,0076	3	1	22/18	45/(2)

Продолжение прил. 6

№ п.п.	Индекс (тип, марка)	Расход воды G_w, кг/ч	Расход воздуха $G_в$, кг/ч	Тепловой поток Q (при $\Delta t_н = 100°C$), кВт	Поверхность теплообмена F, м²	Размеры (по фронту теплообменной поверхности), мм: ширина	высота	глубина	Живое сечение, м²: по воздуху $f_в$	по воде f_w	Число рядов трубок по ходу воздуха n	Число ходов по воде n_w	Диаметр трубок $d_н/d_{вн}$, мм	Диаметр патрубка $d_п$, мм (дюймы)
69	КФС-7 / КЗПП-7	660—33 100	2 550—20 400	22,4—114	30,4	860 / 866	720	200	0,354	0,0092	3	1	22/18	45/(2½)
70	КФС-8 / КЗПП-8	660—33 100	3 000—24 000	2,61—134	35,7	1010 / 1016	720	200	0,416	0,0092	3	1	22/18	45/(2½)
71	КФС-9 / КЗПП-9	770—38 500	3 500—28 000	29,5—156	41,6	1016 / 1016	840	200	0,486	0,0107	3	1	22/18	46/(2½)
72	КФС-10 / КЗПП-10	770—38 600	4 000—32 100	32,2—171	47,8	1160 / 1166	840	200	0,558	0,0107	3	1	22/18	76/(2½)
73	КФС-11 / КЗПП-11	878—43 900	4 600—36 800	36,7—195	54,6	1160 / 1166	960	200	0,638	0,0122	3	1	22/18	76/(2½)
74	КФБ-2 / К4ПП-2	440—21 900	830—6 620	7,15—41,6	12,7	560 / 566	360	240	0,115	0,0061 / 0,0062	4	1	22/18	45/(1½)
75	КФБ-3 / К4ПП-3	590—29 500	1 110—8 850	13,4—56,6	16,9	560 / 566	480	240	0,154	0,0082	4	1	22/18	45/(2)
76	КФБ-4 / К4ПП-4	590—29 500	1 400—11 200	14,9—71,2	21,4	710 / 716	480	240	0,195	0,0082	4	1	22/18	45/(2)
77	КФБ-5 / К4ПП-5	735—36 700	1 760—14 000	18,6—93,6	26,8	710 / 716	600	240	0,244	0,0102	4	1	22/18	45/(2)

Продолжение прил. 6

№ п.п.	Индекс (тип, марка)	Расход воды G_w, кг/ч	Расход воздуха $G_в$, кг/ч	Тепловой поток Q (при $\Delta t_н = 100°C$), кВт	Поверхность теплообмена F, м²	Размеры (по фронту теплообменной поверхности), мм: ширина	высота	глубина	Живое сечение, м²: по воздуху $f_в$	по воде f_w	Число рядов трубок по ходу воздуха n	Число ходов по воде n_w	Диаметр трубок $d_н/d_{вн}$, мм	Диаметр патрубка $d_п$, мм (дюймы)
78	КФБ-6 / К4ПП-6	735—36 700	2 130—17 000	21,9—109	32,4	860 / 866	600	240	0,295	0,0102	4	1	22/18	45/(2)
79	КФБ-7 / К4ПП-7	870—43 900	2 550—20 400	27,1—134	38,9	860 / 866	720	240	0,354	0,0122	4	1	22/18	45/(2½)
80	КФБ-8 / К4ПП-8	870—43 900	3 000—24 000	30,2—153	45,7	1010 / 1016	720	240	0,416 / 0,415	0,0122	4	1	22/18	45/(2½)
81	КФБ-9 / К4ПП-9	1 030—51 500	3 500—28 000	33,7—184	53,3	1010 / 1016	840	240	0,486 / 0,485	0,0143	4	1	22/18	76/(2½)
82	КФБ-10 / К4ПП-10	1 030—52 500	4 000—32 100	35,5—206	61,2	1160 / 1166	840	240	0,0558	0,0143	4	1	22/18	76/(2½)
83	КФБ-11 / К4ПП-11	1 170—58 600	4 600—36 700	48,8—241	69,9	1160 / 1166	960	240	0,638	0,0163	4	1	22/18	76/(2½)
84	КФСО-2	440—22 000	657—5 260	8,14—54,1	9,77	560	360	200	0,0913	0,0061	3	1	22/18	(1¼)
85	КФСО-3	605—30 200	865—6 920	12,1—69,8	13,43	560	480	200	0,12	0,0084	3	1	22/18	(1½)
86	КФСО-4	605—30 200	1 100—8 750	14,8—90,2	17,06	710	480	200	0,153	0,0084	3	1	22/18	(1½)
87	КФСО-5	770—38 500	1 200—9 600	18,4—110	21,71	710	610	200	0,167	0,0107	3	1	22/18	(2)
88	КФСО-6	770—38 500	1 630—13 100	21,1—138	26,29	860	610	200	0,227	0,0107	3	1	22/18	(2)
89	КФСО-7	880—44 000	1 950—15 600	25,6—164	30,05	860	722	200	0,271	0,0122	3	1	22/18	(2½)
90	КФСО-8	880—44 000	2 290—18 300	28,7—190	35,28	1010	710	200	0,318	0,0122	3	1	22/18	(2½)
91	КФСО-9	1 045—52 200	2 700—21 600	34,4—224	41,89	1010	840	200	0,375	0,0145	3	1	22/18	(2½)
92	КФСО-10	1 045—52 200	3 100—24 800	38,96—273	48,22	1160	840	200	0,431	0,0145	3	1	22/18	(2½)

Продолжение прил. 6

№ п.п.	Индекс (тип, марка)	Расход воды G_w, кг/ч	Расход воздуха $G_в$, кг/ч	Тепловой поток Q (при $\Delta t_н = 100°C$), кВт	Поверхность теплообмена F, м²	Размеры (по фронту теплообменной поверхности), мм: ширина	высота	глубина	Живое сечение, м²: по воздуху $f_в$	по воде f_w	Число рядов трубок по ходу воздуха n	Число ходов по воде n_w	Диаметр трубок $d_н/d_{вн}$, мм	Диаметр патрубка $d_п$, мм (дюймы)
93	КФСО-11	1 210—60 500	3 580—28 600	43,96—300	55,84	1160	970	200	0,497	0,0168	3	1	22/18	(3)
94	КФБО-2	584—29 200	657—5 260	10,6—61,6	13,02	560	365	240	0,0913	0,0081	4	1	22/18	(1½)
95	КФБО-3	720—36 000	805—6 450	12,8—73,8	16,28	560	454	240	0,112	0 01	4	1	22/18	(2)
96	КФБО-4	790—39 600	1 030—8 250	16—94,2	20,68	710	454	240	0,143	0,0112	4	1	22/18	(2)
97	КФБО-5	950—47 500	1 310—10 500	20,7—124	26,88	710	584	240	0,182	0,0132	4	1	22/18	(2)
98	КФБО-6	950—47 500	1 600—12 800	24,5—151	32,65	860	584	240	0,222	0,0132	4	1	22/18	(2)
99	КФБО-7	1 175—58 700	1 950—15 600	30,5—186	40,06	860	720	240	0,271	0,0163	4	1	22/18	(2½)
100	КФБО-8	1 175—58 700	2 290—18 300	34,9—217	47,04	1010	710	240	0,318	0,0163	4	1	22/18	(2½)
101	КФБО-9	1 390—69 500	2 700—21 600	40,4—253	53,86	1010	842	240	0,375	0,0193	4	1	22/18	(3)
102	КФБО-10	1 390—69 500	3 110—24 800	46,9—328	64,29	1160	842	240	0,431	0,0193	4	1	22/18	(3)
103	КФБО-11	1 535—76 800	3 410—27 300	51,2—331	71,06	1160	926	240	0,475	0,0193	4	1	22/18	(3)
	Многоходовые													
104	КВС 6-П	835—5 000	1 500—7 500	21,7—47,1	11,4	530	503	180	0,139	0,00116	3	4	16/12,8	35,9
105	КВС 7-П	835—5 000	1 860—9 300	22,2—59,7	14,16	665	503	180	0,172	0,00116	3	4	16/12,8	35,9
106	КВС 8-П	835—5 000	2 210—11 050	25,9—70,9	16,92	780	503	180	0,205	0,00116	3	4	16/12,8	35,9
107	КВС 9-П	835—5 000	2 570—12 850	28,6—82,6	19,56	905	503	180	0,238	0,00116	3	4	16/12,8	35,9
108	КВС 10-П	835—5 000	3 270—16 350	34,6—103	25,08	1155	503	180	0,303	0,00116	3	4	16/12,8	35,9
109	КВС 11-П	1 665—10 000	9 350—46 800	93—213	72	1655	1003	180	0,866	0,002316	3	4	16/12,8	53
110	КВС 12-П	2 500—15 000	14 000—70 000	143—419	108	1655	1503	180	1,298	0,003474	3	4	16/12,8	53
111	КВБ 6-П	1 110—6 660	1 500—7 500	22,2—60,7	15,14	530	503	220	0,139	0,001544	4	4	16/12,8	35,9
112	КВБ 7-П	1 110—6 660	1 860—9 300	25,9—75,6	18,81	655	503	220	0,172	0,001544	4	4	16/12,8	35,9
113	КВБ 8-П	1 110—6 660	2 210—11 050	30,2—89,5	22,44	780	503	220	0,205	0,001544	4	4	16/12,8	35,9
114	КВБ 9-П	1 110—6 660	2 570—12 850	34,4—105	26	905	503	220	0,238	0,001544	4	4	16/12,8	35,9
115	КВБ 10-П	1 110—6 660	3 270—16 350	43—123	33,34	1155	503	220	0,303	0,001544	4	4	16/12,8	35,9
116	КВБ 11-П	2 220—133 000	9 350—46 800	113—349	95,63	1655	1003	220	0,866	0,003089	4	4	16/12,8	53
117	КВБ 12-П	3 330—200 000	14 000—70 000	166—506	143,5	1655	1503	220	1,298	0,004632	4	4	16/12,8	67,5

Продолжение прил. 6

№ п.п.	Индекс (тип, марка)	Расход воды G_w, кг/ч	Расход воздуха $G_в$, кг/ч	Тепловой поток Q (при $\Delta t_н = 100°C$), кВт	Поверхность теплообмена F, м²	Размеры (по фронту теплообменной поверхности), мм: ширина	высота	глубина	Живое сечение, м²: по воздуху $f_в$	по воде f_w	Число рядов трубок по ходу воздуха n	Число ходов по воде n_w	Диаметр трубок $d_н/d_{вн}$, мм	Диаметр патрубка $d_п$, мм (дюймы)
118	КМС-2	80—4 200	850—6 700	11—30,2	9,9	560	360	200	0,115	0,00114	3	4	22/18	30
	К3ВП-2	55—2 750				566	357			0,00076		6		(1)/($^3/_4$)
119	КМС-3	70—3 800	1 100—9 000	13,96—40,7	13,2	560	480	200	0,154	0,00102	3	6	22/18	30/(1)
	К3ВП-3	55—2 750				566	477			0,00076		8		
120	КМС-4	70—3 800	1 400—11 500	17,4—52,3	16,7	710	480	200	0,195	0,00102	3	6	22/18	30/(1)
	К3ВП-4	55—2 750				716	477			0,00076		8		
121	КМС-5	70—3 400	1 750—14 000	20,9—60,5	20,9	710	600	200	0,244	0,00095	3	8	22/18	30
	К3ВП-5	70—3 500				716	603			0,00096				($1^1/_4$)/(1)
122	КМС-6	70—3 400	2 100—17 000	25,6—72,1	25,3	860	600	200	0,295	0,00095	3	8	22/18	40
	К3ВП-6	70—3 500				866	603			0,00096				($1^1/_4$)
123	КМС-7	80—4 200	2 500—20 000	29,1—93	30,4	860	720	200	0,354	0,00114	3	8	22/18	40
	К3ВП-7					866	723			0,00115				($1^1/_4$)
124	КМС-8	80—4 200	3 000—24 000	33,57—110	35,7	1010	720	200	0,416	0,00114	3	8	22/18	40
	К3ВП-8					1016	723		0,415	0,00115				($1^1/_4$)
125	КМС-9	90—4 900	3 500—28 000	40,7—122	41,6	1010	840	200	0,485	0,00133	3	8	22/18	40
	К3ВП-9	130—6 400				1016	843			0,00178		6		($1^1/_2$)/($1^1/_4$)
126	КМС-10	90—4 900	4 000—32 000	46,5—128	47,8	1160	840	200	0,558	0,00133	3	8	22/18	45
	К3ВП-10	130—6 400				1166	843			0,00178		6		(2)/($1^1/_2$)

Продолжение прил. 6

№ п.п.	Индекс (тип, марка)	Расход воды G_w, кг/ч	Расход воздуха, $G_в$, кг/ч	Тепловой поток Q (при $\Delta t_н = 100°C$), кВт	Поверхность теплообмена F, м²	Размеры (по фронту теплообменной поверхности), мм: ширина	высота	глубина	Живое сечение, м²: по воздуху $f_в$	по воде f_w	Число рядов трубок по ходу воздуха n	Число ходов по воде n_w	Диаметр трубок $d_н/d_{вн}$, мм	Диаметр патрубка $d_п$, мм (дюймы)
127	КМС-11	110—5 500	4 600—37 000	54,7—169	54,6	1160	960	200	0,638	0,00152	3	8	22/18	45
	К3ВП-11	145—7 300				1166	973			0,00203		6		(2)/($1^1/_2$)
128	КМБ-2	110—5 500	850—6 700	12,6—32,6	12,7	560	360	240	0,115	0,00152	4	4	22/18	30
	К4ВП-2	74—3 670				566	357			0,00102		6		(1)/($^3/_4$)
129	КМБ-3	100—4 900	1 100—9 000	18,0—55,2	16,9	590	480	240	0,154	0,00135	4	6	22/18	30/(1)
	К4ВП-3	74—3 670				566	477			0,00102		8		
130	КМБ-4	100—4 900	1 400—11 500	18,6—61,6	21,4	710	480	240	0,195	0,00135	4	6	22/18	30/(1)
	К4ВП-4	74—3 600				716	477			0,00102		8		
131	КМБ-5	90—4 600	1 750—14 000	22,1—105	26,8	710	600	240	0,244	0,00127	4	8	22/18	30
	К4ВП-5	92—4 600				716	603							($1^1/_2$)/(1)
132	КМБ-6	90—4 600	2 100—17 000	29,1—93	32,4	860	600	240	0,295	0,00127	4	8	22/18	40
	К4ВП-6	92—4 600				866	603							($1^1/_2$)/($1^1/_4$)
133	КМБ-7	110—5 500	2 500—20 000	34,9—116	38,9	860	720	240	0,354	0,00152	4	8	22/18	40
	К4ВП-7					866	723			0,00153				($1^1/_2$)/($1^1/_4$)
134	КМБ-8	110—5 500	3 000—24 000	39,5—139	45,7	1010	720	240	0,416	0,00152	4	8	22/18	40
	К4ВП-8					1016	723		0,415	0,00153				($1^1/_2$)/($1^1/_4$)

Продолжение прил. 6

№ п.п.	Индекс (тип, марка)	Расход воды G_w, кг/ч	Расход воздуха $G_в$, кг/ч	Тепловой поток Q (при $\Delta t_н = 100°C$), кВт	Поверхность теплообмена F, м²	Размеры (по фронту теплообменной поверхности), мм: ширина	высота	глубина	Живое сечение, мм: по воздуху $f_в$	по воде f_w	Число рядов трубок по ходу воздуха n	Число ходов по воде z_e n_w	Диаметр трубок $d_н/d_{вн}$, мм	Диаметр патрубка $d_п$, мм (дюймы)
135	КМБ-9	130—6 500	3 500—28 000	45,4—145	53,3	1010	840	240	0,485	0,00178	4	8	22/18	40
	К4ВП-9	170—8 600				1016	843			0,00237		6		(2)/(1¼)
136	КМБ-10	130—6 500	4 000—32 000	46,5—169	61,2	1160	840	240	0,558	0,00178	4	8	22/18	45
	К4ВП-10	170—8 600				1166	843			0,00237		6		(2)/(1½)
137	КМБ-11	150—7 300	4 600—37 000	58,15—209	69,9	1160	960	240	0,638	0,00203	4	8	22/18	45
	К4ВП-11	200—9 800				1166	875			0,00271		6		(2)/(1½)

Примечания: 1. В настоящий перечень включены лишь те поверхностные теплообменники, которые предназначены для нагревания воздуха, производятся серийно и могут быть поставлены на вновь проектируемые объекты.

2. Расходы воздуха и воды, а также тепловой поток вычислены в пределах области экспериментального исследования каждого аппарата, которые даны в прил. 7.

3. В многоходовых воздухонагревателях, перечисленных в пп. 1—6, живые сечения по отдельным ходам не одинаковы, поэтому даны через дробь.

4. Калориферы, перечисленные в пп. 64—83 и 118—137, даны через дробь, так как большинство их технических характеристик совпадает.

ЭМПИРИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕЙ

Приведенные в настоящем приложении формулы, таблицы и рисунки предназначены для определения коэффициентов теплопередачи, аэродинамических и гидравлических сопротивлений поверхностных воздухонагревателей, перечисленных в прил. 6.

Коэффициенты теплопередачи и аэродинамические сопротивления теплообменников следует определять по эмпирическим формулам, приведенным в табл. 7.1.

Способы определения гидравлического сопротивления теплообменных аппаратов зависят от имеющейся информации. Предпочтение следует отдавать данным, полученным опытным путем. В табл. 7.2 даны рекомендации по способам определения гидравлических сопротивлений для различных воздухонагревателей.

Рис. 37. Зависимости сопротивления проходу воды в одноходовых калориферах от диаметра их присоединительных патрубков и расхода воды

диаметры присоединительных патрубков соответственно: *1*—¾″; *2*—1″; *3*—1¼″; *4*—1½″; *5*—2″; *6*—2½″; *7*—3″

При вычислении гидравлических сопротивлений воздухонагревателей, перечисленных в пп. 7—54 прил. 6, необходимо учитывать схему соединения по воде отдельных базовых поверхностных теплообменников: при последовательном их соединении сопротивления отдельных воздухонагревателей суммируются, а при параллельном равны сопротивлениям одного теплообменника. Гидравлическое сопротивление одного базового воздухонагревателя определяется по рис. 36 (см. стр. 174), который построен по данным ВНИИкондвентмаш.

Рис. 36. Зависимости гидравлического сопротивления базовых теплообменников от скорости воды в трубках

1 — однорядные ПТ; *2* — двухрядные ПТ; *3* — трехрядные ПТ; сплошные линии — однометровые; пунктирные линии — полуторараметровые

ТАБЛИЦА 7.1. ЭМПИРИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ ВОДОВОЗДУШНЫХ И ПАРОВОЗДУШНЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ПРИ НАГРЕВАНИИ ВОЗДУХА

Тип теплообменника	Формулы для определения k, Вт/(м²·°С)	Пределы возможного изменения w, м/с	Формулы для определения Δp, Па	Пределы возможного изменения $v\rho$ в графах 2 и 4, кг/(м²·с)
1	2	3	4	5
Базовые ПТ и воздухонагреватели ЦК типа КТ	$k=10{,}9\,(v\rho)^{0{,}38}$	$w=0{,}2$	$\Delta p_1=1{,}43\,(v\rho)^{1{,}77}$	2—10
	$k=11{,}5\,(v\rho)^{0{,}48}$	$w=0{,}4$		
	$k=12{,}4\,(v\rho)^{0{,}5}$	$w=0{,}6$	$\Delta p_2=1{,}89\,(v\rho)^{1{,}86}$	
	$=13{,}3\,(v\rho)^{0{,}5}$	$w=1$		
	$k=14\,(v\rho)^{0{,}5}\,w^{0{,}1}$	$w\geqslant 0{,}4$	$\Delta p_3=2{,}55\,(v\rho)^{1{,}87}$	
	$k=14\,(v\rho)^{0{,}55}$	При паре		
Калориферы типа КВБ (Московского завода)	$k=17{,}8\,(v\rho)^{0{,}351}$	При паре		2—16
	$k=21{,}5\,(v\rho)^{0{,}257}\,w^{0{,}192}$	$w=0{,}02$—$0{,}25$	$\Delta p=1{,}5\,(v\rho)^{1{,}69}$	
	$k=17{,}8\,(v\rho)^{0{,}343}\,w^{0{,}132}$	$w=0{,}25$—1		

Продолжение табл. 7.1

Тип теплообменника	Формулы для определения k, Вт/ (м² ·°С)	Пределы возможного изменения w, м/с	Формулы для определения Δp, Па	Пределы возможного изменения $v\rho$ в графах 2 и 4, кг/ (м²·с)
1	2	3	4	5
Калориферы типа КВС (Костромского завода)	$k = 20{,}8\ (v\rho)^{0{,}32} w^{0{,}132}$	$w = (0{,}2 \div 1{,}2)$	$\Delta p = 2{,}16\ (v\rho)^{1{,}62}$	3—15
Калориферы типа КВБ (Костромского завода)	$k = 19{,}8\ (v\rho)^{0{,}32} w^{0{,}13}$	$w = (0{,}2 \div 1{,}2)$	$\Delta p = 2{,}75\ (v\rho)^{1{,}65}$	3—15
Калориферы типа КВБ (Горьковского завода)	$k = 27{,}5\ (v\rho)^{0{,}296}\ w^{0{,}176}$ $k = 23{,}4\ (v\rho)^{0{,}354}\ w^{0{,}128}$ $k = 24{,}8\ (v\rho)^{0{,}277}$	$w = 0{,}02 \div 0{,}25$ $w = 0{,}25 \div 1$ При паре	$\Delta p = 3{,}5\ (v\rho)^{1{,}63}$	—

Продолжение табл. 7.1

Тип теплообменника	Формулы для определения k, Вт/ (м²·°С)	Пределы возможного изменения w, м/с	Формулы для определения Δp, Па	Пределы возможного изменения $v\rho$ в графах 2 и 4, кг/ (м²·с)
1	2	3	4	5
Калориферы типов КФС, К3ПП, КМС, К3ВП	$k = 14{,}1\ (v\rho)^{0{,}366}$ $k = 16{,}4\ (v\rho)^{0{,}289}\ w^{0{,}158}$ $k = 12{,}9\ (v\rho)^{0{,}393}\ w^{0{,}106}$	При паре $w = 0{,}02 \div 0{,}25$ $w = 0{,}25 \div 1$	$\Delta p = 1{,}2\ (v\rho)^{1{,}76}$	2—16
Калориферы типов КФБ, К4ПП, КМБ, К4ВП	$k = 11{,}6\ (v\rho)^{0{,}42}$ $k = 14{,}4\ (v\rho)^{0{,}331}\ w^{0{,}14}$ $k = 11\ (v\rho)^{0{,}446}\ w^{0{,}094}$	При паре $w = 0{,}02 \div 0{,}25$ $w = 0{,}25 \div 1$	$\Delta p = 1{,}72\ (v\rho)^{1{,}72}$	2—16
Калориферы типа КФСО	$k = 18{,}6\ (v\rho)^{0{,}439}$ $k = 22{,}5\ (v\rho)^{0{,}384}\ w^{0{,}201}$ $k = 16{,}6\ (v\rho)^{0{,}501}\ w^{0{,}122}$	При паре $w = 0{,}02 \div 0{,}25$ $w = 0{,}25 \div 1$	$\Delta p = 3{,}29\ (v\rho)^{2{,}01}$	2—16

Продолжение табл. 7.1

Тип теплообменника	Формулы для определения k, Вт/(м²·°С)	Пределы возможного изменения w, м/с	Формулы для определения Δp, Па	Пределы возможного изменения $v\rho$ в графах 2 и 4, кг/(м²·с)
1	2	3	4	5
Калориферы типа КФБО	$k = 16,5\ (v\rho)^{0,456}$	При паре		
	$k = 20,8\ (v\rho)^{0,38} w^{0,178}$	$w = 0,02 \div 0,25$	$\Delta p = 4,22\ (v\rho)^{1,94}$	2—16
	$k = 14,8\ (v\rho)^{0,517}\ w^{0,133}$	$w = 0,25 \div 1$		

Примечание. Эмпирические уравнения для воздухонагревателей ЦК типа КТ получены при испытании ранее выпускавшихся промышленностью секций подогрева; индексы 1, 2 и 3 при Δp обозначают число рядов трубок в теплообменнике.

Гидравлические сопротивления одноходовых воздухонагревателей можно находить по рис. 37. Для определения гидравлических сопротивлений многоходовых теплообменников рис. 37 используют совместно с множителями, учитывающими влияние на гидравлические сопротивления числа ходов воды в теплообменнике. Эти множители приведены в табл. 7.4.

ТАБЛИЦА 7.2. УКАЗАТЕЛЬ ФОРМУЛ И РИСУНКОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ, ПРИВЕДЕННЫХ В ПРИЛ. 6

Тип ПТ	Порядковые номера ПТ в прил. 6	Формулы и графики
Базовые ПТ и воздухонагреватели*	1—6 7—54	По рис. 36
КВБ	55—63 и 111—117	По рис. 37 или по формуле
КВС	104—110	$\Delta H = 64,5 \dfrac{z_p\, n\, w^{0,8}\, L_w^{1,85}}{d_п^4} \left[\dfrac{кгс}{м^4}\right]$,
КФС***	64—73	
КЗПП		
КФБ	74—83	
К4ПП		
КФСО	84—93	где L_w в м³/ч, $d_п$ в дюймах
КФБО	94—103	
КМС	118—127	
КМБ	128—137	
КЗВП	118—127	$\Delta H^{**} = \zeta_м \dfrac{w_п^2}{2g}$ [м вод. ст.]
КЧВП	128—137	

* При расчете гидравлических сопротивлений необходимо учитывать схему соединения ПТ по воде, так как приведенный график определяет сопротивление одного базового ПТ.

**- Коэффициенты местного сопротивления $\zeta_м$ взяты из альбома [7] и приведены в табл. 7.3.

*** См. п. 4 примечаний к прил. 6.

Для приближенного расчета гидравлических сопротивлений теплообменников (в м вод. ст.), для которых нет эмпирических формул, можно использовать следующее уравнение:

$$\Delta H = n_w \left(\lambda \frac{l}{d_{вн}} \cdot \frac{w^2}{2g} + 1{,}5 \frac{w^2}{2g} \right) + \\ + 2{,}5 (n_w - 1) \frac{w_к^2}{2g} + (1 + 0{,}5) \frac{w_п^2}{2g}, \qquad (135)$$

где λ — коэффициент гидравлического сопротивления по длине; l — длина трубки для прохода воды, м; $d_{вн}$ — внутренний диаметр трубки, м; w, $w_к$, $w_п$ — скорости воды соответственно в живом сечении по воде, в коллекторе (в промежуточных камерах) и в патрубке теплообменника, м/с; 1,5—коэффициент местного сопротивления во входной и выходной камерах; 1 — то же, во входном патрубке; 2,5 — то же, при повороте на 180° внутри камеры и переходе из одного пучка труб, образующих ход по воде, в другой; 0,5 — го же, в выходном патрубке.

Величина $w_п$ определяется по формуле

$$w_п = w \frac{f_w}{f_п},$$

где f_w — живое сечение теплообменника по воде, м²; w — скорость воды в живом сечении теплообменника, м/с; $f_п$ — живое сечение патрубка теплообменника, м².

$$f_п = \kappa \frac{\pi d_п^2}{4},$$

где $\kappa = 1$, если $d_п$ выражено м², и $\kappa = 6{,}45 \cdot 10^{-4}$, если $d_п$ выражено в дюймах.

Первый член в первых круглых скобках, умноженный на n_w, в уравнении (135) выражает потери на трение по длине трубок теплообменника, второй член в первых круглых скобках, умноженный на n_w — потери на местные сопротивления во входных и выходных камерах теплообменника, второй член правой части уравнения (135) — потери на местные сопротивления при переходе воды из одного пучка труб, образующих ход, в другой и последней — потери на местные сопротивления в присоединительных патрубках. Формула составлена на основе общей зависимости гидравлического сопротивления при движении жидкости (как сумма сопротивлений по длине и потерь на местные сопротивления).

Приведенные в данном приложении формулы и графики для определения гидравлических сопротивлений поверхностных воздухонагревателей являются приближенными и требуют дальнейшего уточнения.

ТАБЛИЦА 7.3. ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ КАЛОРИФЕРОВ $\zeta_м$, ОТНЕСЕННЫХ К СКОРОСТИ ВОДЫ В ПАТРУБКАХ

Марка калорифера	$\zeta_м$	Марка калорифера	$\zeta_м$
К3ВП-2	21,4 / 6,44	К4ВП-2	10,8 / 6,44
К3ВП-3	29,7	К4ВП-3	5
К3ВП-4	31,6	К4ВП-4	16
К3ВП-5	57,5 / 18,5		53 / 10,3
К3ВП-6	62	К4ВП-6	54 / 33,8
К3ВП-7	45	К4ВП-7	40 / 23,4
К3ВП-8	49,5	К4ВП-8	44 / 25,8
К3ВП-9	22,9 / 23,6	К4ВП-9	36,5 / 13,2
К3ВП-10	72 / 25	К4ВП-10	40 / 14,2
К3ВП-11	53,9 / 19,4	К4ВП-11	30,2 / 10,9

Примечание. Значения $\zeta_м$ в числителе относятся к калориферам, выпускаемым в Мордовской АССР, в знаменателе — к калориферам, выпускаемым в Псковской обл.

ТАБЛИЦА 7.4. МНОЖИТЕЛИ ДЛЯ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ЧИСЛА ХОДОВ В МНОГОХОДОВЫХ КАЛОРИФЕРАХ НА ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Число ходов в калорифере z_w	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Значение множителя a	1	1,5	2	2,7	3,4	4,1	4,7	5,4	6,1	6,8	7,5	8,2

ОСНОВНЫЕ НОМОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕЙ

Основные номограммы предназначены для определения величин ε, F и $Q_у$ при расчете воздухонагревательных установок.

Построены четыре основные номограммы: для прямоточной (рис. 42), противоточной (рис. 41) и перекрестно-точной [две номограммы: одна (рис. 39) используется при $W_в < W_w$, вторая (рис. 40) — при $W_в > W_w$] схемах. Все четыре номограммы отличаются только первыми квадрантами. Принципиальная схема основной номограммы представлена на рис. 38.

В первом квадранте номограммы построены линии $W_{мин}/W_{макс}$ = =const, на оси абсцисс отложены в логарифмическом масштабе значения NTU и на оси ординат в линейном масштабе — значения ε. С помощью этой части номограммы и любых двух значений NTU, ε, $W_{мин}/W_{макс}$=const легко определяют третью величину. Кроме того, если известно значение ε, то легко определяются значения $\Delta t_в$ и Δt_w по формулам, приведенным в табл. 8.1

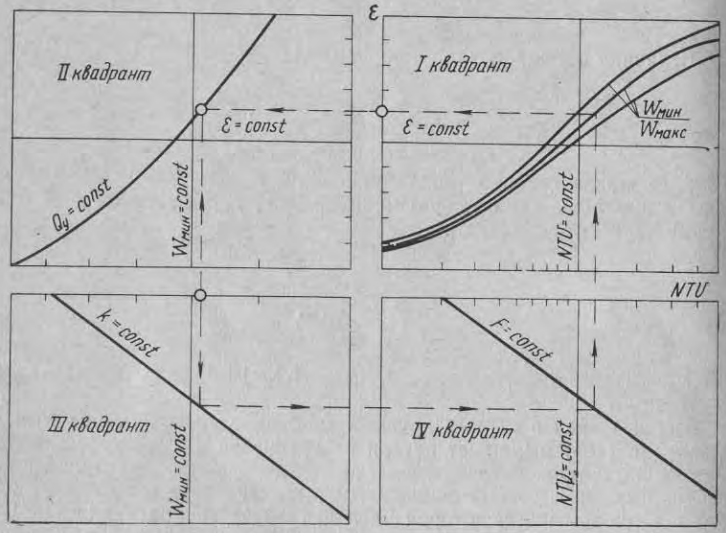


Рис. 38. Принципиальная схема основной номограммы

С помощью второго квадранта по заданным (или вычисленным) значениям ε и $W_{мин}$ определяют $Q_у$. Возможно решение и обратных задач. Значение $Q_у$, полученное во втором квадранте основной номограммы, является условным, так как оно соответствует постоянной разности температур на входе в теплообменник $(\Delta t_н)_у$. Значение

Таблица 8.1. ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИН $\Delta t_в$ и Δt_w

Величины	Формулы при условии	
	$W_в < W_w$	$W_в > W_w$
$\Delta t_в$	$\Delta t_в = \varepsilon \Delta t_н$	$\Delta t_в = \frac{W_w}{W_в} \varepsilon \Delta t_н$
Δt_w	$\Delta t_w = \frac{W_в}{W_w} \varepsilon \Delta t_н$	$\Delta t_w = \varepsilon \Delta t_н$

$(\Delta t_н)_у$ приведено в подрисуночной подписи к номограмме. Действительное значение теплопередачи Q определяют по формуле

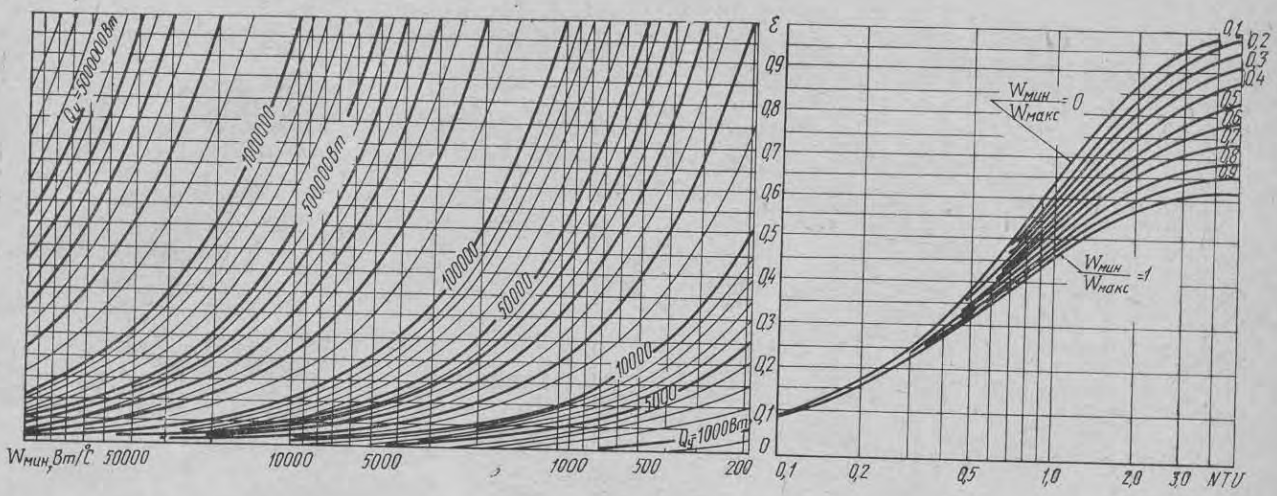
$$Q = k_t Q_у.$$

В третьем квадранте основной номограммы построены линии k=const и шкала $W_{мин}$, а в четвертом — F и NTU. С помощью характеристик, нанесенных в третьем и четвертом квадрантах, определяют NTU.

Основные номограммы могут быть использованы также для определения необходимой поверхности теплопередачи F по заданным Q или $\Delta t_в$.

При расчете теплообменников промышленного типа удовлетворительной считается точность в пределах 10%. Поэтому конкретные задачи вполне допустимо решать графо-аналитическим методом с помощью номограмм и логарифмической линейки.

Решение задач с помощью номограмм рекомендуется производить на кальке, наложенной на номограмму.



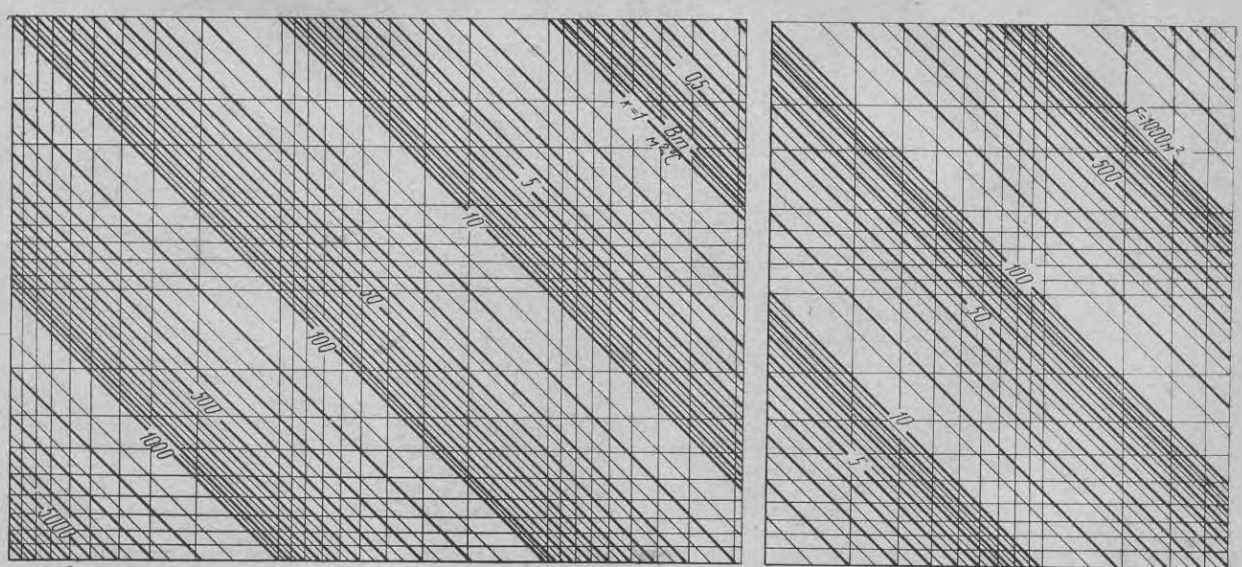
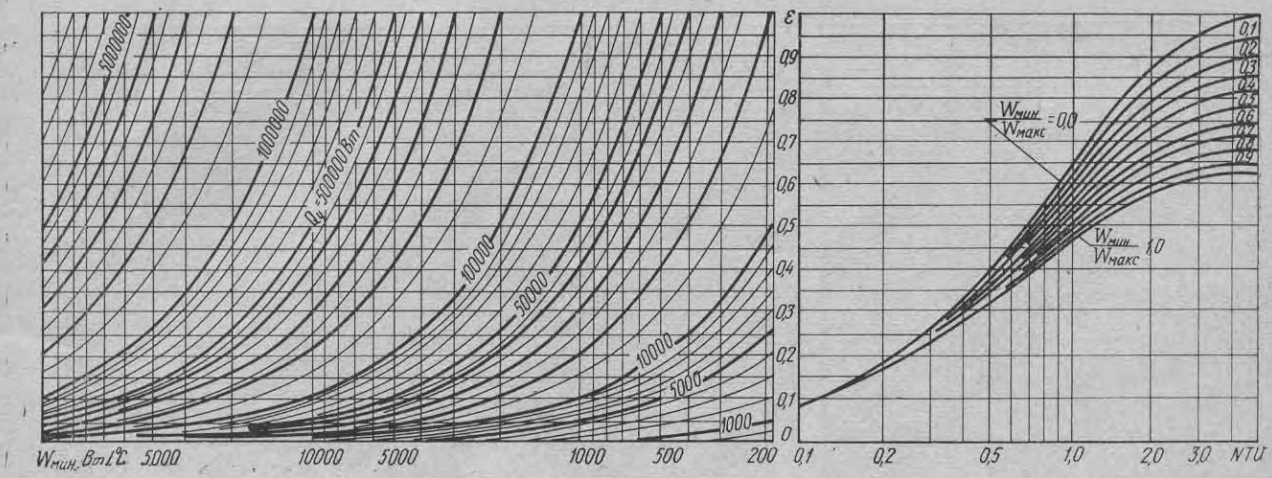


Рис. 39. Основная номограмма для расчета поверхностных теплообменников с перекрестно-точной схемой движения теплоносителей при $W_в < W_w$, $(\Delta t_н)_у = 100°C$



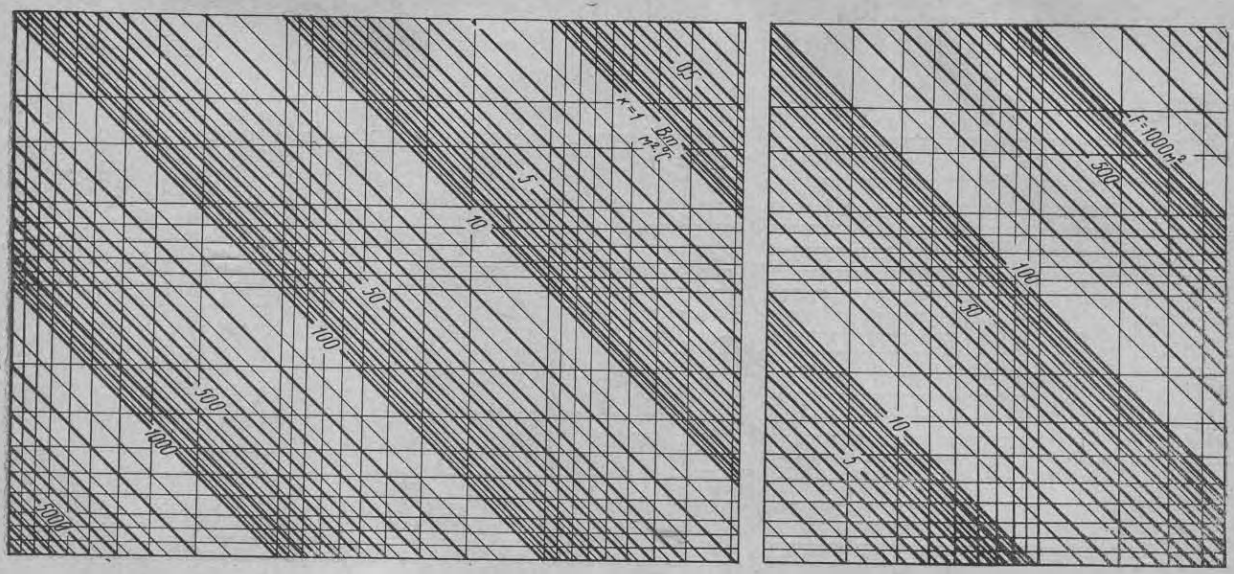
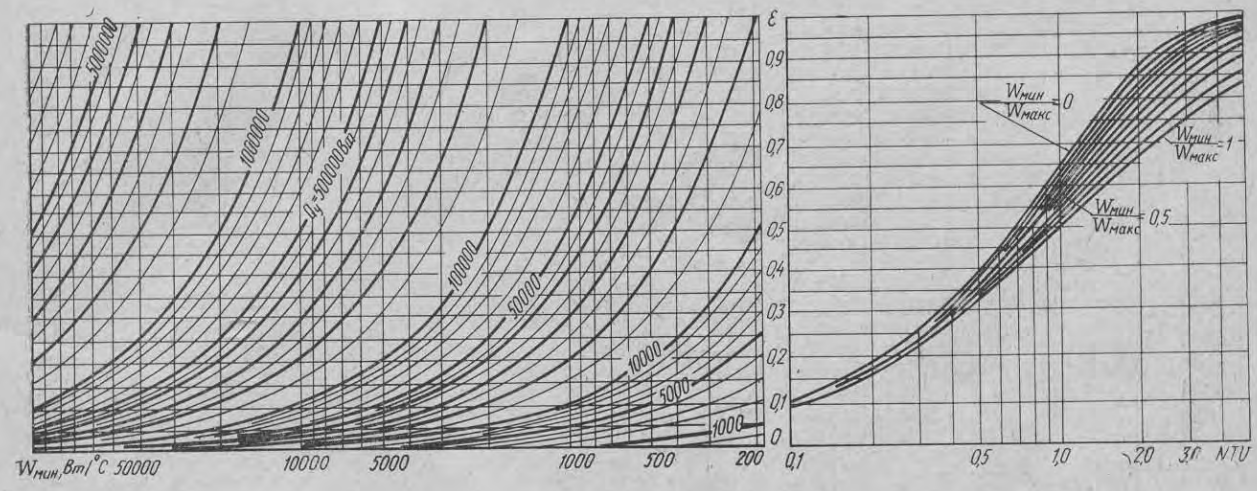


Рис. 40. Основная номограмма для расчета поверхностных теплообменников с перекрестно-точной схемой движения теплоносителей при $W_в > W_н$, $(\Delta t_н)_у = 100°C$



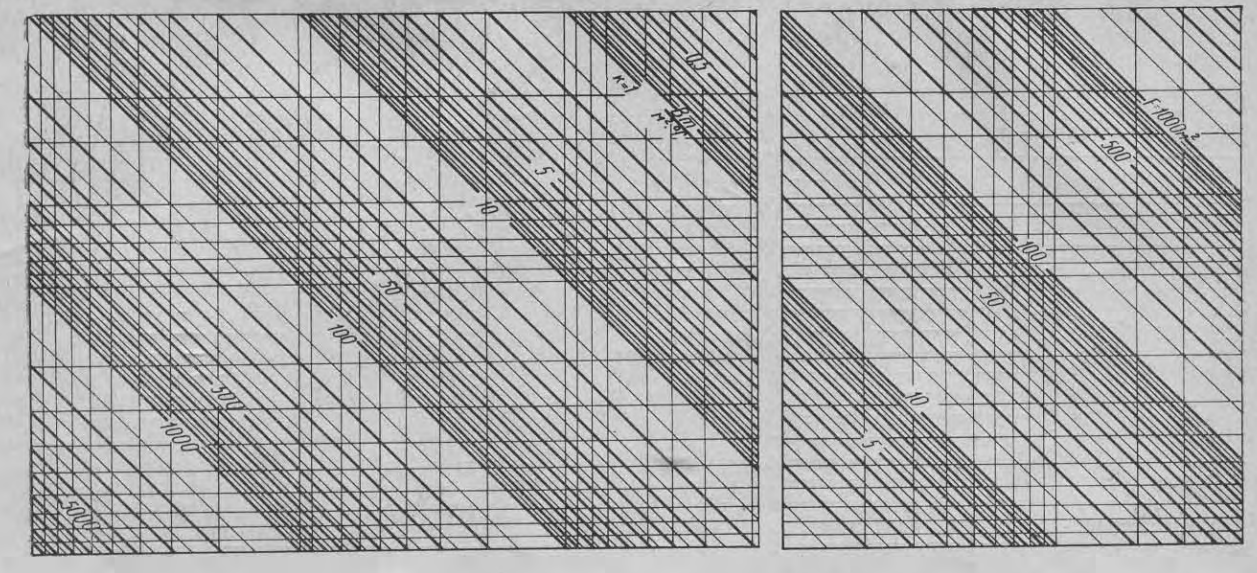
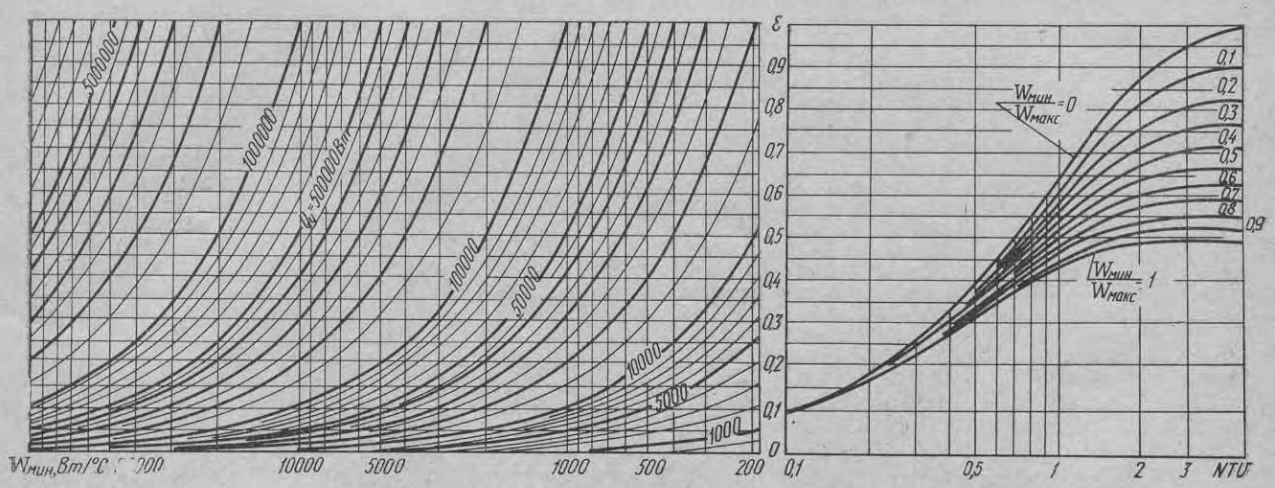


Рис. 41. Основная номограмма для расчета поверхностных теплообменников с противоточной схемой движения теплоносителей при $(\Delta t_н)_у = 100°C$



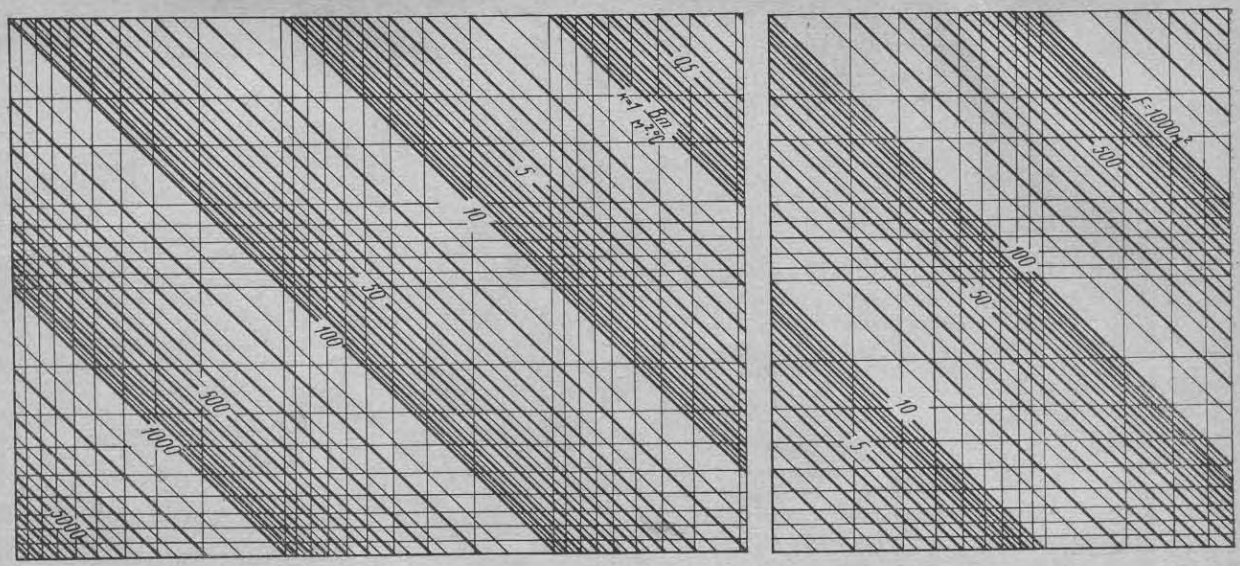


Рис. 42. Основная номограмма для расчета поверхностных теплообменников с прямоточной схемой движения теплоносителей при $(\Delta t_в)_у = 100°C$

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДЫ ПРИ ДАВЛЕНИИ 98,1 кПа (1 кгс/см²)

t, °С	ρ, кг/м³	c_w кДж/ (кг·°С)	c_w ккал/(кг·°С)	t, °С	ρ, кг/м³	c_w кДж/ (кг·°С)	c_w ккал/ (кг·°С)
0	999,8	4,219	1,007	50	998	4,177	0,997
10	999,7	4,194	1,001	60	983,3	4,182	0,998
20	998,2	4,186	0,999	70	977,8	4,19	1
30	995,6	4,177	0,997	80	971,3	4,198	1,002
40	992,6	4,177	0,997	90	965,3	4,211	1,005

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУХОГО ВОЗДУХА ПРИ ДАВЛЕНИИ 98,1 кПа (1 кгс/см²)

t, °С	ρ, кг/м³	c_p кДж/ (кг·°С)	c_p ккал/ (кг·°С)	t, °С	ρ, кг/м³	c_p кДж/ (кг·°С)	c_p ккал/ (кг·°С)
—50	1,534	1,014	0,242	30	1,127	1,014	0,242
—20	1,365	1,0098	0,241	40	1,092	1,014	0,242
0	1,252	1,0098	0,241	50	1,056	1,018	0,243
10	1,206	1,0098	0,241	60	1,025	1,018	0,243
20	1,164	1,014	0,242	70	0,996	1,018	0,243

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕКТРОКАЛОРИФЕРОВ И ИХ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Типоразмер	Мощность, кВт	Напряжение сети, В	Напряжение на ТЭН, В	Число электрических секций	Мощность трубчатого нагревателя, кВт	Максимальная температура на поверхности ТЭН, °С	Расход воздуха, м³/ч	Перепад температур, °С	Сопротивление по воздуху, Па/мм вод. ст.	Размеры рабочего пространства, мм: высота	ширина	длина
СФО-25/1Т-МО1	22,5	380	220	3	2,5	180	1600— 2800	40—20	147 / 15	270	725	240
СФО-40/1Т-МО1	45	380	220	3	2,5	180	2400— 4300	50—30	147 / 15	405	725	240
СФО-60/1Т-МО1	67,5	380	220	3	2,5	180	3300— 5700	56—32	245 / 25	540	725	240
СФО-100/1Т-МО1	90	380	220	3	2,5	180	4500— 9000	51—30	245 / 25	675	725	240
СФО-160/1Т-МО1	157,5	380	220	3	2,5	180	6600—12000	65—38	294 / 30	1080	725	240
СФО-250/1Т-МО1	225	380	220	3	2,5	180	9800—18000	63—39	343 / 35	1620	725	240

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Баркалов Б. В., Карпис Е. Е.** Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях (основы проектирования и расчета). М., Стройиздат, 1971.

2. **Богуславский Л. Б.** Экономика систем отопления и вентиляции. М., Изд-во Мин-ва коммун. хоз-ва РСФСР, 1962.

3. ГОСТ 9867—61. Международная система единиц.

4. ГОСТ 7664—61. Механические единицы.

5. ГОСТ 8550—61. Тепловые единицы.

6. ГОСТ 7201—70. Калориферы стальные, обогреваемые водой и паром. ГК СМ СССР по делам строительства.

7. ГПИ Сантехпроект. Альбом оборудования. Калориферы и агрегаты. М., 1968.

8. **Грищенко А. А.** Перспективы развития производства оборудования для кондиционирования воздуха и вентиляции. Тезисы докладов всесоюзного научно-технического совещания «Проблемы совершенствования и развития оборудования для кондиционирования воздуха и вентиляции». Харьков, 1974.

9. **Грудзинский М. М., Поз М. Я.** Исследование гидродинамики коллекторов воздухонагревателей на воздушных моделях. — Труды НИИСТ. Отопительные котлы и нагревательные приборы, № 28, 1968.

10. **Грудзинский М. М., Поз М. Я.** Изменение стандарта на калориферы и некоторые вопросы проектирования и монтажа калориферных установок. — «Водоснабжение и санитарная техника», 1969, № 2.

11. **Гуревич В. З., Демидов Н. А.** Судовые электронагревательные устройства. Л., «Судостроение», 1965.

12. **Гоголин А. А.** Кондиционирование воздуха в мясной промышленности. М., «Пищевая промышленность», 1966.

13. **Держкович В. А.** Регулирование производительности пароводяных подогревателей. — «Водоснабжение и санитарная техника», 1972, № 2.

14. **Егиазаров А. Г.** Изготовление и монтаж систем вентиляции и кондиционирования воздуха. М., «Высшая школа», 1971.

15. **Захаров Ю. В., Андреев Л. М.** Оборудование судовых систем кондиционирования воздуха (устройство, характеристики, основы теории и проектирования). Л., «Судостроение», 1971.

16. **Захаров Ю. В.** Судовые установки кондиционирования воздуха и холодильные машины. Л., «Судостроение», 1972.

17. **Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С.** Теплопередача. М.—Л., «Энергия», 1965.

18. Калориферы электрические серии СФО. Паспорт и руководство по эксплуатации.

19. **Каменев П. Н.** Отопление и вентиляция, ч. II. Вентиляция. М., Стройиздат, 1964.

20. **Карпис Е. Е.** Конструктивные, теплотехнические и аэродинамические характеристики и данные для расчетов калориферов ВНИИСТО с плотной насадкой пластин. М., Промстройиздат, 1953.

21. **Карпис Е. Е., Поликарпов В. Ф., Сенатов И. Г., Шепелев И. А.** Оборудование для систем центрального отопления и вентиляции. М., Госстройиздат, 1956.

22. **Карпис Е. Е.** Расчет типовых секций подогрева центральных кондиционеров. Кондиционирование воздуха. — Труды НИИСТ, № 15, 1963.

23. **Карпис Е. Е.** Компоновка кондиционеров с учетом защиты водовоздушных калориферов первого подогрева от замерзания. — «Кондиционеры. Калориферы. Вентиляторы», 1972, № 1—2.

24. **Кейс В. М., Лондон А. Л.** Компактные теплообменники. М., «Энергия», 1967.

25. **Кирпичев М. В.** О наивыгоднейшей форме поверхности нагрева. — Труды Энергетич. ин-та АН СССР, т. 12, 1944.

26. **Киселев П. Г.** Справочник по гидравлическим расчетам. М., «Энергия», 1972.

27. **Краснощеков Л. Ф.** Подбор калориферных установок. — «Водоснабжение и санитарная техника», 1964, № 8.

28. **Краснощеков Л. Ф.** Расчет типовых секций подогрева центральных кондиционеров при помощи номограмм. — В кн.: Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. М., Стройиздат, 1965.

29. **Краснощеков Л. Ф., Шефнер Л. Г.** Гидравлические потери в калориферах. — Труды ВНИИГС, № 23, 1965.

30. **Краснощеков Л. Ф.** Номограмма для теплового расчета судовых паровых нагревателей воздуха. — «Судостроение», 1968, № 6.

31. **Краснощеков Л. Ф.** Расчет и проектирование воздухонагревательных установок для систем приточной вентиляции. Л., Стройиздат, 1972.

32. **Креслинь А. Я.** Простейший способ защиты калорифера первого подогрева от замерзания. — В кн.: Кондиционирование воздуха в промышленных и общественных зданиях. Ташкент, 1970.

33. **Кутателадзе С. С.** Основы теории теплообмена. Новосибирск, «Наука», 1970.

34. **Ладыженский Р. М.** Кондиционирование воздуха. М., Госторгиздат, 1962.

35. **Ландау Л. Д., Китайгородский А. И.** Физика для всех. Движение, теплота. М., «Наука», 1965.

36. **Максимов Г. А.** Отопление и вентиляция, ч. II. Вентиляция. М., «Высшая школа», 1968.

37. **Марусидзе Д. Н.** и др. Оборудование для создания микроклимата на фермах. М., «Колос», 1972.

38. **Миндин Г. Р.** Электронагревательные трубчатые элементы. М., «Энергия», 1965.

39. **Минин В. Е.** Метод оптимального теплотехнического расчета водовоздушных поверхностных теплообменников, предназначенных для систем кондиционирования воздуха. Доклады всесоюзной межвузовской конференции ЛТИХП «Кондиционирование воздуха». Л., 1968.

40. **Минин В. Е.** Методика поверочного расчета калориферов и секций подогрева центральных кондиционеров. — В кн.: Теплоснабжение и вентиляция. Киев. 1969.

41. **Минин В. Е.** Исследование воздухоохладителя из алюминиевых трубок с накатными ребрами. — «Холодильная техника», 1969, № 10.

42. **Минин В. Е.** Методика расчета калориферных установок. —

В кн.: Отопление и вентиляция промышленных и гражданских зданий, ч. I. Л., ЛДНТП, 1971.

43. **Минин В. Е.** Пучок оребренных трубок компактной и высокоэффективной теплообменной поверхности. — Труды ВНИИКондвентмаш. Кондиционеростроение, вып. 2. Харьков, 1973.

44. **Михеев М. А.** Основы теплопередачи. М., Госэнергоиздат, 1956.

45. **Мурин Г. А.** Теплотехнические измерения. М., «Энергия», 1968.

46. **Отопление,** вентиляция, кондиционирование воздуха. Справочное руководство. Сокр. пер. с англ. под ред. И. Г. Староверова. М., Госстройиздат, 1963.

47. **Поз М. Я.** Расчет коллекторов воздухонагревателей при теплоносителе паре. — Труды НИИСТ. Отопительные котлы и нагревательные приборы, № 28, 1968.

48. **Поз М. Я.** Повышение гидродинамической устойчивости и экономичности калориферных установок в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Автореф. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. М., 1969.

49. **Поль Б. Гревс.** Влияние низких температур арктических широт на схемы, влажность, расслоение потоков и стоимость отопления. АСН, т. 3, 1969.

50. **Поль Вихард.** Механика, акустика и учение о теплоте. М., «Наука», 1971.

51. **Петровский Ю. В., Фастовский В. Г.** Современные эффективные теплообменники. М., Госэнергоиздат, 1962.

52. Проект ГОСТа СССР. Единицы физических величин. — «Измерительная техника», 1970, № 2.

53. **Рымкевич А. А., Минин В. Е.** Диаграмма совмещенных характеристик поверхностных воздухоохладителей, питаемых водой.— «Водоснабжение и санитарная техника», 1966, № 2.

54. **Рымкевич А. А., Минин В. Е.** Метод построения диаграмм совмещенных характеристик поверхностных воздухоохладителей — «Холодильная техника», 1967, № 9.

55. **Рысин С. А.** Вентиляционные установки машиностроительных заводов. Справочник. М., «Машиностроение», 1964.

56. **Сасин В. И.** Уточнение методов теплоаэродинамического расчета ребристых калориферов и воздухоохладителей. — Труды НИИ Сантехника. Кондиционирование воздуха, № 27, 1969.

57. **Сборники** рекомендуемых терминов. Теория теплообмена. Терминология. М., «Наука», вып. 83, 1971.

58. **Сенатов Г. И.** Экспериментальное исследование теплотехнических и аэродинамических характеристик секций подогрева центральных кондиционеров. — Труды НИИСТ, № 2, 1959.

59. **Сосин М. Л.** Защита от замораживания оборудования систем вентиляции и кондиционирования воздуха (зарубежный опыт).— Труды ГИПРОНИИ АН СССР. Исследование, расчет, проектирование санитарно-технических систем, вып. 2, 1970.

60. **Справочник** проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Вентиляция и кондиционирование воздуха (внутренние санитарно-технические устройства), ч. II. Под ред. И. Г. Староверова. М., Стройиздат, 1969.

61. **Справочник** по специальным работам. Наладка, регулировка и эксплуатация систем промышленной вентиляции. Под ред. Эрлихмана С. Я. М., Госстройиздат, 1962.

62. **Талиев В. Н.** Приближенный метод расчета коэффициента теплопередачи калориферных установок. — «Водоснабжение и санитарная техника», 1957, № 2.

63. **Технические** условия на производство и приемку строительно-монтажных работ. СН 68-69.

64. **Указания** по определению теплотехнических и аэродинамических показателей стальных калориферов (методика испытания на стендах). М.—Л., Стройиздат, 1964.

65. **Фильней М. И.** Калориферные установки. М., Стройиздат, 1952.

66. **Фильней М. И.** Теплотехнические характеристики калориферных установок. — «Водоснабжение и санитарная техника», 1959, № 11.

67. **Фильней М. И.** Работа калориферных установок с обводным клапаном. — Известия вузов. Строительство и арихтектура, 1959, № 10.

68. **Фильней М. И.** Обобщенные характеристики калориферных установок. — Известия вузов. Строительство и архитектура. 1964, № 2.

69. **Фильней М. И.** Проектирование вентиляционных установок. М., «Высшая школа», 1966.

70. **Фильней М. И.** Характеристика калориферных установок при работе их на воде. — Известия вузов. Строительство и санитарная техника, № 6, 1969.

71. **Фомин В. А.** Графический способ подбора воздухонагревателей. — «Судостроение», 1966, № 8.

72. **Фраас А., Оцисик М.** Расчет и конструирование теплообменников. М., Атомиздат, 1971.

73. **Хейфец Д. И.** Исследования режимов регулирования теплообменных аппаратов систем кондиционирования воздуха. Автореф. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. М., 1971.

74. **Хоблер Т.** Теплопередача и теплообменники. Л., ГНТИ химической литературы, 1961.

75. **Цыганков А. С.** Расчеты теплообменных аппаратов. Л., Судпромгиз, 1956.

76. **Швец И. Т.** Энергетика. Киев, «Вища школа», 1971.

77. **Щекин Р. В.** и др. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Вентиляция и кондиционирование. Киев, «Будівельник», 1968.

78. **Языков В. Н.** Теоретические основы проектирования судовых систем кондиционирования воздуха. Л., «Судостроение», 1967.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Условные обозначения основных величин 3

Предисловие 6

Введение 7

Глава I. Общие сведения о поверхностных воздухонагревателях и их работе 15

1. Устройство поверхностных воздухонагревателей и их классификация 15
2. Особенности работы водовоздушных воздухонагревателей 27
3. Особенности работы паровоздушных воздухонагревателей 43
4. Замерзание поверхностных воздухонагревателей . 46
5. Особенности работы электрических воздухонагревателей 57
6. Методика и результаты технико-экономического сравнения поверхностных воздухонагревателей . 60

Глава II. Равчсет воздухонагревательных установок . . . 74

1. Обзор методик расчета воздухонагревательных установок, обогреваемых водой и паром 74
2. Первый вариант методики расчета воздухонагревательных установок, обогреваемых водой и паром . 88
3. Второй вариант методики расчета воздухонагревательных установок, обогреваемых водой и паром . 102
4. Третий вариант методики расчета воздухонагревательных установок, обогреваемых водой 109
5. Методика расчета электрических воздухонагревателей 115

Глава III. Монтаж, наладка и эксплуатация воздухонагревательных установок 120

1. Особенности монтажа воздухонагревателей . . . 120
2. Особенности наладки воздухонагревательных установок 125
3. Особенности эксплуатационного обслуживания воздухонагревательных установок 143

Приложение 1. Теплофизические характеристики сухого насыщенного пара и воды на линии насыщения 150

Приложение 2. Значения к. п. д. противоточного теплообменника в зависимости от значений $W_{мин}/W_{макс}$ и NTU 153

Стр.

Приложение 3. Значения к. п. д. прямоточного теплообменника в зависимости от значений $W_{мин}/W_{макс}$ и NTU 155

Приложение 4. Значения к. п. д. теплообменника с перекрестным током (один поток перемешивается, другой не перемешивается) в зависимости от значений $W_{мин}/W_{макс}$ и NTU при $W_в < W_w$ 158

Приложение 5. Значения к. п. д. теплообменника с перекрестным током (один поток перемешивается, другой не перемешивается) в зависимости от значений $W_{мин}/W_{макс}$ и NTU при $W_в < W_w$ 160

Приложение 6. Перечень поверхностных теплообменников, обогреваемых водой и паром 163

Приложение 7. Эмпирические уравнения для расчета поверхностных воздухонагревателей 174

Приложение 8. Основные номограммы для расчета поверхностных воздухонагревателей 182

Приложение 9. Теплофизические характеристики воды при давлении 98,1 кПа (1 кгс/см²) 192

Приложение 10. Теплофизические характеристики сухого воздуха при давлении 98,1 кПа (1 кгс/см²) 192

Приложение 11. Перечень электрокалориферов и их технические характеристики 193

Список литературы 194

Владимир Ефимович Минин

ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛИ ДЛЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Редакция литературы по инженерному оборудованию
Зав. редакцией И. П. Скворцова
Редактор С. И. Перглер
Мл. редактор В. И. Шигина
Внешнее оформление художника
В. Д. Епанешникова
Технический редактор Г. В. Климушкина
Корректоры Е. Н. Кудрявцева,
Н. П. Чугунова

Сдано в набор 22/X 1975 г. Подписано к печати 21/I 1976 г.
Т-01430 Формат 84×108 1/32 Бумага типографская № 2
10,50 усл. печ. л. (уч.-изд. 10,95 л.)
Тираж 5 000. экз. Изд. № AVI—4924 Зак. № 688
Цена 55 коп.

Стройиздат
103006, Москва, Каляевская, 23а

Подольская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
г. Подольск, ул. Кирова, д. 25