

ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛИ

Воздухоохладители

Качество воздухоохладителя и его потребительские свойства оцениваются следующими основными показателями: площадью теплопередающей поверхности (как правило, со стороны воздуха) A (м^2), массой воздухоохладителя m (кг), коэффициентом теплопередачи, отнесенные к теплообменной поверхности со стороны воздуха k_H [$\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$], плотностью теплового потока q_A ($\text{Вт}/\text{м}^2$), гидравлическим сопротивлением воздухоохладителя при прохождении холодильного агента $\Delta p_{\text{в.а}}$ (кПа), аэродинамическим сопротивлением воздухоохладителя $\Delta p_{\text{в.в}}$ (кПа).

Воздухоохладители

Испытание воздухоохладителя для определения указанных характеристик воздухоохладителя проводят на специальном теплообменном стенде, работающем по полному циклу холодильной машины на реальном холодильном агенте и имеющем воздушное кольцо для циркуляции воздуха через испытуемый аппарат.

Воздухоохладители

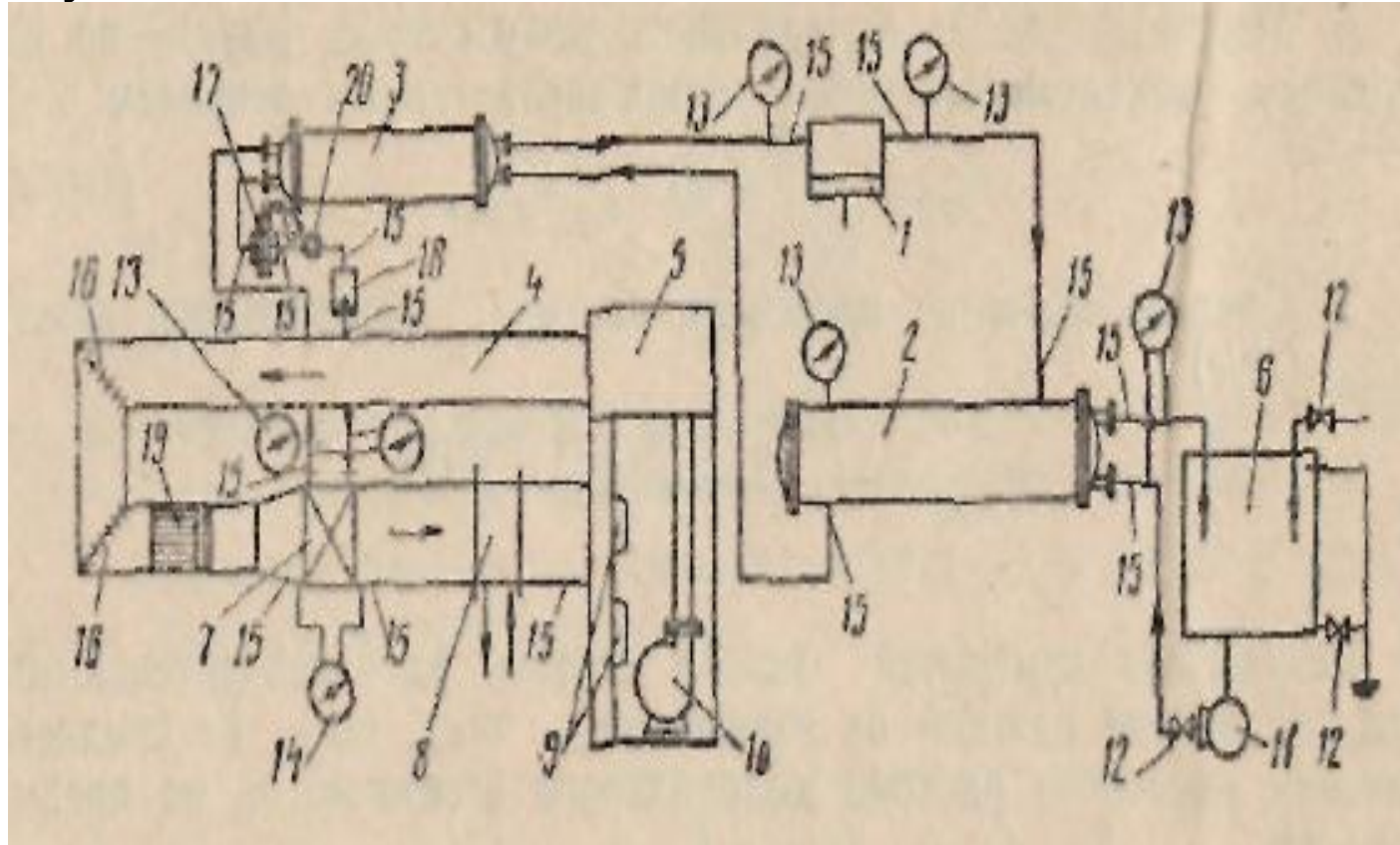


Схема теплообменного стенда для испытаний воздухоохлаждателей:
1 — компрессор; 2 — конденсатор; 3 — регенеративный теплообменник; 4 —
воздушное кольцо; 5 — воздушная камера; 6 — водяной бак; 7 —
воздухоохладитель;
8 — калорифер; 9 — измерительные сопла; 10 — вентилятор; 11 — водяной
насос; 12 — вентиль запорный; 13 — манометр; 14 — дифманометр; 15 — место
измерения температуры; 16 — направляющие лопатки; 17 — расходомер; 18 —
регулирующий вентиль; 19 — устройство для выравнивания потока; 20 —
смотровое стекло

Воздухоохладители

Питание испарительной части осуществляется терморегулирующим вентилем 18, к которому подводится жидкий холодильный агент, переохлажденный в регенеративном теплообменнике 3. Смотровое стекло 20, установленное перед регулирующим вентилем, позволяет контролировать отсутствие пузырьков пара в жидком холодильном агенте. Испарившийся холодильный агент отсасывается компрессором 1 и затем нагнетается в конденсатор 2. Воздух, продуваемый через воздухоохладитель, циркулирует в воздушном кольце с помощью вентилятора 10. Для создания установившегося режима при различных температурах продуваемого воздуха после испытуемого аппарата 7 устанавливают калорифер 8.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРНЫЕ РЕЖИМЫ ИСПЫТАНИЙ ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЕЙ

Группа температурного режима	Температура, °С		
	кипения холодильного агента	перегретого пара лодильного агент на выходе из аппарата	охлаждаемой среды на входе в аппарат
I	0	+6	+10
II	-8	-3	0
III	-25	-20	-18
IV	-31	-27	-25
V	-40	-36	-34

Воздухоохладители

Для сопоставимости результатов необходимо соблюсти также и другие условия. Температура жидкого переохлажденного холодильного агента перед терморегулирующим вентилем должна быть $15 \pm 3^\circ\text{C}$ при предпочтительной температуре конденсации $30 \pm 3^\circ\text{C}$. При испытании на «сухом» режиме (без конденсации влаги на наружной поверхности воздухоохладителя) должна быть проведена осушка воздуха, циркулирующего в воздушном кольце, до точки росы на $2 - 4^\circ\text{C}$ ниже температуры кипения.

Воздухоохладители

Осушка может быть проведена, например, путем предварительной работы стенда при более низких температурах кипения и отвода конденсата. Рекомендуется изолировать конденсатор и воздушное кольцо, с помощью тарировки или расчета определить теплоотвод в окружающую среду Q_h в зависимости от разницы температур окружающей среды и поверхности конденсатора и кольца.

Воздухоохладители

Определение Q_h для конденсатора с помощью тарировки или расчетным путем дано в разделе III.1.1 (метод G).

Теплопритоки к воздушному кольцу определяются по участкам с одинаковыми температурами на наружной поверхности изоляции кольца. Как правило, участков должно быть четыре: вентиляторная камера, воздуховод от камеры до воздухоохладителя, воздуховод от воздухоохладителя до калорифера, воздуховод от калорифера до камеры. Коэффициент теплоотдачи принимается равным $8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$.

Воздухоохладители

Теплопритоки на каждом участке рассчитывают по формуле

$$Q_{hi} = 8A_i(t_{pi} - t_{o.c})$$

где A_i — площадь наружной поверхности воздушного кольца на данном участке;
 t_{pi} — температура наружной поверхности; $t_{o.c}$ — температура окружающей среды.

Воздухоохладители

Общий теплоприток в воздушном кольце Q_h в результате теплообмена с окружающей средой определяют как сумму теплопритоков по участкам с учетом направленности теплового потока (подвод или отвод тепла).

После достижения установившегося режима измеряют следующие параметры:

Воздухоохладители

Параметр	Обозначение	Рекомендуемая точность приборов
Температура воздуха, °С		
перед воздухоохладителем	$t_{в.в1}$	±0,06
после воздухоохладителя	$t_{в.в2}$	±0,06
Температура жидкого холодильного агента перед терморегулирующим вентилем, °С	$t_{а.рв}$	±0,3
Температура холодильного агента на входе в воздухоохладитель, °С	$t_{а.в1}$	±0,3
Температура пара холодильного агента после воздухоохладителя, °С	$t_{а.в2}$	±0,3
Температура холодильного агента, °С		
перед конденсатором	$t_{а.к1}$	±0,3
после конденсатора	$t_{а.к2}$	±0,3
Температура воды, °С		
на входе в конденсатор	t_{w1}	±0,06
на выходе из конденсатора	t_{w2}	±0,06

Воздухоохладители

Параметр	Обозначение	Рекомендуемая точность приборов
Температура греющей среды, °С		
на входе в калорифер	t_{r1}	±0,06
на выходе из калорифера	t_{r2}	±0,06
Температура окружающей среды, °С	$t_{o.c}$	±0,3
Температура поверхности теплоизоляции, °С	t_n	±0,3
Точка росы воздуха, циркулирующего в воздушном кольце, °С	$t_{т.р}$	±1
Давление холодильного агента на выходе из воздухоохладителя, кПа	$p_{a.в2}$	±1%
Разность давлений холодильного агента на входе в воздухоохладитель и на выходе из него, кПа	$\Delta p_{в.а}$	±3%
Давление воздуха в воздушном кольце, кПа	$p_в$	±1%
Аэродинамическое сопротивление воздухоохладителя, кПа	$\Delta p_{в.в}$	±3%
Давление холодильного агента в конденсаторе, кПа	$p_{a.к}$	±1%
Объемный расход жидкого холодильного агента в смеси с маслом, м ³ /с	V_a	±1%
Объемный расход воздуха через воздухоохладитель, м ³ /с	$V_в$	±2%

Воздухоохладители

Параметр	Обозначение	Рекомендуемая точность приборов
Объемный расход воды через конденсатор, м ³ /с	V_w	±1%
Объемный расход греющей среды через калорифер, м ³ /с	V_r	±1%
Плотность смеси жидкого холодильного агента и масла перед расходомером, кг/м ³	ρ_a	±1%
Теплоемкость масла, кДж/(кг К)	c_m	±3%
Плотность воздуха перед расходомерным соплом, кг/м ³	ρ_b	±1%
Концентрация масла в смеси холодильного агента с маслом	x	±0,2%
Мощность, потребляемая вентилятором для циркуляции воздуха в воздушном кольце, Вт	N_b	±1%

Воздухоохладители

Температура воздуха на входе в воздухоохладитель и на выходе из него должна измеряться на расстоянии не более 0,1 м от ребренной части аппарата. Количество термодпар, равномерно расположенных по входному фронтальному сечению, должно быть не менее 6. Хорошая равномерность температурного поля перед аппаратом позволяет с достаточной точностью определить среднюю температуру воздуха перед воздухоохладителем как среднее арифметическое всех измерений в данном сечении.

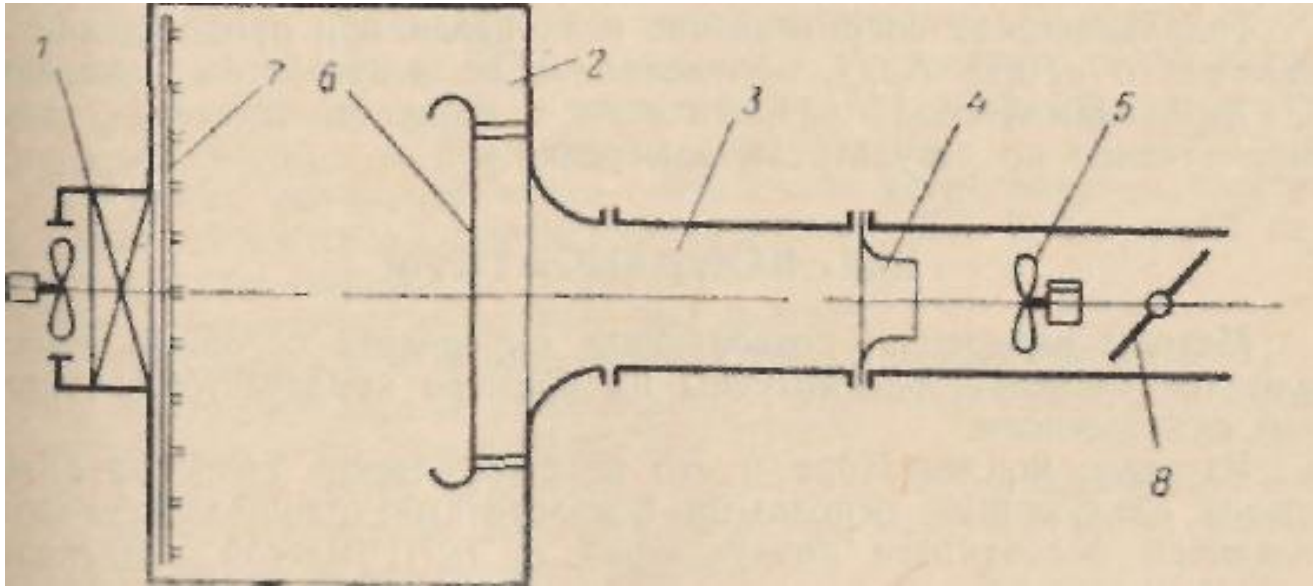
Воздухоохладители

Температура воздуха на выходе из аппарата должна измеряться в точках, равномерно размещенных по торцевому сечению (из расчета одна точка замера на $0,5 - 0,7 \text{ м}^2$ поверхности), но не менее чем в 6 точках. Температурное поле за аппаратом неравномерно, поэтому среднее арифметическое значение всех измерений не позволяет с необходимой точностью получить среднюю температуру воздуха на выходе из воздухоохладителя; она определяется из теплового баланса.

Воздухоохладители

Измерение расхода воздуха через воздухоохладитель может проводиться независимо от тепловых испытаний с использованием расходомерного устройства

Воздухоохладители



Расходомерное устройство:

- 1 — воздухоохладитель; 2 — компенсационная камера; 3 — измерительный участок воздухопровода; 4 — измеритель расхода; 5 — вентилятор; 6 — отражательная пластина; 7 — кольцо для отбора давления; 8 — заслонка

Воздухоохладители

Для получения основных характеристик воздухоохладителя по результатам измерений определяют следующие величины:

- Массовый расход холодильного агента — по тепловому балансу конденсатора $m_{a.k}$ по уравнению (III—5).
- Массовый расход холодильного агента — по измерениям расходомером $m_{a.pv}$ по уравнению (III—6).

Воздухоохладители

Среднее значение массового расхода холодильного агента $m_{a.cр}$ — как среднее арифметическое двух предыдущих значений. Результаты измерений можно считать удовлетворительными, если отклонение каждой из величин $m_{a.pв}$ и $m_{a.k}$ от среднего значения не превышает 4%.

Воздухоохладители

Тепловой поток в воздухоохладителе Q_0 (Вт) — по расходу холодильного агента:

$$Q_0 = m_{a,ср} \left[\Delta h_{a,в} - \frac{x}{1-x} c_m (t_{p,в} - t_{a,в2}) \right],$$

где $\Delta h_{a,в}$ — разность удельных энтальпий, определенная по параметрам холодильного агента на входе в воздухоохладитель и на выходе из него.

Воздухоохладители

Тепловой поток в калорифере Q_{Γ} (Вт)

$$Q_{\Gamma} = V_{\Gamma} \rho_{\Gamma} c_{\Gamma} (t_{\Gamma 1} - t_{\Gamma 2})$$

где ρ_{Γ} — плотность греющей среды, определенная при средней температуре в калорифере, равно $0,5(t_{\Gamma 1} + t_{\Gamma 2})$. — теплоемкость греющей среды при этой же температуре.

Воздухоохладители

Тепловой поток в воздухоохладителе Q_0 (Вт), рассчитанный по уравнению теплового баланса в воздушном кольце,

$$Q_0 = Q_{\Gamma} + N_{\text{в}} + Q_{\text{н}}.$$

Среднее значение теплового потока в воздухоохладителе $Q_{0\text{ср}}$ — как среднее арифметическое двух ранее полученных значений.

Результаты измерений можно считать удовлетворительными, если отклонение каждой из величин Q_0 от среднего значения не превышает 4%.

Воздухоохладители

Среднюю температуру воздуха на выходе из воздухоохладителя $t_{в.в2}$ (°C) — из теплового баланса воздухоохладителя:

$$t_{в.в2} = t_{в.в1} - Q_{0ср} / (V_{в} \rho_{в} c_{рв}),$$

где $c_{рв}$ — теплоемкость воздуха при температуре и давлении перед расходомерным соплом.

Воздухоохладители

Целесообразно сравнить среднюю температуру воздуха, определенную из теплового баланса воздухоохладителя, с результатами измерений.

Среднелогарифмический температурный напор Θ (°C)

$$\theta = \frac{t_{в1} - t_{в2}}{\ln \frac{t_{в1} - t_0}{t_{в2} - t_0}}$$

где t_0 — средняя температура кипения, равная ; здесь t_{02} определяется как температура насыщенных паров при давлении $p_{a.в2}$.

Воздухоохладители

Основные теплотехнические и аэродинамические показатели воздухоохладителя, характеризующие его качество:

- коэффициент теплопередачи [Вт/(м² К)], отнесенный к теплообменной поверхности со стороны воздуха,

$$k = Q_0 / (A\theta);$$

Воздухоохладители

- плотность теплового потока q_A (Вт/м²)

$$q_A = Q_0 / A;$$

- гидравлическое сопротивление испарителя при прохождении холодильного агента $\Delta p_{в.а'}$, определяемое по результатам измерений;
- аэродинамическое сопротивление воздухоохладителя $\Delta p_{в.в'}$, определяемое по результатам измерений.

КОНДЕНСАТОРЫ

Методы измерения, позволяющие определить основные показатели конденсатора, рассмотрены на примере конденсатора с водяным охлаждением.

Качество конденсатора и его потребительские свойства оцениваются следующими основными показателями: площадью теплопередающей поверхности конденсатора A (м^2); массой конденсатора m (кг); коэффициентом теплопередачи $k_{\text{вн}}$ [$\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$], отнесенным, как правило, к внутренней поверхности; плотностью теплового потока $q_{\text{АВН}}$ ($\text{Вт}/\text{м}^2$); гидравлическим сопротивлением конденсатора при прохождении холодильного агента $\Delta p_{\text{к.а}}$ (кПа); гидравлическим сопротивлением при прохождении охлаждающей воды $\Delta p_{\text{кв}}$ (кПа).

Конденсаторы

Испытание конденсаторов для определения этих характеристик осуществляется на теплообменном стенде, работающем по полному циклу холодильной машины на реальном холодильном агенте.

Конденсаторы

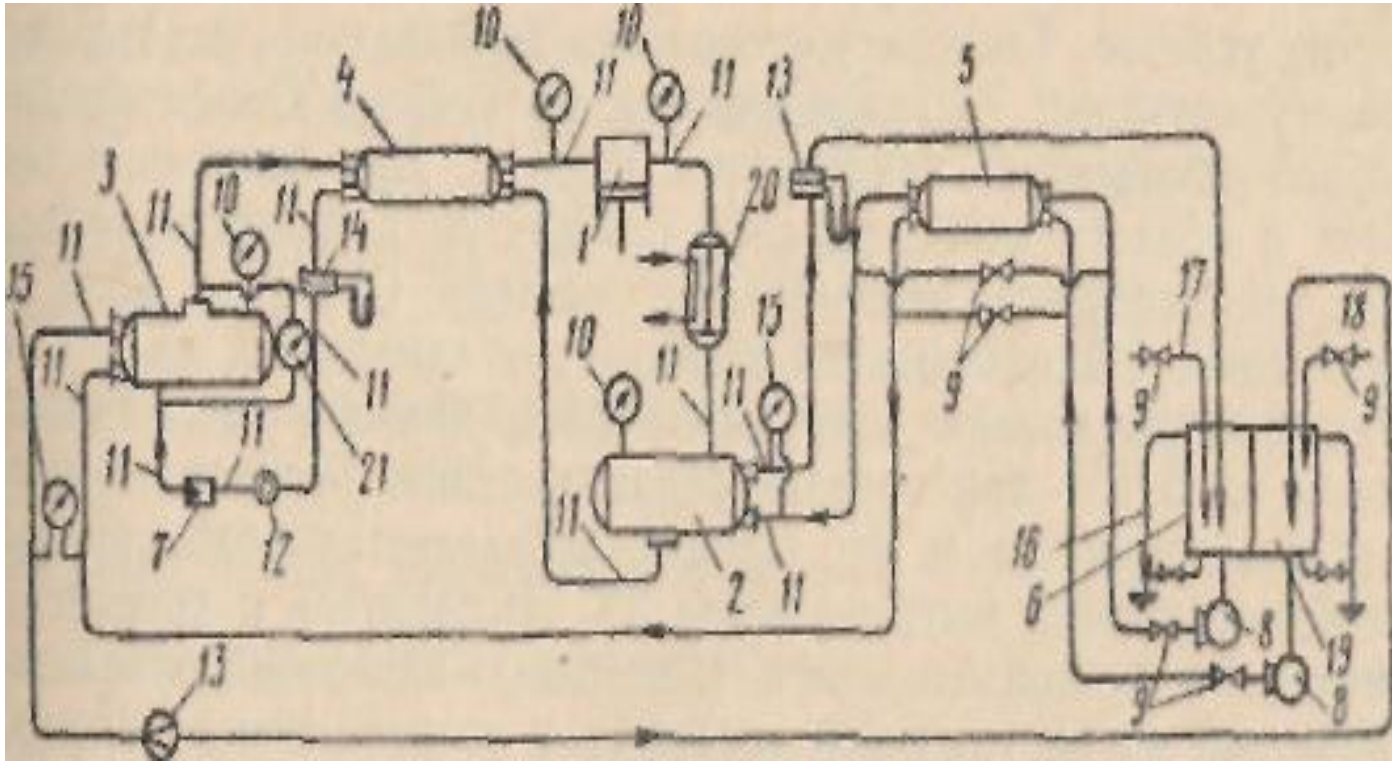


Схема теплообменного стенда для испытаний холодильной машины и ее агрегатов:

- 1 — компрессор; 2 — конденсатор; 3 — испаритель; 4 — регенеративный теплообменник; 5 — теплообменник «вода — теплоноситель»; 6 — водяной бак; 7 — регулирующий вентиль; 8 — насос; 9 — запорный вентиль; 10 — манометр; 11 — место измерения температуры; 12 — смотровое стекло; 13 — измеритель расхода теплоносителя; 14 — измеритель расхода хладагента; 15 — дифманометр; 16 — отвод воды; 17 — подвод холодной воды; 18 — периодический подвод горячей воды; 19 — бак теплоносителя; 20 — водяной теплообменник; 21 — дифманометр

Конденсаторы

В конденсатор 2 поступает пар холодильного агента из компрессора 1 после теплообменника 20, который позволяет регулировать температуру холодильного агента на входе в конденсатор. Жидкий холодильный агент отводится из конденсатора в испаритель через регенеративный теплообменник 4 и терморегулирующий вентиль 7. Охлаждающая вода подается в конденсатор из бака 19 насосом 8. Температура ее зависит от количества свежей холодной воды, подаваемой в бак по трубопроводу 17.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРНЫЕ РЕЖИМЫ ИСПЫТАНИЙ КОНДЕНСАТОРОВ С ВОДЯНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Группа температурного режима	Температура, °С				
	Конденсации холодильного агента	перегретого пара холодильного агента на входе в аппарат			охлаждающей среды на входе в аппарат
		R12	R22	NH ₃	
I	30	55	75	110	22
II	35	60	80	120	27
III	40	65	85	135	32

Конденсаторы

Температура перегрева паров на входе в конденсатор должна быть выше температуры конденсации не менее чем на 20 °С. Разность температур охлаждающей воды, подаваемой на конденсатор, должна быть не менее 3°С.

Конденсатор целесообразно теплоизолировать. С помощью измерений (см. подраздел III.1.1, метод G) определяют теплопритоки из окружающей среды Q_h в зависимости от разности температур окружающей среды и поверхности аппарата.

Конденсаторы

Во время испытаний после достижения установившегося режима кроме параметров, перечисленных при испытании испарителей, измеряют также следующие параметры.

ПАРАМЕТРЫ, ИЗМЕРЯЕМЫЕ ПРИ ИСПЫТАНИИ КОНДЕНСАТОРОВ

Измеряемые параметры	Обозначение	Рекомендуемая точность измерительных приборов
Разность давлений холодильного агента на входе и выходе из конденсатора, кПа	$\Delta p_{к.а}$	$\pm 3\%$
Гидравлическое сопротивление конденсатора при прохождении воды, кПа	$\Delta p_{кв}$	$\pm 3\%$
Давление холодильного агента в паровом пространстве конденсатора, кПа	$p_{а.к}$	$\pm 0,2\%$

Конденсаторы

По результатам измерений определяют:

- Тепловой поток в испарителе Q_0 — по уравнению (III—1).
- Массовый расход холодильного агента по тепловому балансу испарителя — по уравнению (III—3).
- Тепловой поток в конденсаторе Q_k — по уравнению (III—4).

Конденсаторы

- Массовый расход холодильного агента по тепловому балансу конденсатора — по уравнению (III—5).
- Массовый расход холодильного агента по измерениям — расходомером перед терморегулирующим вентилем — по уравнению (III—6).
- Среднее значение массового расхода холодильного агента, определенного тремя методами измерения, вычисляется как среднее арифметическое. Результаты измерений можно считать удовлетворительными, если отклонения каждой из трех величин от среднего значения массового расхода холодильного агента не превышают 4%.

Конденсаторы

- Тепловой поток в конденсаторе Q_k (Вт) — по формуле

$$Q_k = m_{a,ср} \Delta h_{a,к}$$

где $\Delta h_{a,к}$ - разность удельных энтальпий, определенная по параметрам холодильного агента на входе в конденсатор ($p_{a.к1}; t_{a.к1}$) и на выходе ($p_{a.к2}; t_{a.к2}$) из него.

Конденсаторы

- Среднелогарифмический температурный напор Θ (°C) — по

форм

$$\theta = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\ln \frac{t_k - t_{w1}}{t_k - t_{w2}}}$$

где t_k — температура конденсации холодильного агента, определенная по давлению $p_{a.k}$ в паровом пространстве конденсатора.

Конденсаторы

Основные теплотехнические и гидродинамические показатели испарителя, характеризующие его качество, определяют:

- коэффициент теплопередачи $k_{вн}$ [Вт/(м² К)] — по формуле

$$k_{вн} = Q_K / (A_{вн} \theta);$$

Конденсаторы

- плотность теплового потока $q_{\text{АВН}}$ (Вт/м²) — по формуле

$$q_{\text{АВН}} = Q_{\text{к}} / A_{\text{ВН}};$$

- гидравлическое сопротивление конденсатора при прохождении холодильного агента $\Delta p_{\text{к.а}}$ — по результатам измерений;
- гидравлическое сопротивление при прохождении воды $\Delta p_{\text{кв}}$ — по результатам измерений.

ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Качество холодильных машин

оценивается следующими основными показателями:

холодопроизводительностью Q_0 (кВт),

потребляемой мощностью N (кВт),

массой машины m (кг), удельностью $\varepsilon = Q_0/N$

холодопроизводительностью $\gamma = Q_0/m$

удельной материалоемкостью .

Холодильные машины

- . Испытание холодильной машины для охлаждения жидких теплоносителей осуществляется на теплообменном стенде, работающем по полному циклу холодильной машины на реальном холодильном агенте с использованием реального теплоносителя. Схема связи машины и ее элементов с аппаратами стенда показана на рисунке.

Холодильные машины

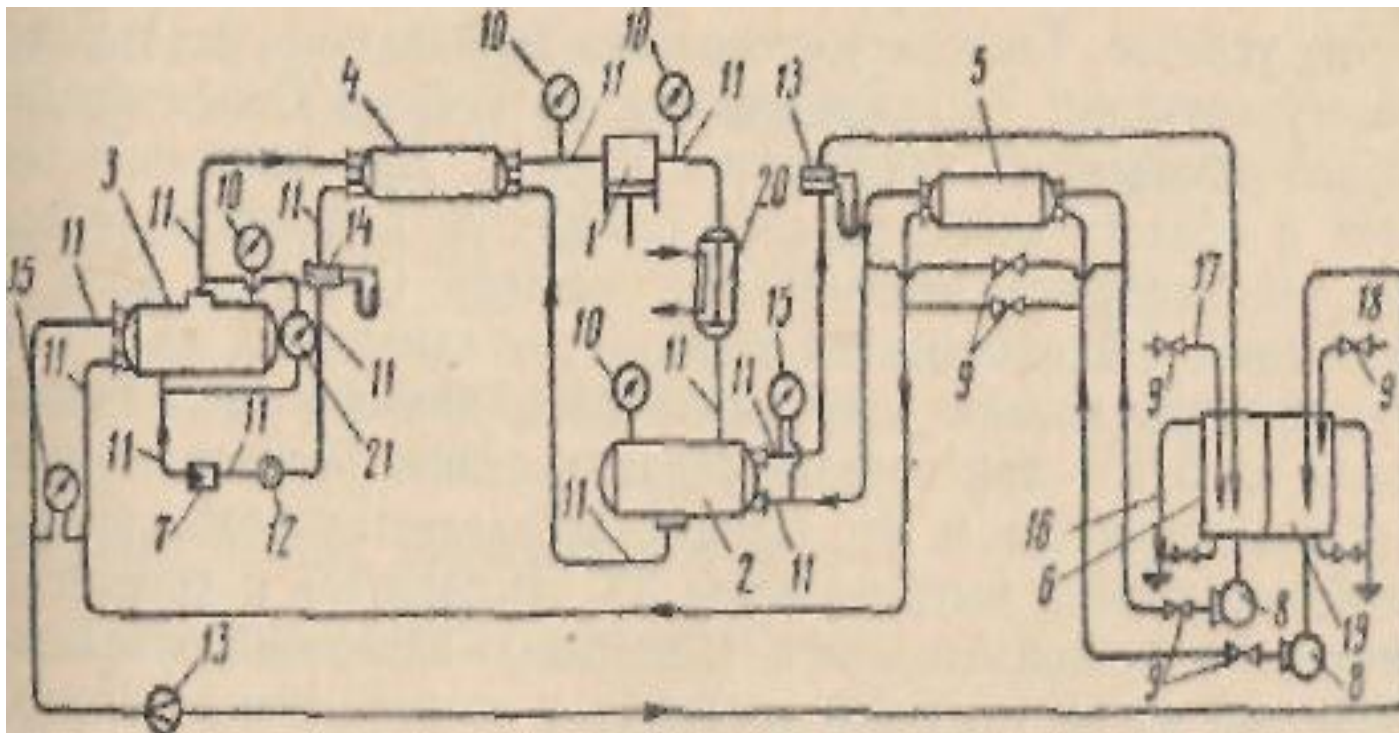


Схема теплообменного стенда для испытаний холодильной машины и ее агрегатов:

- 1 — компрессор; 2 — конденсатор; 3 — испаритель; 4 — регенеративный теплообменник; 5 — теплообменник «вода — теплоноситель»; 6 — водяной бак; 7 — регулирующий вентиль; 8 — насос; 9 — запорный вентиль; 10 — манометр; 11 — место измерения температуры; 12 — смотровое стекло; 13 — измеритель расхода теплоносителя; 14 — измеритель расхода хладагента; 15 — дифманометр; 16 — отвод воды; 17 — подвод холодной воды; 18 — периодический подвод горячей воды; 19 — бак теплоносителя; 20 — водяной теплообменник; 21 — дифманометр

Холодильные машины

Подвод теплоты в испарителе осуществляется с помощью циркуляции теплоносителя, подогреваемого в теплообменнике 5. Отвод теплоты в конденсаторе осуществляется водой из водяного бака 6, температура в котором поддерживается за счет добавки холодной воды, поступающей по трубопроводу 17. Испытуемая машина оснащается измерительными приборами, обеспечивающими возможность измерения параметров, приведенных в таблице испытания испарителя.

Холодильные машины

Дополнительно при испытании холодильных машин измеряют мощность компрессора.

Для сопоставимости результатов измерений испытания холодильных машин

проводятся на следующих сравнительных

Режимы машины	Температура теплоносителя на выходе из испарителя, °C	Температура воздуха на входе в конденсатор, °C		Температура воздуха на входе в конденсатор, °C
		проточная	оборотная	
Высокотемпературный	+2	20	25	20
Среднетемпературный	-10	20	25	20

Холодильные машины

По результатам измерений определяют:

- тепловой поток в испарителе Q_0 — по уравнению (III—1);
- массовый расход холодильного агента $m_{a.и}$ — по тепловому балансу испарителя по уравнению (III—3);
- тепловой поток в конденсаторе Q_k — по уравнению (III—4);
- массовый расход холодильного агента $m_{a.к}$ — по тепловому балансу конденсатора по уравнению (III—5);

Холодильные машины

- массовый расход холодильного агента $m_{a,рв}$ — по измерениям расходомером перед терморегулирующим вентилем по уравнению (III—6);
- среднее значение массового расхода холодильного агента $m_{a,ср}$, определенного тремя независимыми измерениями, вычисляют как среднее арифметическое. Результаты измерений можно считать удовлетворительными, если отклонение каждой из трех величин от среднего значения массового расхода холодильного агента не превышает 4%.

Холодильные машины

Основные теплотехнические показатели холодильной машины:

- холодопроизводительность Q_0 (Вт)
холодильной машины

$$Q_0 = m_{a, \text{ср}} \Delta h_0,$$

где Δh_0 — разность удельных энтальпий, определенных по параметрам холодильного агента на выходе из испарителя ($p_{a.и2}; t_{a.и2}$) и на входе ($p_{a.и2} - \Delta p_{и.а}; t_{a.и1}$) в него;

Холодильные машины

- удельная холодопроизводительность

$$\varepsilon = Q_0 / N;$$

- удельная материалоемкость γ (кВт/кг)
холодильной машины

$$\gamma = Q_0 / m$$

Холодильные машины

При проведении испытаний холодильной машины следует иметь в виду, что на значение массового расхода холодильного агента $m_{a.и}$ определенное по тепловому балансу испарителя, может оказать влияние величина перегрева паров холодильного агента, выходящих из испарителя. Величина перегрева определяется разницей между температурой пара, выходящего из испарителя $t_{a.и2}$, и температурой насыщенных паров t_{02} при давлении $p_{a.и2}$. При малом перегреве ($t_{a.и2} - t_{02} < 2^\circ\text{C}$) вместе с паром из испарителя уносятся капли жидкого холодильного агента с растворенным в них маслом.

Холодильные машины

У фреоновой машины для охлаждения жидких теплоносителей, имеющей кожухотрубный испаритель с кипением на наружной поверхности труб, возврат масла из испарителя в компрессор осуществляется только за счет переноса его из испарителя вместе с каплями жидкого холодильного агента. Поэтому при испытании машины с таким испарителем рекомендуется с помощью терморегулирующего вентиля устанавливать малый перегрев паров холодильного агента на выходе из испарителя, обеспечивающий постоянное поддержание заданного уровня масла в картере компрессора.

Холодильные машины

Наличие в машине регенеративного теплообменника для доиспарения жидкости и подогрева паров холодильного агента перед входом в компрессор за счет переохлаждения жидкости, выходящей из конденсатора, позволяет учесть в тепловом балансе испарителя количество теплоты, затраченной на испарение жидкости вне испарителя. В связи с этим малый перегрев паров на выходе из испарителя не вносит ощутимой ошибки в результаты измерения массового расхода холодильного агента $m_{a.и}$.

Холодильные машины

Фреоновая машина для охлаждения жидких теплоносителей в испарителе с кипением внутри труб, как правило, не имеет регенеративного теплообменника. Поэтому для получения достоверного результата измерения массового расхода холодильного агента $m_{a.и}$ в этом случае необходимо с помощью терморегулирующего вентиля устанавливать перегрев паров холодильного агента на выходе из испарителя, равный $4 \dots 6 \text{ } ^\circ\text{C}$. Если при таком значении перегрева отклонение массового расхода холодильного агента $m_{a.и}$ от среднего значения $m_{a.ср}$ превышает допустимую величину, то это свидетельствует о нарушении равномерного распределения парожидкостной смеси холодильного агента по трубкам испарителя.