

ДОДАТОК А

Министерство мясной и молочной промышленности СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**ВРЕМЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ НОРМ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
НА ВЫРАБОТКУ ХОЛОДА ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МЯСНОЙ
И МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Настоящая временная инструкция разработана Всесоюзным научно-исследовательским институтом холодильной промышленности (ВНИХИ) сроком на два года, после чего будут проведены уточнение и доработка в соответствии с замечаниями и предложениями, возникшими в процессе ее апробации, а также с переработанными основными положениями нормирования расхода энергоресурсов (НИИПиНа).

Инструкция предназначена для определения предприятиями мясной и молочной промышленности технически обоснованных норм расхода электрической энергии на производство холода с учетом установленного оборудования, фактической загрузки предприятия и режимов работы холодильной установки, соответствующих реальным условиям окружающей среды.

Временная инструкция составлена с учетом внедрения на предприятиях нового холодильного оборудования. Целью разработки инструкции является:

- наиболее экономное расходование электрической энергии при производстве холода, эксплуатации электроприводов и т.д.;
- сокращение непроизводительных затрат электроэнергии;
- повышение технического уровня эксплуатации холодильного оборудования.
- Инструкция согласована с НИИПиНом при Госплане СССР, Техническим управлением и Управлением оборудования, главного механика и энергетика Минмясомолпрома СССР. Утверждена заместителем министра мясной и молочной промышленности СССР В.И. ДЕМИНЫМ 26 августа 1979 г.

Составители: сотрудники лаборатории систем охлаждения ВНИХИ – зав. лабораторией, канд. техн. наук Н.Г.КРЕЙМЕР, ст. научный сотрудник В.П.ПЫТЧЕНКО, мл. научный сотрудник А.В.ПОНОМАРЕНКО.

Расчет и составление характеристик испарительных конденсаторов произведены канд. техн. наук Н.М.МЕДНИКОВОЙ (лаборатория теплообменных аппаратов ВНИХИ).

Безразмерные характеристики λ и \bar{N}_e , характеристики компрессоров и другого оборудования рассчитаны по методике ВНИХИ на основании заводских и лабораторных испытаний и официальных каталогов "Холодильные машины и аппараты" ЦИНТИХимнефтемаш.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Нормирование расхода электроэнергии при выработке холода - это установление плановой меры производственного потребления электроэнергии при эксплуатации холодильных установок.

1.2. Основной задачей нормирования является обеспечение применения в производстве и при планировании технически и экономически обоснованных прогрессивных норм расхода электроэнергии при эксплуатации холодильных установок для осуществления режима экономии, наиболее эффективного использования электроэнергии, рационального распределения ее в государственных планах экономического и социального развития СССР.

1.3. Нормированию подлежат все расходы электроэнергии на производственные и эксплуатационные нужды: на основное и вспомогательное (отопление, вентиляцию, освещение, водоснабжение и др. нужды) производство, включая потери во внутриводских электросетях.

1.4. Нормирование расхода электроэнергии служит для планирования потребления электроэнергии в производстве холода и оценки эффективности ее использования. Выполнение установленных норм является обязательным условием для материального стимулирования за экономию энергоресурсов.

Нормы расхода электроэнергии на выработку холода не должны превышать практически достигнутого уровня. Если в результате расчета нормы получаются выше достигнутых, подробные материалы представляются во ВНИХИ и Управление оборудования, главного механика и энергетика Минмясомолпрома СССР до 1.01.1981 г. для обобщения.

1.5. Нормы расхода электроэнергии должны:

- учитывать производственные достижения, научно-технический прогресс в отрасли, планируемые организационно-технические мероприятия, предусматривающие рациональное и эффективное использование электроэнергии;
- систематически пересматриваться с учетом планируемого развития, технического прогресса производства и достигнутых показателей использования электроэнергии на выработку холода;
- способствовать максимальной мобилизации внутренних резервов экономии электроэнергии, выполнению плановых заданий и достижению высоких экономических результатов.

1.6. Отклонение фактического расхода электроэнергии от нормативного свидетельствует о нарушении нормальной эксплуатации холодильной установки и приводит к перерасходу электроэнергии при эксплуатации холодильной установки или несоблюдению заданных технологических режимов (повышенным температурам в камерах).

Основными причинами отклонений являются:

- неисправность оборудования;
- замасливание и загрязнение поверхностей теплообменных аппаратов и накопление масла в охлаждающих устройствах и трубопроводах;
- наличие воздуха в холодильной системе;
- наличие снеговой "шубы" на поверхностях охлаждающих устройств;
- недостаточное заполнение охлаждающих устройств холодильным агентом;
- неравномерное распределение хладагента по охлаждающим устройствам.

1.7. Снижение расхода электроэнергии на выработку холода может быть осуществлено за счет:

- достижения режима работы холодильных машин (с исключением влажного хода компрессоров) при расчетных значениях температур кипения и конденсации холодильного агента;
- нормального заполнения холодильной системы хладагентом;
- регулярной очистки от замасливания и загрязнения теплообменных аппаратов, охлаждающих устройств и трубопроводов;
- регулярного осуществления профилактических ремонтов холодильного оборудования;
- регулярного выпуска воздуха из холодильной системы;
- автоматизации работы холодильной установки и т.д.

1.8. Единицей измерения нормы расхода электроэнергии на выработку холода является кВт·ч/тыс.ккал.

2. СОСТАВ НОРМ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

2.1. Инструкцией предусматривается разработка по каждому предприятию следующих норм расхода электроэнергии на выработку холода: технологической, общепроизводственной цеховой и общепроизводственной заводской.

2.2. Технологическая норма включает в себя расходы электроэнергии по отдельным статьям производства холода.

Если холодильная установка включает в себя несколько систем охлаждения, то рассчитывают индивидуальные технологические нормы расхода электроэнергии для каждой системы охлаждения.

2.3. Структура норм расхода электроэнергии на выработка холода представлена в табл. 1.

Таблица 1

Наименование нормы	Статья расхода	Электропотребляющее оборудование
I Технологическая норма Нт	1. Работа холодильных компрессор. 2. Циркуляция холодильного агента, теплоносителей 3. Циркуляция охлаждающей воды в системе конденсатор-градирни 4. Охлаждение помещений	Холодильные компрессоры Насосы аммиачные, рассольные, охлажденной воды, мешалки испарителей Насосы водяные, вентиляторы градирен, испарительных конденсаторов Вентиляторы воздухоохлаждающих, кондиционеров
II Общепроизводственная цеховая Ноц	1. Технологическая норма расхода 2. Вентиляция цеха 3. Освещение цеха 4. Прочие цеховые расходы	Вентиляторы цеховой системы вентиляции Светильники компрессорного цеха и аппаратного отделения (включая подсобные помещения) Ремонтное оборудование компрессорного цеха

Продолжение табл.1

Наименование нормы	Статья расхода	Электропотребляющее оборудование
III Общепроизводственная заводская Ноз	1. Общецеховая норма расхода 2. Производственные нужды вспомогательных цехов и служб 3. Наружное освещение 4. Потери электроэнергии	Общезаводские ремонтные мастерские, склады, лаборатории, вентиляция, светильники помещений Наружные светильники Заводские электросети и трансформаторы

По статье 3 нормы I на выработку холода относят расход электроэнергии на пропуск и очистку сточных вод соответственно тому количеству воды, которое будет потреблено холодильной установкой, если последняя не имеет циркуляционных водяных насосов и обслуживается от насосов артезианской скважины.

2.5. Расход электроэнергии на вспомогательные операции и потери электрической энергии в электросетях и преобразователях распределяются на основании опытных замеров или пропорционально потреблению электроэнергии по статьям производства продукции на предприятии.

2.6. В нормы расхода электроэнергии не должны включаться затраты, вызванные отступлением от принятой технологии, режимов работы и др. нерациональные затраты.

2.7. При расчете норм расхода электроэнергии не учитывают затраты, связанные со строительством и ремонтом зданий и сооружений, с монтажом, пуском и наладкой нового технологического оборудования, научно-исследовательскими и экспериментальными работами.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ НОРМИРОВАНИЯ

3.1. В работу по организации нормирования электроэнергии входят разработка и утверждение норм расхода электроэнергии и заданий по среднему их снижению, обеспечение контроля за выполнением установленных норм.

3.2. Установлен следующий порядок организации разработки и утверждения норм удельного расхода электроэнергии:

- нормы расхода разрабатываются предприятиями;
- на основании планируемых организационно-технических мероприятий и плана внедрения новой техники предприятия ежегодно пересматривают свои нормы;
- ответственность за разработку и внедрение в производство норм расхода возлагается на главного инженера и главного энергетика (механика) предприятия;
- утверждение норм расхода электроэнергии производится вышестоящей организацией.

3.3. Повседневный контроль за выполнением норм расхода осуществляется службой главного энергетика (механика) предприятия, периодический контроль – производственными и промышленными объединениями, республиканскими и союзными министерствами мясной и молочной промышленности и Государственной инспекции

ей по энергонадзору.

3.4. Для контроля за выполнением норм расхода электроэнергии должен быть организован учет ее расхода с помощью приборов, остановленных в соответствии с правилами технической эксплуатации. При проектировании новых и реконструкции действующих предприятий проектным организациям необходимо предусмотреть в проектно-сметной документации организацию учета электроэнергии.

3.5. В состав проектов новых и реконструируемых предприятий должны включаться показатели удельного расхода электроэнергии на производство холода.

4. МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ НОРМ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

4.1. В основу разработанной инструкции положен расчетно-аналитический метод.

4.2. Расчетно-аналитический метод предусматривает определение норм расхода электроэнергии расчетным путем по статьям расхода с применением статистических и опытных данных.

4.3. Определение технологических норм расхода электроэнергии базируется на теоретических расчетах, экспериментально установленных технических характеристиках холодильного оборудования, паспортных данных.

Исходными данными для определения технологических норм являются усредненные за определенный период (месяц, квартал) величины, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Наименование величины	Обозначение	Единица измерения	Способ определения
Температура наружного воздуха	t_b	°С	Измеряют ртутным или спиртовым термометром
Температура наружного воздуха по влажному термометру	t_b^{BT}	°С	Измеряют специальным термометром
Температура кипения аммиака	t_0	°С	По проектным или паспортным данным холодильника
Давление паров аммиака перед компрессором	p_0	кг/см ²	Определяют по температуре кипения (приложение 7)
Температура паров аммиака на входе в компрессор	t_{bc}	°С	Измеряют ртутным термометром
Температура конденсации аммиака	t_k	°С	Определяют по методике, описанной ниже
Давление на выходе из компрессора	p_k	кг/см ²	Определяют по температуре конденсации (приложение 7)
Температура воды на входе в конденсатор	$t_{вд}^{вх}$	°С	Измеряют ртутным термометром
Температура воды на выходе из конденсатора	$t_{вд}^{вых}$	°С	Измеряют ртутным термометром
Температура воды на выходе из переохладителя	$t_{вд}^{пер}$	°С	Измеряют ртутным термометром

Наименование величины	Обозначение	Единица измерения	Способ определения
Температура рассола на входе в испаритель	t_{pc}^{BX}	°С	Измеряют ртутным термометром
Температура рассола на выходе из испарителя	$t_{pc}^{ВЫХ}$	°С	Измеряют ртутным термометром
Давление нагнетания перекачивающего насоса (водяного, рассольного, циркуляции хладагента)	$p_n^{наг}$	кг/см ²	Измеряют манометром
Коэффициент полезного действия электродвигателя	η_ε		По паспорту электродвигателя
К.П.Д. насоса	η_n		По паспорту насоса
Плотность рассола	ρ_{pc}	кг/м ³	Измеряют ареометром
Теплоемкость рассола (раствора CaCl)	c_{pc}	ккал/(кг·°С)	По приложению 8
Плотность жидкого холодильного агента	ρ_a	кг/м ³	По приложению 13
Установленная мощность электродвигателей	$N_{уст}$	кВт	По паспорту электродвигателей и по приложениям 12 и 14
Номинальная мощность, потребляемая ТЭНами воздухоохладителей	$N_{ном}$	кВт	По приложению 14
Описанный объем компрессоров	V_h	м ³ /ч	По приложению 6
Число часов работы компрессоров и оборудования, обслуживающих систему с данной температурой кипения	h	ч	По суточному журналу
Число часов работы оборудования, обслуживающего всю холодильную установку	τ	ч	По суточному журналу

4.4. Основными исходными данными для определения норм расхода электроэнергии при выработке холода являются:

- технологическая норма расхода электроэнергии;
- первичная техническая документация, технологические регламенты и инструкции, нормативные характеристики энергопотребляющего оборудования для отопления, вентиляции и освещения, нормативы потерь энергии в сетях и преобразователях;
- данные о плановых и фактических удельных расходах электроэнергии за прошедшие годы, а также акты проверок использования их в производстве;
- план организационно-технических мероприятий.

5. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НОРМЫ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

5.1. Технологическую норму расхода электроэнергии определяют для расчетного режима работы холодильной установки.

Температуры кипения холодильного агента принимают по их проектным (паспортным) значениям.

Температуру конденсации рассчитывают по средним за отчетный период (месяц, квартал), значениям температур воздуха и воды, применяемых для охлаждения конденсаторов.

5.2. Для расчета технологической нормы расхода электроэнергии составляют сводную таблицу, включающую всех энергопотребителей, с разбивкой их по системам охлаждения и энергопотребителей, обслуживающих установку в целом, с указанием их марки, числа оборотов и суммарного числа часов работы.

5.3. Методика определения расчетного значения температуры конденсации различна для холодильных установок с кожухотрубными, оросительными и испарительными конденсаторами.

4.3.1. Для кожухотрубных и оросительных конденсаторов расчетную температуру конденсации определяют по соотношению:

$$t_k = t_{вд}^{вх} + (7 \div 8) \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (1)$$

где $t_{вд}^{вх}$ - температура воды на входе в конденсатор.

При работе холодильной установки на прямом водоснабжении (без рециркуляции), а также для периодов года с отрицательными температурами воздуха, температуру воды на входе ($t_{вд}^{вх}$) берут как среднюю по данным сводной ведомости за отчетный период.

При обратном водоснабжении температуру воды на входе в конденсатор определяют в зависимости от вида водоохлаждающего устройства по соотношению:

а) для охлаждения воды на $4 \div 5 \text{ } ^\circ\text{C}$

- для вентиляторных градирен и открытых градирен (при плотности орошения около $4 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$)

$$t_{вд}^{вх} = t_{в}^{вт} + 6 \text{ } ^\circ\text{C};$$

- для брызгальных бассейнов

$$t_{вд}^{вх} = t_{в}^{вт} + 8 \text{ } ^\circ\text{C};$$

б) при охлаждении воды на $9 \div 10 \text{ } ^\circ\text{C}$

- для вентиляторных и открытых градирен

$$t_{вд}^{вх} = t_{в}^{вт} + 8 \text{ } ^\circ\text{C};$$

- для брызгальных бассейнов

$$t_{вд}^{вх} = t_{в}^{вт} + 12 \text{ } ^\circ\text{C},$$

где $t_{в}^{вт}$ – температура воздуха по влажному термометру, средняя за отчетный период.

5.3.2. Для испарительных конденсаторов температура конденсации зависит от температуры воздуха по влажному термометру и тепловой нагрузки на конденсатор. Последняя, в свою очередь, зависит от холодопроизводительности установки и мощности, потребляемой холодильными компрессорами. Поэтому расчет температуры конденсации для испарительных конденсаторов необходимо производить графоаналитическим методом.

Метод заключается в том, что сначала расчет ведется для одной произвольно вы-

бранной температуры конденсации t_k . Для выбранного значения t_k определяют нагрузку на конденсаторы Q_k от работающих компрессоров.

Затем находят зависимость нагрузки на конденсаторы от температуры конденсации t_k по характеристике конденсатора при заданной, среднемесячной температуре наружного воздуха по влажному термометру и строят график зависимости $Q_{\text{конд}}$ от t_k .

Откладывая значение нагрузки Q_k на оси $Q_{\text{конд}}$ графика зависимости $Q_{\text{конд}}$ от t_k , по точке пересечения горизонтальной прямой и кривой определяют нормативное значение температуры конденсации t_k^H .

Нагрузку на конденсатор от каждого компрессора находят по формуле:

$$Q_k = Q_0 + 860 \cdot N_e, \text{ ккал/ч}, \quad (2)$$

где Q_0 – холодопроизводительность компрессора, ккал/ч;

N_e – эффективная мощность на валу компрессора, кВт.

Для двухступенчатых установок (компрессоров) холодопроизводительность и потребляемую (эффективную) мощность определяют только для компрессоров или цилиндров высокого давления.

Холодопроизводительность компрессоров или цилиндров высокого давления моноблочных компрессоров определяют по формуле:

$$Q_0 = \lambda \cdot q_v \cdot V_h, \text{ ккал/ч}, \quad (3)$$

где λ – коэффициент подачи компрессора, который определяют в зависимости от рабочего отношения давлений, по графикам в приложениях 1, 3;

q_v – объемная холодопроизводительность аммиака, ккал/м³, определяемая по графику (приложение 5);

V_h – описанный объем компрессора или цилиндров высокого давления м³/ч для компрессоров разных марок приведен в таблице (приложение 6).

При определении λ для одноступенчатых компрессоров рабочее отношение давлений принимают равным p_k/p_0 , а для вторых ступеней двухступенчатых установок (компрессоров) – $p_k/p_{\text{пр}}$, где $p_{\text{пр}}$ – промежуточное давление.

Промежуточное давление $p_{\text{пр}}$ при этом определяют из соотношения:

$$p_{\text{пр}} = \sqrt{p_k \cdot p_0}, \text{ кг/см}^2. \quad (4)$$

Давления p_0 и p_k находят по известным значениям температур t_0 и t_k по графику приложения 7.

При определении q_v температуру жидкого аммиака перед регулирующим вентилем $t_{\text{и}}$ принимают равной:

$$t_{\text{и}} = t_k \quad \text{– при отсутствии переохладителя жидкого аммиака;}$$

$$t_{\text{и}} = t_{\text{вд}}^{\text{пер}} + (2 \div 3)^\circ\text{C} \quad \text{– при наличии переохладителя,}$$

где $t_{\text{вд}}^{\text{пер}}$ – температура воды на выходе из переохладителя.

Для двухступенчатых установок (или двухступенчатых компрессоров) температуру перед регулирующим вентилем принимают равной:

$$t_{\text{и}} = t_{\text{пр}} + (3 \div 5)^\circ\text{C} \quad \text{– для змеевиковых промсосудов;}$$

$$t_{\text{и}} = t_{\text{пр}} \quad \text{– для беззмеевиковых промсосудов.}$$

Для одноступенчатых компрессоров q_v находят при помощи приложения 5 по температурам t_0 и $t_{\text{и}}$.

Для вторых ступеней двухступенчатых установок (или компрессоров) q_v находят по температурам $t_{\text{пр}}$ и $t_{\text{и}}$.

При этом температуру $t_{\text{пр}}$ находят по известному значению $p_{\text{пр}}$ по приложению 7.

Эффективную мощность на валу каждого компрессора определяют по формуле:

$$N_e = \bar{N}_e \cdot p_0 \cdot V_h, \text{ кВт}, \quad (5)$$

где \bar{N}_e – безразмерная мощность компрессора, которую определяют в зависимости от рабочего отношения давлений при помощи графиков приложений 1,2,3,4;
 p_0 – давление насыщенных паров аммиака, кг/см² находят по t_0 при помощи приложения 7.

Эффективную мощность для вторых степеней двухступенчатых установок и цилиндров высокого давления однокорпусных, оппозитных или горизонтальных компрессоров определяют по формуле:

$$N_e = \bar{N}_e \cdot p_{\text{пр}} \cdot V_h^{\text{II}}, \text{ кВт}, \quad (5')$$

где \bar{N}_e – безразмерная мощность, определяемая в зависимости от отношения давлений по графику приложения I (цилиндры высокого давления условно рассматривают как самостоятельный компрессор) и приложения 3;

$p_{\text{пр}}$ – промежуточное давление, кг/см²;

V_h^{II} – описанный объем вторых ступеней двухступенчатых установок или цилиндров высокого давления, м³/ч, по приложению 6.

Рабочие отношения давлений принимают теми же, что при определении λ .

Для выбранного значения температуры конденсации t_k (например, +40°C) определяют нагрузку на конденсатор или группу конденсаторов с учетом реального числа часов работы отдельных компрессоров:

$$\Sigma Q_k = \frac{Q_{k1} \cdot h_1 + Q_{k2} \cdot h_2 + \dots}{z}, \text{ ккал/ч}, \quad (6)$$

где Q_{k1}, Q_{k2}, \dots – нагрузка на конденсатор от соответствующего компрессора, ккал/ч, подсчитанная по формуле (2);

h_1, h_2, \dots – число часов работы каждого компрессора за отчетный период, ч;

z – число календарных рабочих часов в отчетном периоде (для месяца 720 или 744).

После этого строят кривую зависимости суммарной нагрузки на конденсатор, пользуясь характеристиками испарительных конденсаторов (приложения 9, 10 и 11).

По известному среднемесячному значению температуры наружного воздуха по влажному термометру проводят через соответствующую точку на оси абсцисс характеристики испарительного конденсатора (приложения 9, 10, 11) вертикаль. По точкам пересечения этой вертикали с несколькими кривыми постоянных значений температуры конденсации t_k находят соответствующие нагрузки на конденсатор $Q_{\text{конд}}$ (например, для $t_k = +40^\circ, +35^\circ, +30^\circ, +25^\circ\text{C}$).

Если система обслуживается однотипными конденсаторами и время работы каждого конденсатора составляет τ_i , ч, суммарную нагрузку определяют по формуле:

$$\Sigma Q_{\text{конд}} = \frac{Q_{\text{конд}} \cdot \Sigma \tau_i}{z}, \text{ ккал/ч}. \quad (7)$$

По найденным значениям суммарной нагрузки на конденсаторы строят график зависимости $\Sigma Q_{\text{конд}}$ от температуры конденсации. На оси $\Sigma Q_{\text{конд}}$ графика откладывают значение нагрузки ΣQ_k от компрессоров и проводят горизонтальную прямую. Точка пересечения с кривой соответствует нормативному значению температуры конденсации.

Если система обслуживается испарительными конденсаторами разных марок, определяют зависимости $\Sigma Q_{\text{конд}}$ от t_k для группы конденсаторов каждой марки по

формуле (7), а затем суммируют полученные значения для одинаковых температур конденсации.

По суммарным значениям $\Sigma Q_{\text{конд}}$ для одинаковых температур конденсации строится график зависимости $\Sigma Q_{\text{конд}}$ от $t_{\text{к}}$. Затем на оси $\Sigma Q_{\text{конд}}$ откладывают значение $\Sigma Q_{\text{к}}$ и в точке пересечения горизонтальной прямой с кривой находят значение нормативной температуры конденсации.

Если система обслуживается однотипными конденсаторами и в рассматриваемый отрезок времени они работали постоянно, для определения нормативной температуры конденсации нужно определить нагрузку на один конденсатор от работающих компрессоров, которая равна:

$$\Sigma Q'_{\text{к}} = \frac{\Sigma Q_{\text{к}}}{m}, \text{ ккал/ч}, \quad (8)$$

где m – число работающих конденсаторов.

Далее полученное значение $\Sigma Q'_{\text{к}}$ откладывается на оси $Q_{\text{конд}}$ характеристики установленного испарительного конденсатора. Точка пересечения горизонтальной и вертикальной прямых (согласно средней температуре воздуха по влажному термометру) соответствует нормативной температуре конденсации.

Если система обслуживается разнотипными конденсаторами: кожухотрубными или оросительными и испарительными конденсаторами, то для определения нормативной температуры конденсации находят нагрузки на испарительные конденсаторы $Q_{\text{конд}}$ для постоянных температур конденсации (по приложениям 9, 10, 11) и рассчитывают $\Sigma Q_{\text{конд}}$ (по формуле (7)). Далее к полученным величинам $\Sigma Q_{\text{конд}}$ прибавляют нагрузку на кожухотрубные (оросительные, вертикальные) конденсаторы, которую рассчитывают по формуле

$$\Sigma Q_{\text{конд}}^{\text{кт}} = 4000 \cdot \Sigma F, \text{ ккал/ч}, \quad (9)$$

где ΣF – поверхность конденсаторов.

5.4. Для известных значений t_0 и нормативной температуры $t_{\text{к}}^{\text{н}}$ конденсации определяют значения холодопроизводительности и мощности компрессоров.

Холодопроизводительность каждого компрессора определяют по формуле (3). При этом рабочее отношение давлений для одноступенчатых компрессоров принимают равным $p_{\text{к}}/p_0$ (где $p_{\text{к}}$ и p_0 находят по кривой приложения 7 по известным значениям $t_{\text{к}}^{\text{н}}$ и t_0).

Для двухступенчатых установок (компрессоров) холодопроизводительность определяют для компрессора первой ступени и соответствующее отношение давлений принимают равным $p_{\text{пр}}/p_0$ ($p_{\text{пр}}$ определяют по формуле (4)).

Эффективную мощность компрессоров определяют по формуле (5). При этом для одноступенчатых и однокорпусных двухступенчатых компрессоров рабочее отношение давлений принимают равным $p_{\text{к}}/p_0$.

Для двухступенчатых установок с отдельными компрессорами находят отдельно эффективную мощность для компрессора первой ступени (по отношению давлений $p_{\text{к}}/p_0$) и второй ступени (по отношению $p_{\text{к}}/p_{\text{пр}}$). При определении мощности для компрессора второй ступени в формуле (5) вместо p_0 принимают $p_{\text{пр}}$.

Эффективная мощность установки равна сумме обеих мощностей.

Мощность, потребляемую электродвигателями компрессоров, определяют по формуле:

$$N_{\text{эк}} = \frac{N_e}{\eta_3}, \text{ кВт}, \quad (10)$$

где η_3 – к.п.д. электродвигателя.

5.5. Мощность, потребляемую электродвигателями водяных или рассольных насосов, если она не измеряется, определяют по формуле:

$$N_H = \frac{V \cdot \Delta p \cdot 10^4}{102 \cdot \eta_H \cdot \eta_3}, \text{ кВт}, \quad (11)$$

где V – производительность насосов, $\text{м}^3/\text{с}$;

Δp – разность давлений на нагнетании и всасывании циркуляционного насоса, $\text{кг}/\text{см}^2$;

η_H – для крупных насосов = $0,8 \div 0,9$;

η_H – для малых насосов = $0,6 \div 0,7$.

Производительность рассольных насосов, обслуживающих систему с одной температурой кипения, для формулы (11) определяют по формуле:

$$V_{\text{рс}} = \frac{Q_0}{\rho_{\text{рс}} \cdot c_{\text{рс}} \cdot \Delta t_{\text{рс}}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (12)$$

где Q_0 – холодопроизводительность группы компрессоров, обслуживающих одну температуру кипения, $\text{ккал}/\text{ч}$;

$c_{\text{рс}}$ – теплоемкость рассола; $\text{ккал}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ (средняя по температурам рассола на входе и выходе) определяют по приложению 8;

$\Delta t_{\text{рс}}$ – разность температур рассола на входе в испаритель и на выходе из него, $^\circ\text{C}$;

$\rho_{\text{рс}}$ – плотность рассола, $\text{кг}/\text{м}^3$, измеряют ареометром.

Производительность водяных насосов: технологических и обслуживающих кожухотрубные, оросительные, вертикальные или испарительные конденсаторы – для формулы (11) определяют по формуле:

$$V_{\text{вд}} = \frac{Q_k}{1000 \cdot \Delta t_{\text{вд}}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (13)$$

где Q_k – тепловая нагрузка на конденсатор, $\text{ккал}/\text{ч}$;

$\Delta t_{\text{вд}}$ – разность температур воды на входе и выходе из конденсатора, $^\circ\text{C}$ (измеряется).

Мощность аммиачных циркуляционных насосов, если она не измеряется, определяют по характеристикам согласно (приложение 13) развиваемому напору

$$H = \frac{P_{\text{наг}} - P_{\text{вс}}}{\rho_a}, \text{ м},$$

где $P_{\text{наг}}$ и $P_{\text{вс}}$ – давление холодильного агента на выходе из насоса и на входе в него;

ρ_a – плотность жидкого холодильного агента (приложение 13).

Примечание. Если давление на входе в насос не измеряют, его принимают равным P_0 .

Для насосов, работающих без подпора на всасывании, Δp практически можно заменить на $P_{\text{наг}}$ насоса, определяемого по манометру на напорной стороне насоса (для водяных и рассольных насосов).

Мощность N , потребляемая электродвигателями вентиляторов градирен, испари-

тельных конденсаторов и воздухоохладителей, водяных насосов испарительных конденсаторов, если она не измеряется, подсчитывают, исходя из установленной мощности:

$$N=(0,75\div 0,8)\cdot N_{уст}, \text{ кВт.} \quad (14)$$

Мощность электродвигателей испарительных конденсаторов определяют по формуле:

$$N_{ик}=m\cdot(N_{ик}^{вент}+N_{ик}^{нас}), \text{ кВт,} \quad (15)$$

где m – количество работающих конденсаторов;

$N_{ик}^{вент}$ – электрическая мощность двигателей вентиляторов;

$N_{ик}^{нас}$ – электрическая мощность двигателей насосов.

Если группа или все испарительные конденсаторы обслуживаются одним водяным насосом, потребную мощность определяют по формуле:

$$N_{ик}=m\cdot N_{ик}^{вент}+N_{ик}^{нас}, \text{ или} \\ N_{ик}=m\cdot N_{ик}^{вент}+K\cdot N_{ик}^{нас}, \text{ кВт,} \quad (16)$$

где K – число групп конденсаторов;

$N_{уст}$ – по приложению 12: для вентиляторных градирен и испарительных конденсаторов;

$N_{уст}$ – по приложению 13: для аммиачных насосов;

$N_{уст}$ – по приложению 14: для воздухоохладителей;

$N=N_{ном}$ – для ТЭНов

Примечание. Для компрессоров одинаковых марок, имеющих равные числа оборотов и работающих на одну температуру кипения холодильного агента, часовую холодопроизводительность и потребляемую мощность определяют по одному компрессору, исходя из усредненного режима работы этих компрессоров.

Для компрессоров одинаковых марок, имеющих неравные числа оборотов и работающих на одну температуру кипения, часовую холодопроизводительность и потребляемую мощность определяют по одному компрессору каждой группы, исходя из усредненного режима работы этих компрессоров.

Для компрессоров различных марок, работающих на одну температуру кипения холодильного агента, часовую холодопроизводительность и потребляемую мощность определяют по одному компрессору каждой марки, исходя из усредненного режима работы каждой группы компрессоров.

Для одноименного оборудования (испарительные конденсаторы градирни, воздухоохладители, циркуляционные аммиачные, водяные или рассольные насосы и т.д.), электродвигатели которого имеют одинаковую потребляемую мощность, в расчете принимают потребляемую мощность по одному двигателю.

Продолжительность (в h , ч – для компрессоров и τ , ч – для остального оборудования) работы каждого вида холодильного оборудования за месяц принимают по данным сводной ведомости учета работы холодильной установки. При этом число часов работы компрессоров одной марки и с одинаковым числом оборотов или одноименного оборудования, имеющего одинаковые потребляемые мощности электродвигателей, соответственно суммируют и учетом их работы по температурным режимам установки.

В результате составляют сводную таблицу, в которую заносят исходные данные по работе каждого вида холодильного оборудования за месяц.

5.6. На основе сводной таблицы при расчете технологической нормы расхода электроэнергии по отдельным температурам кипения энергопотребители действующего холодильного оборудования (компрессоры, циркуляционные насосы, вентиляторы охлаждающих устройств, ТЭНы для оттайки и др.) группируют в соответствии с системами охлаждения (с данными номинальными температурам, кипения холодильного агента). Энергопотребители, обслуживающие холодильную установку в целом (вентиляторы испарительных конденсаторов и градирен, циркуляционные насосы охлаждающей воды и др.) по системам охлаждения не разделяют. Долю энергии от этих потребителей, учитываемая при расчете технологической нормы расхода электроэнергии по отдельным температурам кипения, определяют пропорционально нагрузке Q_k на конденсатор от компрессоров, обслуживающих соответствующие системы охлаждения.

Технологическая норма расхода электроэнергии для конкретной температуры кипения t_0 равна:

$$H_T^{t_0} = \frac{\Sigma(N_{k_i}^{t_0} \cdot h_i) + \Sigma\theta^{t_0} + \Sigma(N_i^{t_0} \cdot \tau_i^{t_0})}{\Sigma(Q_{0_i}^{t_0} \cdot h_i^{t_0})}, \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{тыс.ккал}}, \quad (17)$$

где $N_{k_i}^{t_0}$ – мощности электродвигателей компрессоров, обслуживающих систему с данной температурой кипения;

$h_i^{t_0}$ – время работы этих компрессоров, ч;

$\Sigma\theta^{t_0}$ – суммарный расход энергии от вентиляторов конденсаторов и водяных насосов, приходящийся на данную температуру кипения, кВт·ч;

$N_i^{t_0}$ – мощность электродвигателей холодильного оборудования и ТЭНов для данной температуры кипения, кВт,

$\tau_i^{t_0}$ – время работы этого холодильного оборудования, ч;

$Q_{0_i}^{t_0}$ – холодопроизводительность компрессоров, обслуживающих систему с температурой кипения t_0 , ккал/ч.

Суммарный расход энергии $\Sigma\theta^{t_0}$ от оборудования, обслуживающего систему с конкретной температурой кипения t_0 , определяют по формуле:

$$\Sigma\theta^{t_0} = \frac{\Sigma Q_k^{t_0} \cdot h^{t_0}}{\Sigma Q_{\text{конд}} \cdot Z} \cdot \Sigma\theta, \text{кВт} \cdot \text{ч}, \quad (18)$$

где $\Sigma Q_k^{t_0}$ – нагрузка на конденсатор от работающих на данную температуру кипения компрессоров, ккал/ч;

h^{t_0} – время работы этих компрессоров, ч;

$\Sigma\theta$ – суммарный расход энергии от оборудования (конденсаторы, водяные насосы), обслуживающего холодильную установку в целом, кВт·ч.

Суммарный расход электроэнергии определяют по формуле:

$$\Sigma\theta = \Sigma(N_i^{\text{общ}} \cdot \tau_i^{\text{общ}}), \text{кВт} \cdot \text{ч}, \quad (19)$$

где $N_i^{\text{общ}}$ – установленная или потребляемая мощность электродвигателей (вентиляторов, конденсаторов, водяных насосов), кВт;

$\tau_i^{\text{общ}}$ – число часов работы оборудования, ч.

Технологическую норму расхода электроэнергии для всей холодильной установки

определяют по формуле:

$$N_T = \frac{\Sigma(N_T^{t_0} \cdot \Sigma h_i^{t_0})}{\Sigma h_i}, \text{ кВт}\cdot\text{ч/тыс.ккал}, \quad (20)$$

где: $\Sigma h_i^{t_0}$ – сумма часов работы компрессоров, обслуживающих данную систему охлаждения;

Σh_i – сумма часов работы всех компрессоров.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЦЕХОВОЙ НОРМЫ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

6.1. Общепроизводственную цеховую (Ноц) норму расхода электроэнергии на выработку холода определяют по формуле:

$$N_{\text{оц}} = N_T + \frac{L_{\text{оц}}}{\Sigma(Q_{0_i}^{t_0} \cdot h_i^{t_0})}, \text{ кВт}\cdot\text{ч/тыс.ккал}, \quad (21)$$

где N_T – технологическая норма расхода электроэнергии;
 $L_{\text{оц}}$ – суммарный расход электроэнергии за месяц (отчетный период) по статьям 2, 3, 4 нормы II (см. табл. 1),

$Q_{0_i}^{t_0} = Q_{0_1}^{t_0}, Q_{0_2}^{t_0}, \dots$ – холодопроизводительность компрессоров, обслуживающих холодильную установку;

$h_i^{t_0} = h_1^{t_0}, h_2^{t_0}$ – суммарное число часов работы компрессоров, обслуживающих холодильную установку.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЗАВОДСКОЙ НОРМЫ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Общепроизводственную (Ноз) заводскую норму расхода электроэнергии на выработку холода определяют по формуле:

$$N_{\text{оз}} = N_{\text{оц}} + \frac{L_{\text{оз}} \cdot c}{\Sigma(Q_{0_i}^{t_0} \cdot h_i^{t_0})}, \text{ кВт}\cdot\text{ч/тыс.ккал}, \quad (22)$$

где $L_{\text{оз}}$ – суммарный расход электроэнергии за месяц (отчетный период) по статьям 2-4 нормы III (табл. 1), кВт·ч;

c – коэффициент, определяющий часть расхода электроэнергии ($L_{\text{оз}}$), которая относится на выработку холода по данному предприятию.

8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМЫ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ВЫРАБОТКУ ХОЛОДА ЗА КВАРТАЛ, ГОД

Нормы (технологическую, общепроизводственную) расхода электроэнергии на выработку холода за квартал или за год определяют, как средневзвешенную величину, исходя из нормы расхода электроэнергии на месяц (квартал) и числа часов работы компрессоров всей установки за этот же период.

Например,

$$N_{\text{КВ}} = \frac{\sum(H_{\text{мес}} \cdot h_{\text{мес}})}{\sum h_{\text{мес}}} = \frac{H_{\text{мес}_1} \cdot h_{\text{мес}_1} + H_{\text{мес}_2} \cdot h_{\text{мес}_2} + \dots}{h_{\text{мес}_1} + h_{\text{мес}_2} + \dots}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{тыс.ккал}. \quad (23)$$

9. КОРРЕКТИРОВКА НОРМЫ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ХОЛОДА

По результатам работы предприятия производится корректировка запланированной нормы расхода электроэнергии на выработку холода при фактической температуре конденсации и нагрузке на холодильную установку.

Исходя из условия, что каждый компрессор при нормативных значениях t_0 и t_k должен выработать столько же холода, как и при фактических их значениях, найдем продолжительность работы компрессоров (или двухступенчатых установок) при нормативных условиях:

$$Q_{0_i}^{\phi} \cdot h_i^{\phi} = Q_{0_i}^{\text{н}} \cdot h_i^{\text{н}},$$

$$h_i^{\text{н}} = \frac{Q_{0_i}^{\phi} \cdot h_i^{\phi}}{Q_{0_i}^{\text{н}}}, \quad (24)$$

где $Q_{0_i}^{\phi}, Q_{0_i}^{\text{н}}$ – холодопроизводительность данного компрессора при фактических и нормативных значениях t_0 и t_k , тыс.ккал/ч;

$h_i^{\phi}, h_i^{\text{н}}$ – продолжительность работы данного компрессора при фактических и нормативных значениях t_0 и t_k , ч.

В связи с тем, что приборы для измерения холодопроизводительности к настоящему времени не применяются, фактическую холодопроизводительность $Q_{0_i}^{\phi}$ определяют по формуле (3) для средних за отчетный период фактических значений t_0^{ϕ} и t_k^{ϕ} . По найденным значениям $h_i^{\text{н}}$ проводят пересчет норм расхода электроэнергии по формулам (20), (21) и (22).

По тем же формулам можно определить и фактический расход электроэнергии, если в них подставить фактическую мощность энергопотребителей, измеренную при помощи счетчиков или рассчитанную по предложенной инструкции, фактическую холодопроизводительность компрессоров и фактическую продолжительность их работы.

ПРИМЕР РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НОРМЫ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ВЫРАБОТКУ ХОЛОДА

Расчет произведен на примере холодильной установки типового мясокомбината производственной мощностью 100 т/смену (проект Гипромясо, 1976 г.).

Холодильная установка работает на 5 температур кипения:

$t_0 = -40, -30, -20, -10$ и -3 °С.

За отчетный период (месяц) на систему $t_0 = -40$ °С работали три агрегата АД-260 (А-700 + А220) с суммарным количеством часов работы 1800, один агрегат АД-130 (А-350 + А110) в течение 700 ч., четыре циркуляционных насоса ЦНГ-68 (из них два

Таблица 3

Характеристика оборудования	Энергопотребляющее оборудование (по режимам работы)								
	компрессоры и компрессорные агрегаты				насосы		воздухо- охладители	ТЭНы	льдо- генераторы
					аммиач- ные	водяные			
РЕЖИМ РАБОТЫ $t_0=-40\text{ }^\circ\text{C}$ $t_{np}=-9\text{ }^\circ\text{C}$									
Марка	А-700	А-350	А-220	А-110	ЦНГ-68		ВОГ-230		
Суммарное число часов работы, ч.	1800	700	1800	700	1000		14000	580	
Число оборотов, эл. двиг., об/мин.	2925	1470	2925	1470	-		1000		
Количество, шт.	3	1	3	1	2		28	28	
РЕЖИМ РАБОТЫ $t_0=-30\text{ }^\circ\text{C}$ $t_{np}=-4\text{ }^\circ\text{C}$									
Марка	А-350	А-110			ЦНГ-68		ВОП-100		ЛГ-250
Суммарное число часов работы, ч.	1250	1250			680		3400	20	576
Число оборотов, эл. двиг., об/мин.	2925	1470			-		1500		-
Количество, шт.	2	2			1		5	5	1
РЕЖИМ РАБОТЫ $t_0=-20\text{ }^\circ\text{C}$									
Марка	А-220				ЦНГ-68		ВОГ-230		
Суммарное число часов работы, ч.	2000				600		11970	60	
Число оборотов, эл. двиг., об/мин.	1470				-		1000		
Количество, шт.	3				1		20	20	

Продолжение табл.3

Характеристика оборудования	Энергопотребляющее оборудование (по режимам работы)							
	компрессоры и компрессорные агрегаты	насосы		воздухоохладители	ТЭНы	льдо- генера- торы		
		аммиач- ные	водяные					
РЕЖИМ РАБОТЫ $t_0 = -10 \text{ }^\circ\text{C}$								
Марка	А-110	ЦНГ-68		ВОП-50	ВОГ-230	ВОП-100		
Суммарное число часов работы, ч.	1720	720		18720	2880	25200	12 105 78	
Число оборотов, эл. двиг., об/мин.	1470	-		1500	1000	1500		
Количество, шт.	3	1		26	4	35	4 35 26	
РЕЖИМ РАБОТЫ $t_0 = -3 \text{ }^\circ\text{C}$								
Марка	А-110	ЦНГ-68		ВОП-100	ВОП-50			
Суммарное число часов работы, ч.	1130	720		13680	17280		- -	
Число оборотов, эл. двиг., об/мин.	1470	-		1500	1500			
Количество, шт.	2	1		19	24		- -	
ЭНЕРГОПОТРЕБЛЯЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ОБСЛУЖИВАЮЩЕЕ ВСЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ								
Марка	Конденсатор ЭВАКО-200							
Суммарное число часов работы, ч.	17280							
Число оборотов, эл. двиг., об/мин.	-							
Количество, шт.	24							

Среднемесячная температура воздуха $18 \text{ }^\circ\text{C}$, температура воздуха по влажному термометру $12,8 \text{ }^\circ\text{C}$.

резервных), 28 воздухоохладителей ВОГ-230.

На систему с температурой $t_0 = -30$ °С работали два агрегата АД-130 (А-350 + А110) с суммарным числом часов работы 1250, два циркуляционных насоса ЦНГ-68 (один резервный), пять воздухоохладителей ВОП-100, льдогенератор ЛГ-250.

На систему с температурой кипения -20 °С работали три компрессорных агрегата А220 с общим числом часов работы 2000, два циркуляционных насоса ЦНГ-68 (один резервный), 20 воздухоохладителей ВОГ-230. На систему с температурой кипения -10 °С работали три компрессорных агрегата А110 с общим числом часов работы 1720, два циркуляционных насоса ЦНГ-68 (один резервный), 35 воздухоохладителей ВОП-100, четыре воздухоохладителя ВОГ-230 и 26 воздухоохладителей ВОП-50.

На систему с температурой кипения -3 °С работали два компрессорных агрегата А 110 с общим числом часов работы 1130, 19 воздухоохладителей ВОП-100; 24 воздухоохладителя ВОП-50, два циркуляционных насоса ЦНГ-68 (один резервный).

В холодильной системе было установлено 24 испарительных конденсатора ЭВАКО-200. Среднемесячная температура наружного воздуха составила $+18$ °С, температура по влажному термометру $+12,8$ °С.

Исходные данные и число часов работы оборудования представлены в табл.3.

В рассматриваемом примере холодильную установку обслуживают испарительные конденсаторы. В связи с этим расчет начинаем с определения нормативного значения температуры конденсации.

Расчет ведется графоаналитическим методом. Согласно методике определяем нагрузку на конденсатор Q_k со стороны холодильных компрессоров для температур конденсации $t_k = 30$ °С. Расчет сведен в табл.4. Холодопроизводительность и эффективную мощность компрессоров определяем по формулам (3) и (5), а нагрузку на конденсатор – по формуле (2). Для двухступенчатых установок холодопроизводительность и эффективную мощность определяем только для компрессоров второй ступени. Промежуточное давление $p_{пр}$ определяем по формуле (4).

Определяем суммарную нагрузку на конденсаторы при температуре конденсации 30 °С (по формуле б)

$$Q_k^{+30} = \frac{392,744 \cdot 1800 + 196,372 \cdot 700 + 254,076 \cdot 1250 + 214,248 \cdot 2000 + 173,286 \cdot 1720 + 233,054 \cdot 1130}{720} = 2988,7 \text{ , тыс. ккал/ч.}$$

Производительность конденсатора ЭВАКО-200 при температурах конденсации = 40; 35; 30; 25 °С и температуре влажного термометра $t_{в\text{о}\text{з}}^{вт} = 12,6$ °С определяем по характеристике (приложение 11).

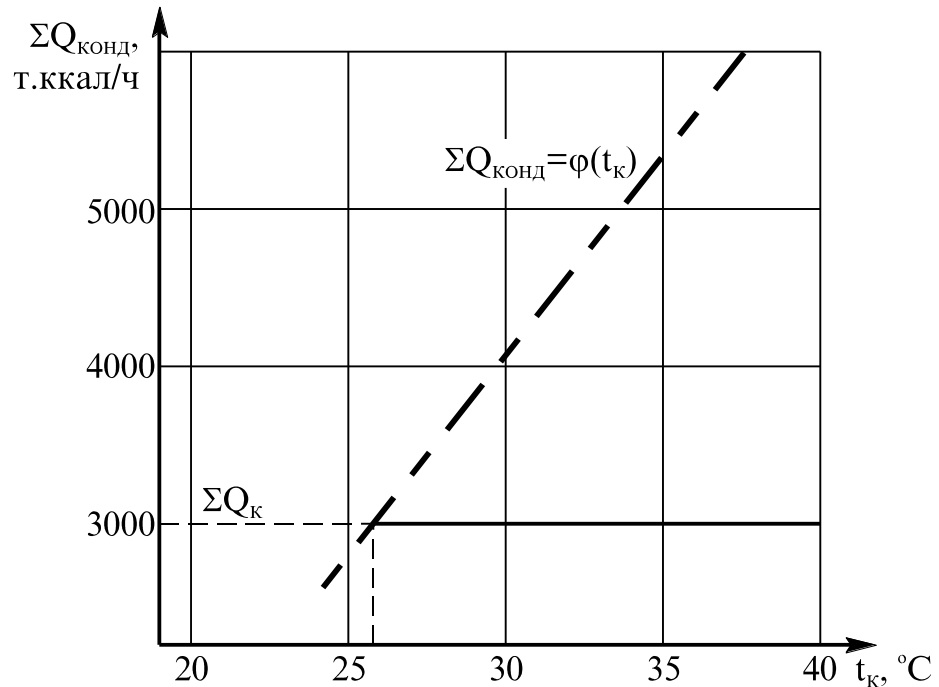
t_k , °С	40	35	30	25
$Q_{конд}$, тыс. ккал/ч.	274,0	224,0	166,0	116,0

Суммарная производительность всех конденсаторов, то есть 24 шт. (по формуле (8))

t_k , °С	40	35	30	25
$Q_{конд}$, тыс. ккал/ч.	6576	5376	3984	2784

Таблица 4

Марка компрессора	V_h , м ³ /ч	t_k , °C	p_k , кг/см ²	p_k/p_0	p_{np} , кг/см ²	t_{np} , °C	p_k/p_{np}	t_n , °C	λ	q_v , ккал/м ³	Q_0 , ккал/ч	\bar{N}_e	N_e , кВт	Q_k , ккал/ч
$t_0 = -40$ °C, $p_0 = 0,7$ кг/см ²														
A-220	602	30	11,85	16,98	2,88	-10	4,11	-7	0,74	730	325200	0,0453	78,54	392744
A-110	301	30	11,85	16,93	2,88	-10	4,11	-7	0,74	730	162600	0,453	39,27	196372
$t_0 = -30$ °C, $p_0 = 1,2$ кг/см ²														
A-110	301	30	11,85	9,87	3,77	-3,5	3,14	-0,5	0,79	915	217578	0,0374	42,44	254076
$t_0 = -20$ °C, $p_0 = 1,9$ кг/см ²														
A-220	602	30	11,85	6,2				30	0,63	415	157393	0,05778	66,11	214248
$t_0 = -10$ °C, $p_0 = 2,9$ кг/см ²														
A-110	301	30	11,85	4,09				30	0,74	625	139213	0,0454	39,62	173286
$t_0 = -3$ °C, $p_0 = 3,85$ кг/см ²														
A-110	301	30	11,85	3,08				30	0,79	825	196177	0,037	42,88	233054



Пример определения температуры конденсации t_k
и нагрузки на конденсатор $\Sigma Q_{\text{конд}}$

Строим графики зависимости суммарной нагрузки на конденсатор и со стороны компрессоров, и по характеристике конденсатора от температуры конденсации (см. рисунок). По точке пересечения кривых определяем $t_k = 25,7 \text{ }^\circ\text{C}$; $R_k = 10,75 \text{ кг/см}^2$.

Суммарная нагрузка на конденсатор составляет 2988 тыс.ккал/ч. Находим холодопроизводительность компрессоров при найденном значении t_k^H и проектных значениях t_0 по формуле (3) и приложениям 1 и 3. $p_{\text{пр}}$ определяем по формуле (4). Расчет приведен в табл.5.

Эффективную мощность на валу компрессоров в расчетном режиме определяем по формуле (5) и приложениям 1 и 3. Мощность, потребляемую электродвигателями, определяем по формуле (10).

Находим мощность, потребляемую электродвигателями вспомогательного оборудования. Мощность двигателей циркуляционных насосов ЦНГ-68, определенная по приложению 13, при $H=40 \text{ м}$ составляет 9,6 кВт.

Мощность двигателей вентиляторов ВОП-100 (приложение 14)

$$N = 0,75 \cdot 3,0 = 2,25 \text{ кВт}$$

Мощность двигателей вентиляторов ВОП-50 (приложение 14)

$$N = 0,75 \cdot 1,2 = 0,9 \text{ кВт}$$

Мощность двигателя ВОГ-230

$$N = 0,75 \cdot 4 = 3,0 \text{ кВт}$$

Мощность двигателей льдогенераторов ЛГ-250

$$N = 0,75 \cdot 5,2 = 3,9 \text{ кВт}$$

Таблица 5

Марка компрессора	V_h , м ³ /ч	t_0 , °C	p_0 , кг/см ²	t_k , °C	p_k , кг/см ²	p_k/p_0	$p_{пр}$, кг/см ²	$t_{пр}$, °C	$p_{пр}/p_0$	$t_{и}$, °C	λ	q_v , ккал/м ³	Q_0 , ккал/ч
A-700	1760	-40	0,7				2,74	-11	3,91	-8	0,81	190	270864
A-350	880	-40	0,7				2,74	-11	3,91	-8	0,81	190	135432
A-350	880	-30	1,2				3,59	-5	2,99	-2	0,83	310	226424
A-220	602	-20	1,9	25,7	10,75	5,65				25,7	0,66	425	168861
A-110	301	-10	2,9	25,7	10,75	3,7				25,7	0,77	640	148333
A-110	301	-3	3,85	25,7	10,75	2,79				25,7	0,81	835	203581

Таблица 6

Режим работы, °C		Марка компрессора	V_h , м ³ /ч	$p_{пр}/p_0$	$p_k/p_{пр}$	p_k/p_0	\bar{N}_e	p_0 , кг/см ²	$p_{пр}$, кг/см ²	N_e , кВт	$\eta_э$	$N_э$, кВт
t_0 ($t_{и}$)	t_k ($t_{и}$)											
=-40	=-11	A-700	1760	3,91			0,053	0,7		65,3	0,94	69,5
=-40	=-11	A-350	880	3,91			0,053	0,7		32,65	0,94	34,73
=-11	=25,7	A-220	602		3,92		0,044		2,74	72,6	0,93	77,23
=-11	=25,7	A-110	301		3,92		0,044		2,74	36,29	0,93	39,02
=-30	=-5	A-350	880	2,99			0,0405	1,2		42,77	0,94	45,5
=-5	=25,7	A-110	301		2,99		0,036		3,59	38,9	0,93	41,83
=-20	=25,7	A-220	602			5,65	0,055	1,9		62,9	0,93	67,63
=-10	=25,7	A-110	301			3,7	0,042	2,9		36,75	0,93	39,52
=-3	=25,7	A-110	301			2,79	0,034	3,85		39,4	0,93	42,36

Мощность, потребляемая ТЭНами (приложение 14)

$$\text{ВОГ-250} = 25,0 \text{ кВт}$$

$$\text{ВОП-100} = 12,0 \text{ кВт}$$

$$\text{ВОП-50} = 8,68 \text{ кВт}$$

Находим расход электроэнергии электродвигателей испарительных конденсаторов ЭВАКО-200 за отчетный период.

Мощность двигателей вентиляторов конденсаторов (приложение 12) составляет:

$$N_{\text{ик}}^{\text{вент}} = 0,75 \cdot 2 \cdot 2,2 = 3,3 \text{ кВт}$$

Мощность двигателя водяного насоса (приложение 12):

$$N_{\text{ик}}^{\text{н.ас}} = 0,75 \cdot 4 = 3,0 \text{ кВт}$$

Общий расход энергии электродвигателей испарительных конденсаторов составляет (по формуле (19)):

$$\Sigma \theta_{\text{ик}} = (3,3 + 3) \cdot 17280 = 108864 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Разбиваем расход электроэнергии испарительных конденсаторов по системам охлаждения (температурам кипения) пропорционально нагрузкам на конденсаторы от компрессоров этих систем.

Нагрузки на конденсаторы от компрессоров, обслуживающих различные системы охлаждения, находим по формуле (2). Необходимые для этого значения холодопроизводительности Q_0 и эффективной мощности N_e для одноступенчатых компрессоров (для $t_0 = -20, -10, -3 \text{ }^\circ\text{C}$) берется из табл. 5 и 6. Для определения нагрузки на конденсаторы от двухступенчатых установок (для систем с $t_0 = -40$ и $-30 \text{ }^\circ\text{C}$) определяем холодопроизводительность и эффективную мощность компрессоров второй ступени (по формулам (3) и (5)). Промежуточное давление для двухступенчатых установок определено по формуле (4).

Расчет сведен в табл. 7 и 8 для одноступенчатых компрессоров:

Таблица 7

Марка компрессора	$t_0, \text{ }^\circ\text{C}$	$Q_0, \text{ ккал/ч}$	$N_e, \text{ кВт}$	$Q_k, \text{ ккал/ч}$
A-220	-20	168861	67,63	227023
A-110	-10	148333	39,52	182320
A-110	-3	203581	42,36	240010

Находим по формуле (18) расход электроэнергии от электродвигателей испарительных конденсаторов ЭВАКО-200, приходящийся на отдельные системы охлаждения.

$$\Sigma \theta_{\text{ик}}^{-40} = \frac{376211 \cdot 1800 + 188105 \cdot 700}{2988000 \cdot 720} \cdot 108864 = 40929,9 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

$$\Sigma \theta_{\text{ик}}^{-30} = \frac{245568 \cdot 1250}{2988000 \cdot 720} \cdot 108864 = 15532,9 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

$$\Sigma \theta_{\text{ик}}^{-20} = \frac{227023 \cdot 2000}{2988000 \cdot 720} \cdot 108864 = 22975 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

$$\Sigma \theta_{\text{ик}}^{-10} = \frac{182320 \cdot 1720}{2988000 \cdot 720} \cdot 108864 = 15868,4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

$$\Sigma \theta_{\text{ик}}^{-3} = \frac{240010 \cdot 1130}{2988000 \cdot 720} \cdot 108864 = 13723,9 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Для вторых ступеней двухступенчатых установок:

Таблица 8

Марка компрессора	V_h , м ³ /ч	t_0 , °C	p_0 , кг/см ²	t_k , °C	p_k , кг/см ²	$p_{пр}$, кг/см ²	$t_{пр}$, °C	t_i , °C	$p_k/p_{пр}$	λ	q_v , ккал/м ³	Q_0 , ккал/ч	\bar{N}_e	N_e , кВт	Q_k , ккал/ч
А-220	602	-40	0,7	25,7	10,75	2,74	-11	-8	3,92	0,75	695	313792	0,044	72,58	376211
А-110	301	-40	0,7	25,7	10,75	2,74	-11	-8	3,92	0,75	695	156896	0,044	36,29	188105
А-110	301	-30	1,2	25,7	10,75	3,59	-5	-2	2,99	0,81	870	212114	0,036	38,9	245568

На основании вышеизложенного производим группировку (в таблице) оборудования, обслуживающего отдельные системы охлаждения.

Наименование оборудования		Число часов работы	N _э , кВт	Q ₀ , тыс.ккал/ч
t ₀ =-40 °С	А-700	1800	69,5	270,864
	А-350	700	37,4	135,432
	А-220	1800	77,23	
	А-110	700	39,0	
	ЦНГ-68	1000	9,6	
	ВОГ-230	14000	3,0	
	ТЭНы	580	25	
t ₀ =-30 °С	А-350	1250	45,5	226,424
	А-110	1250	41,83	
	ЦНГ-68	680	9,6	
	ВОП-100	3400	2,25	
	ТЭНы	20	12,0	
	ЛГ-250	576	3,9	
t ₀ =-20 °С	А-220	2000	67,63	168,861
	ЦНГ-68	600	9,6	
	ВОГ-230	11870	3,0	
	ТЭНы	60	25,0	
t ₀ =-10 °С	А-110	1720	39,52	148,333
	ЦНГ-68	720	9,6	
	ВОП-50	18720	0,9	
	ВОП-100	25200	2,25	
	ВОГ-230	2880	3,0	
	ТЭНы (ВОГ-230)	12	25,0	
	ТЭНы (ВОП-100)	105	12,0	
t ₀ =-3 °С	А-110	1130	42,36	203,581
	ЦНГ-68	720	9,6	
	ВОП-100	13680	2,25	
	ВОП-50	17280	0,9	

Находим технологические нормы расхода электроэнергии по отдельным системам охлаждения (по формуле (17)).

$$H_T^{-40} = \frac{69,5 \cdot 1800 + 37,4 \cdot 700 + 77,23 \cdot 1800 + 39,0 \cdot 700}{270,864 \cdot 1800 + 135,432 \cdot 700} + \frac{4092,9 + 9,6 \cdot 1000 + 3,0 \cdot 14000 + 25 \cdot 580}{270,864 \cdot 1800 + 135,432 \cdot 700} = 0,73, \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{тыс.ккал}$$

$$H_T^{-30} = \frac{45,5 \cdot 1250 + 41,83 \cdot 1250 + 15532 + 9,6 \cdot 680}{226,424 \cdot 1250} + \frac{2,25 \cdot 3400 + 120 \cdot 20 + 3,9 \cdot 576}{226,424 \cdot 1250} = 0,645, \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{тыс.ккал}$$

$$H_T^{-20} = \frac{67,63 \cdot 2000 + 22975 + 9,6 \cdot 600 + 3,0 \cdot 11970 + 250 \cdot 60}{168,861 \cdot 2000} = 0,597, \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{тыс.ккал}$$

$$H_T^{-10} = \frac{39,52 \cdot 1720 + 15868,4 + 9,6 \cdot 720 + 0,9 \cdot 18720}{148,333 \cdot 720} + \frac{2,25 \cdot 25200 + 3,0 \cdot 2880 + 25 \cdot 12 + 12 \cdot 105}{148,333 \cdot 720} = 0,684, \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{тыс.ккал}$$

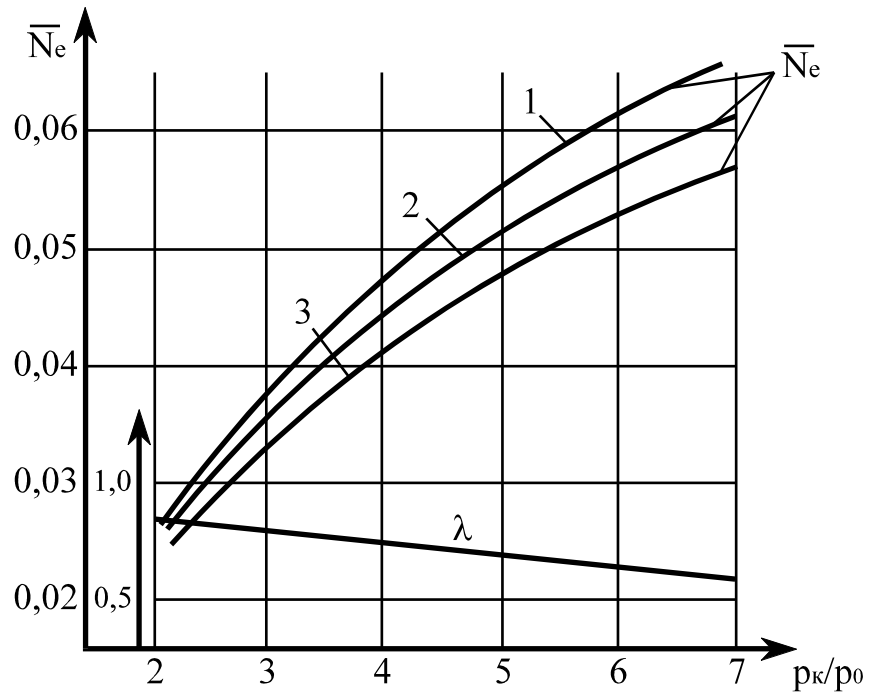
$$H_T^{-3} = \frac{42,36 \cdot 1130 + 13723,9 + 9,6 \cdot 720 + 2,25 \cdot 13680 + 0,9 \cdot 17280}{203,581 \cdot 1130} = 0,499, \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{тыс.ккал}$$

Технологическую норму расхода электроэнергии для всей установки в целом находим по формуле:

$$H_T = \frac{0,73 \cdot (1800 + 700) + 0,645 \cdot 1250 + 0,597 \cdot 2000}{1800 + 700 + 1250 + 2000 + 1720 + 1130} + \frac{0,684 \cdot 1720 + 0,499 \cdot 1130}{1800 + 700 + 1250 + 2000 + 1720 + 1130} = 0,647, \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{тыс.ккал}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

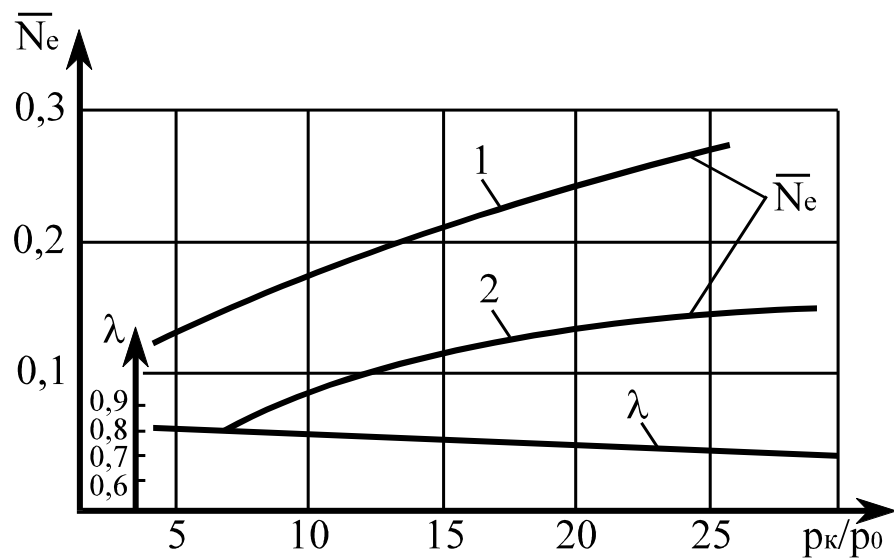
Зависимость \bar{N}_e и λ от отношения давлений p_k/p_0 для поршневых компрессоров



1. Горизонтальные компрессоры
2. Вертикальные, V и W-образные блоккартерные компрессоры
3. Опозитные компрессоры

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

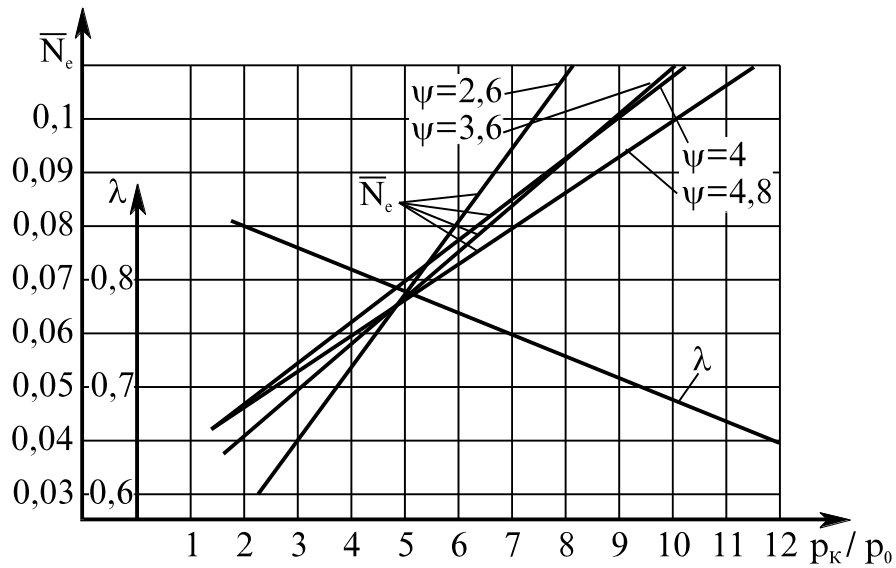
Зависимость \bar{N}_e и λ от отношения давлений p_k/p_0 для двухступенчатых компрессоров



1. Опозитные двухступенчатые компрессоры
2. Двухступенчатые однокорпусные компрессоры

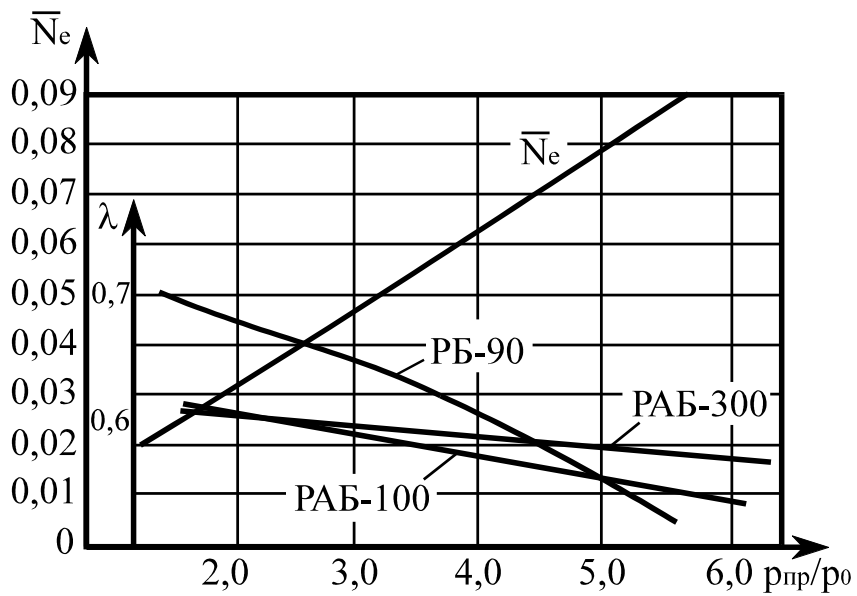
ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Зависимость \bar{N}_e и λ от отношения давлений p_k/p_0 для винтовых компрессоров



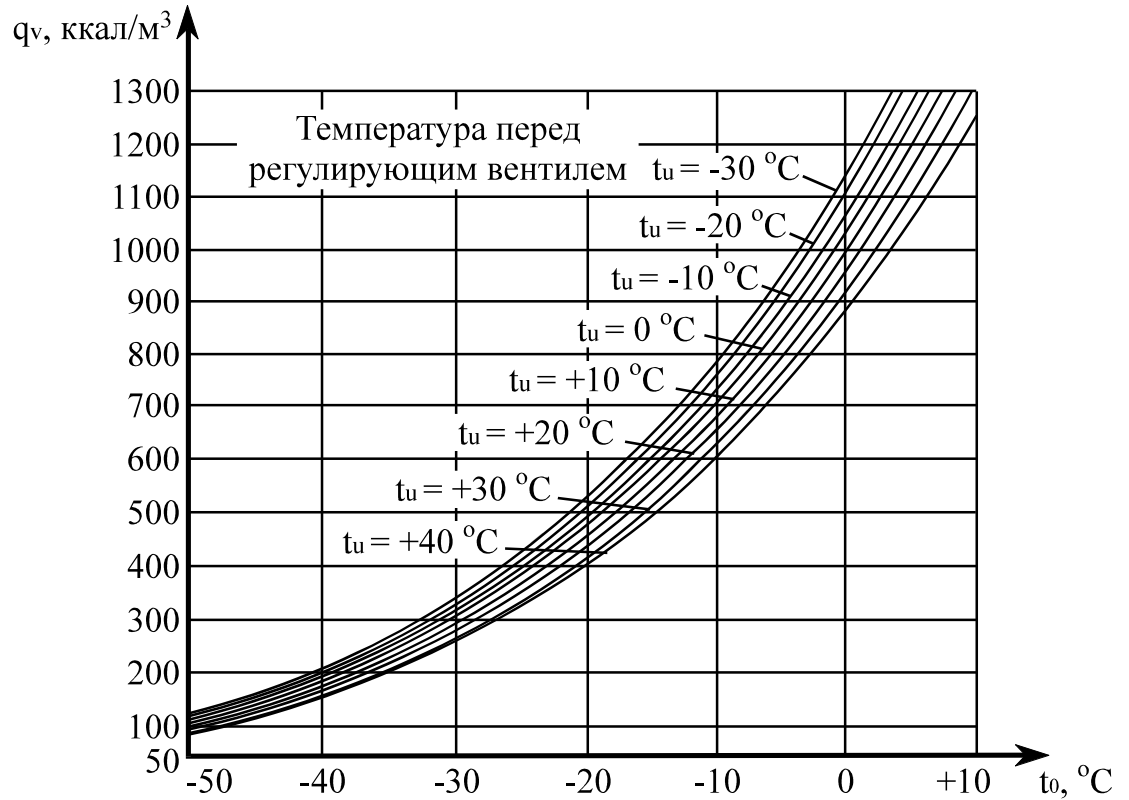
ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Зависимость \bar{N}_e и λ от отношения давлений $p_{пр}/p_0$ для ротационных компрессоров
РАБ-100, РАБ-300, РБ-90



ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Зависимость объемной холодопроизводительности q_v от температуры кипения и температуры аммиака перед регулирующим вентилем



ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПРЕССОРОВ

Марка компрессора	Число оборотов, об/мин.	Описанный объем, V_h , м ³ /ч	
		для одноступенчатых компрессоров и ступеней низкого давления	для ступеней высокого давления двухступенчатых компрессоров
АО 600	500	1585	
АО 1200	500	3170	
3 АГ	167	1710	
3 АГТ	167	1340	
4 АГ	167	3420	
4 АГТ	167	2680	
АВ 100	720 / 960	198,4 / 264,5	
АУ 200	720 / 960	396,5 / 529	
АУ 300	720	816	
АУ 400	720 / 960	793,5 / 1058	

Марка компрессора	Число оборотов, об/мин.	Описанный объем, V_h , м ³ /ч	
		для одноступенчатых компрессоров и ступеней низкого давления	для ступеней высокого давления двухступенчатых компрессоров
П 110	1470	301	
П 165	1470	450	
П 220	1470	602	
5 ВХ-350	2925	880	
6 ВХ-700	2920	1760	
АГК 56	187	2470	690
АГК 47	187	1730	690
АГК 73	167	4570	1710
АДК 65	167	3620	1350
АДК 73	167	4570	1350
ДАО 275 П	500	2098	813
ДАО 550 П	500	4196	1626
ДАОН 175 П	500	1295	432
ДАОН 350 П	500	2990	997
ДАУ 50	960	396	132
ДАУ 80	720	612	204
ДАУ 100	960	792	264
РБ 90	1440	645	
РАБ 100	730 / 980	595 / 795	
РАБ 300	575 / 730	1640 / 2060	
2 Е 180 (ВНР)	800	366	
4 Е 180 (ВНР)	800	732	
NF 411 (ЧССР)	960	282,6	
NF 611 (ЧССР)	960	424	
NF 811 (ЧССР)	960	565	
УК 811 (ЧССР)	1475	864	
Мусом (Япония)	1070	681,4	
6 А-160 (“Лаура”)	960	764	
S 3 900	3000	497	
KSA 600	1480	248,2	
NF 612	960	283	141
NF 812	960	424	141

Примечание: При отсутствии в приложении данных по компрессорам или несовпадении числа оборотов описанный объем необходимо подсчитать по формуле:

$$V_h = \frac{\pi \cdot d_{ц}^2}{4} \cdot L \cdot n \cdot z, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $d_{ц}$ – диаметр цилиндра, м;

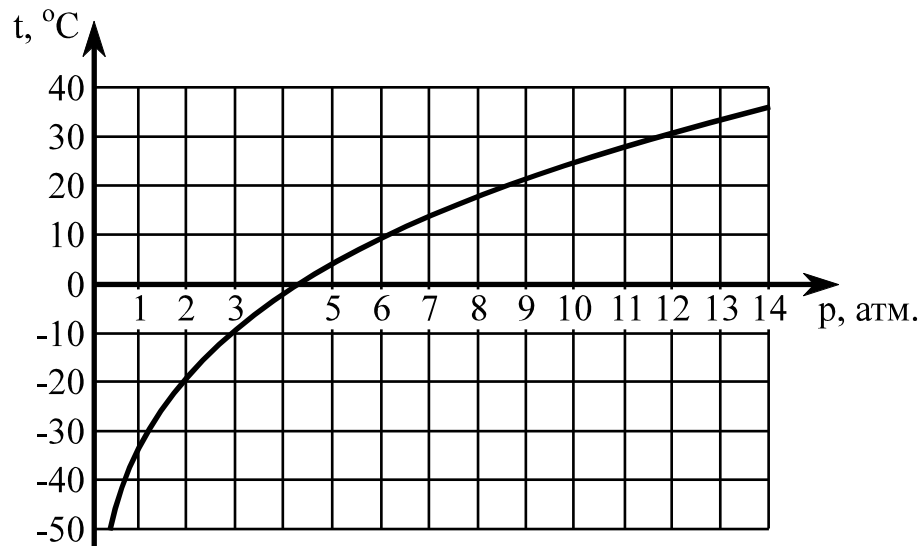
L – ход поршня, м;

z – число цилиндров;

n – число оборотов, об/мин.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Зависимость изменения давления от температуры для насыщенных паров аммиака

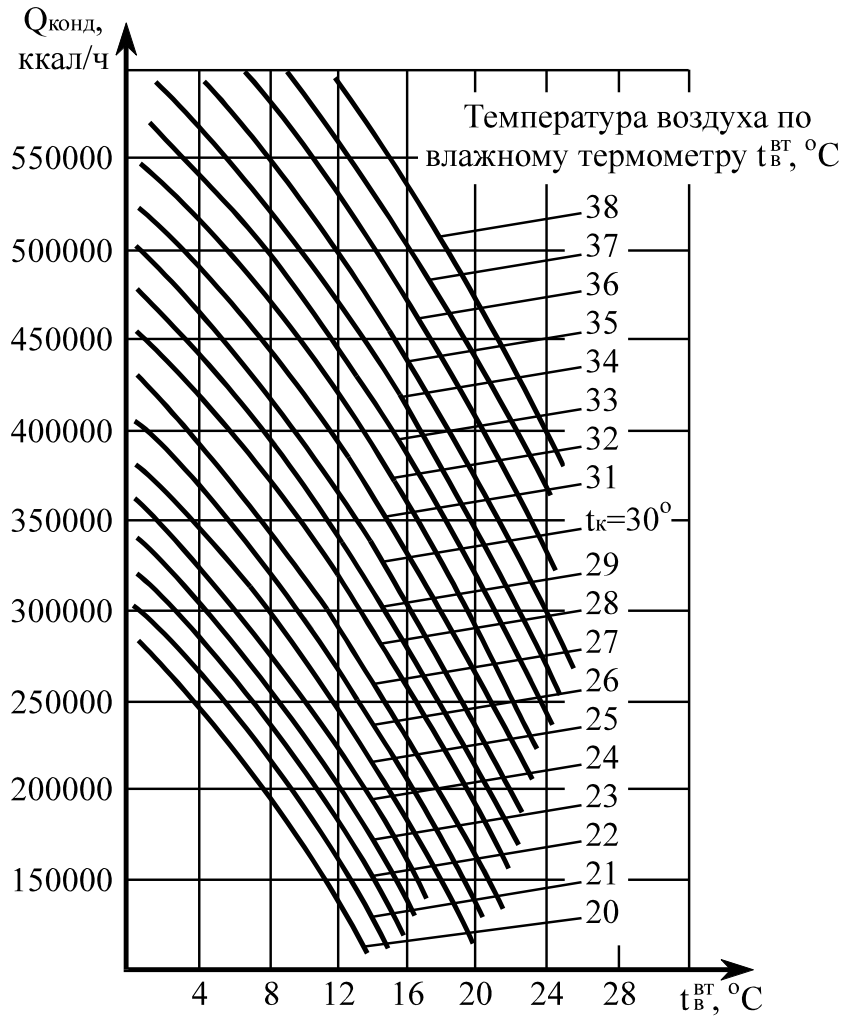


ПРИЛОЖЕНИЕ 8

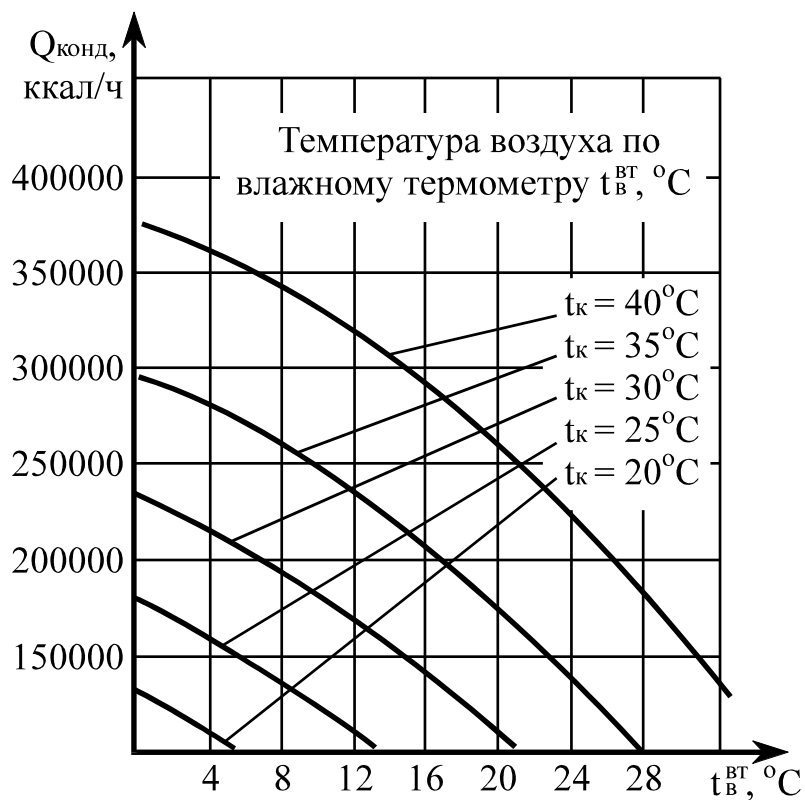
Теплоемкость растворов CaCl, ккал/кг·°C

Плотность, кг/м ³	Температура, °C				
	-40	-30	-20	-10	0
1200			0,705	0,711	0,717
1220			0,688	0,694	0,7
1240		0,667	0,673	0,679	0,685
1260		0,653	0,659	0,665	0,671
1280	0,63	0,64	0,646	0,652	0,658

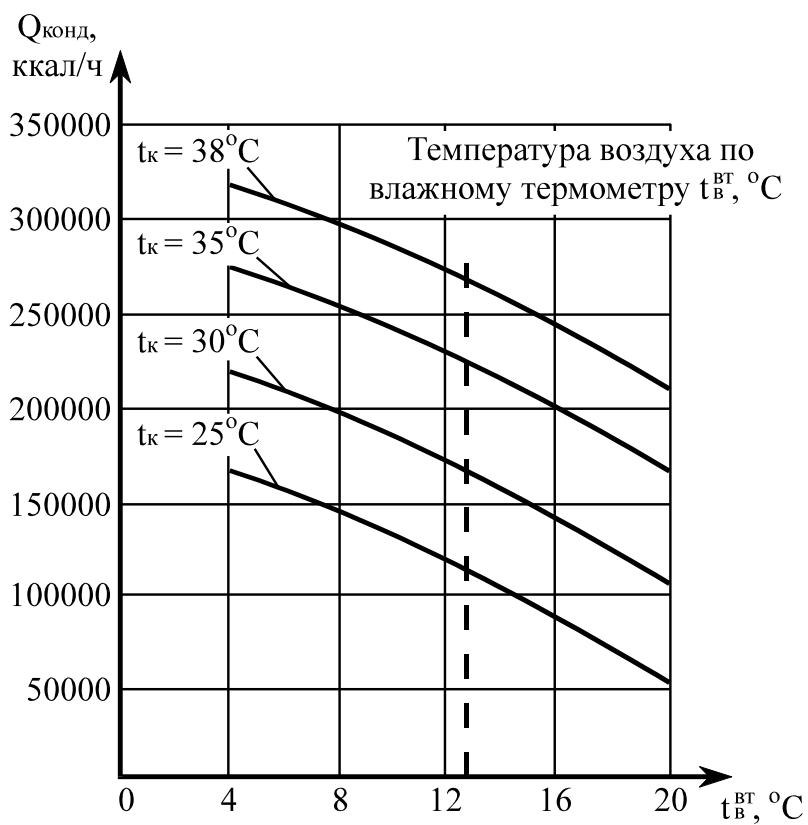
Характеристика испарительного конденсатора
ИК-125 $F=130 \text{ м}^2$



ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Характеристика испарительного конденсатора ИК-90 $F=70\text{м}^2$ 

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

Характеристика испарительного конденсатора ЭВАКО-200 $F=57\text{м}^2$ 

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

ИСПАРИТЕЛЬНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

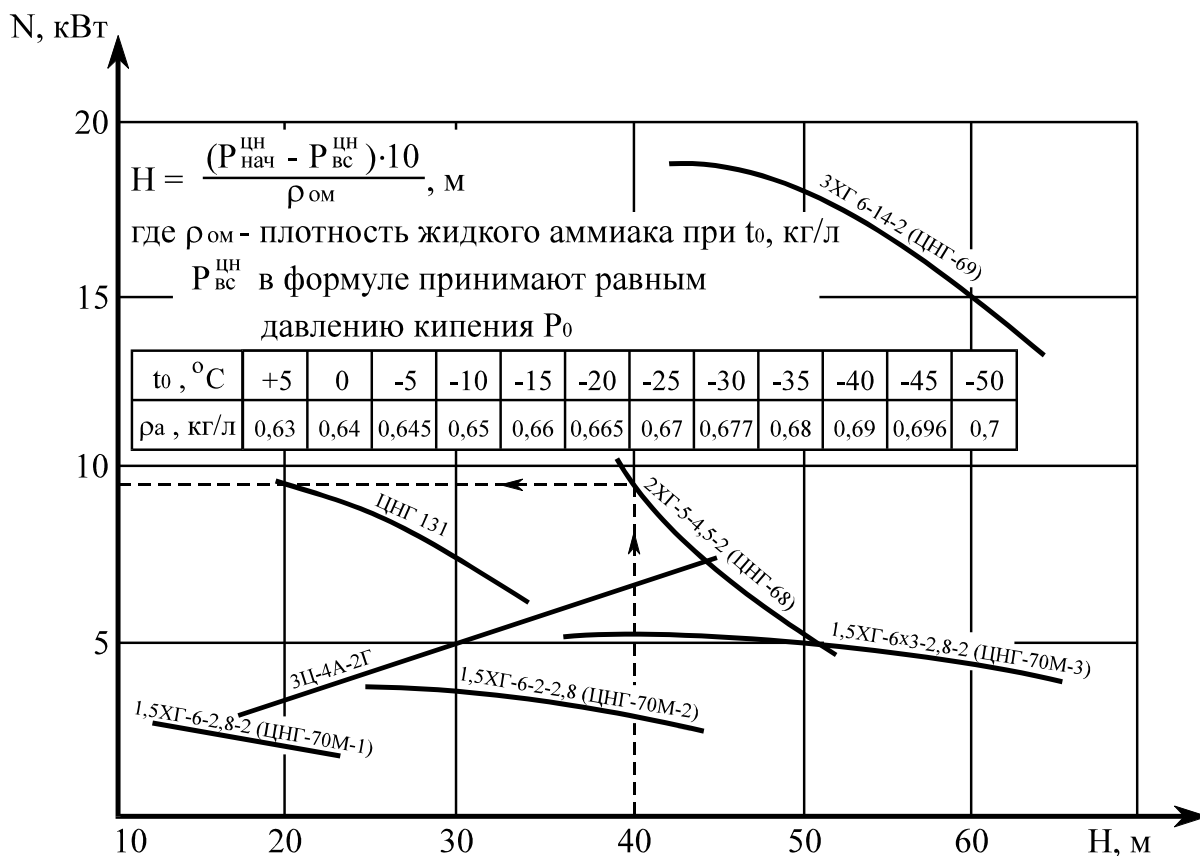
Марка	Количество вентиляторов и установленная мощность, кВт	Водяные насосы и установленная мощность, кВт
ИК-125	3×3,0	1×5,0
ИК-200	5×3,0	1×7,0
ЭВАКО-200	2×2,2	1×4,0
ЭВАКО-400	2×5,5	1×8,0

ВЕНТИЛЯТОРНЫЕ ГРАДИРНИ

Марка градирни	Количество вентиляторов и мощность двигателей, кВт
ГПВ-20 М	1×0,76
ГПВ-40 М	1×2,20
ГПВ-80	1×1,85
ГПВ-320	2×3,70

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

Зависимость потребляемой электрической мощности N
аммиачных насосов от развиваемого напора H



ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛИ

Марка	Количество электродвигателей, шт.	Установленная мощность, кВт, электродвигателей при 1000 и 1500 об/мин.	Установленная мощность ТЭНов, кВт
ВАП-75	2	0,4 / 0,6	8,68
ВОП-50	2	0,4 / 0,6	8,68
ВОП-75	2	1,1 / 1,5	12,0
ВОП-100	2	1,1 / 1,5	12,0
ВОП-150	2	1,1 / 1,5	12,0
ВОГ-100	2	1,1 / 1,5	12,0
ВОГ -250	2	4	25,0
ВОГ-230	1	4	25,0