

*Кожемяченко А. В.
Доктор технических наук, профессор
факультет техника и технологии
ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты
Россия, г. Шахты*

*Чернов Р.И.
студент магистратуры
факультет техника и технологии
ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты
Россия, г. Шахты*

*Чащин М.О.
студент магистратуры
факультет техника и технологии
ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты
Россия, г. Шахты*

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МАЛЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

*A. V. Kozhemyachenko
Doctor of Technical Sciences, Professor
Faculty of Engineering and Technology
ISOiP (branch) DSTU in Shakhty
Russia, Shakhty*

*Chernov R.I.
graduate student
Faculty of Engineering and Technology
ISOiP (branch) DSTU in Shakhty
Russia, Shakhty*

*Chashchin M.O.
graduate student*

ENERGY PERFORMANCE OF SMALL REFRIGERATING MACHINES

***Аннотация:** В статье на основании обзора научных литературных источников сформулированы основные энергетические показатели малых холодильных машин, характеризующие энергетическую эффективность их работы.*

***Annotation:** In the article, based on a review of scientific literature sources, the main energy indicators of small refrigeration machines are formulated, characterizing the energy efficiency of their operation.*

***Ключевые слова:** энергия, показатель, малая холодильная машина, энергетическая эффективность.*

***Keywords:** energy, indicator, small refrigeration machine, energy efficiency.*

Холодопроизводительность бытового компрессионного прибора является основным функциональным показателем и определяется из выражения:

$$Q_{0, \text{нх}} = G_{a_{ap}} \cdot (i_{a_{cp1}} - i_{a_{cp2}}), \quad (1.1)$$

где $G_{a_{ap}}$ – массовая производительность агрегата, кг/с;

$i_{a_{cp1}}$ – энтальпия хладагента перед компрессором, кДж/кг;

$i_{a_{cp2}}$ – энтальпия хладагента после конденсатора, кДж/кг.

Массовая производительность агрегата по тепловому балансу калориметра определяется по формуле:

$$G_{a_{\text{в.к.}}} = \frac{N_{\text{к.л.}} + \Delta Q_{\text{к.л.}}}{i_{\text{к.л.}_2} - i_u}, \quad (1.2)$$

где $N_{\text{к.л.}}$ – мощность нагревателя калориметра, Вт;

$\Delta Q_{\text{к.л.}}$ – теплопритоки калориметра, Вт;

$i_{\text{к.л.}_2}$ – энтальпия хладагента на выходе из калориметра, кДж/кг;

i_u – энтальпия хладагента перед регулирующим вентилем, кДж/кг.

Теплопотери калориметра определяются из выражения:

$$\Delta Q_{\text{к.л.}} = (\kappa F)_{\text{к.л.}} (t_{\text{в.ср.к.л.}} - t_{\text{в.х.а}}), \quad (1.3)$$

где $(\kappa F)_{\text{к.л.}}$ – произведение коэффициента теплопередачи на поверхность

калориметра, Вт/К;

$t_{\text{в.ср.к.л.}}$ – среднее значение температуры воздуха вокруг калориметра, К;

$t_{\text{в.х.а}}$ – температура вторичного холодильного агента, К.

Номинальная мощность агрегата бытового холодильного прибора характеризует допустимую нагрузку на валу встроенного двигателя хладонового

компрессора (величина её указывается в паспорте или на фирменной табличке холодильного агрегата).

У холодильных приборов фактическая нагрузка на валу встроенного двигателя хладонового компрессора может быть разной, в зависимости от холодопроизводительности компрессора, но не превышающей номинального значения.

Бытовые холодильные приборы работают циклично, периодически

включаясь и выключаясь терморегулятором. Каждый цикл состоит из рабочей

части, которая определяется временем работы встроенного электродвигателя хладонового компрессора, и нерабочей, в течение которой компрессор находится в выключенном состоянии.

Коэффициент рабочего времени является одним из основных показателей энергетической эффективности работы бытового холодильного прибора, характеризующей соотношение рабочей и нерабочей частей цикла, т.е. времени работы и простоя хладонового компрессора:

$$b = \frac{\tau_p}{\tau_u}, \quad (1.4)$$

где τ_p – рабочее время в цикле, с;

τ_u – продолжительность всего цикла, с.

Потребляемая мощность так же, как и мощность на валу, не является постоянной. При работе холодильного прибора потребляемая мощность изменяется в зависимости от нагрузки на хладоновый компрессор, которая может быть различной в связи с колебаниями температуры окружающего воздуха, заданного режима работы холодильного прибора и различной загрузки камер продуктами.

С повышением напряжения, при работе холодильного прибора на более тёплых режимах шкалы терморегулятора, с повышением температуры окружающего воздуха, а также с увеличением загрузки холодильного прибора продуктами потребляемая мощность двигателя повышается [1].

Изменения потребляемой мощности встроенного электродвигателя при изменении режима работы холодильного прибора от самого холодного до самого теплого (при неизменной температуре окружающего воздуха) не превышает 10–15 %. Повышение потребляемой мощности при работе холодильника на более тёплых режимах шкалы терморегулятора определяется тем, что в этих случаях хладоновый компрессор работает при

более высоких давлениях всасывания (более высокая температура кипения хладагента в испарителе), т.е. при больших нагрузках.

Потребляемая мощность двигателя меняется также в течение каждого цикла. Это объясняется тем, что при относительно коротком времени рабочей части цикла электродвигатель работает в условиях переменных нагрузок при наибольших значениях потребляемой мощности в моменты запуска. К концу рабочей части цикла потребляемая мощность снижается примерно на 10–20 % в зависимости от продолжительности цикла. Так как на тёплых режимах шкалы терморегулятора продолжительность рабочей части цикла меньше, чем на холодных, потребляемая мощность с момента запуска электродвигателя снижается меньше и, следовательно, средняя потребляемая мощность в течение рабочей части цикла будет большей.

Потребляемая мощность встроенного электродвигателя хладонового компрессора может быть измерена ваттметром или определена с некоторой погрешностью при помощи электросчётчика и секундомера, или амперметром и вольтметром.

Для измерения потребляемой мощности ваттметром применяют прибор класса 0,5–1,0 для переменного тока, рассчитанный на мощность не менее 500 Вт.

Мощность электродвигателя по счётчику определяют следующим образом. При короткой продолжительности (2–3 мин.) работы электродвигателя в цикле следует для увеличения этого времени (чтобы успеть провести измерения) установить ручку терморегулятора в положение наибольшего холода. Выключить холодильный прибор, вынув вилку из штепсельной розетки сети. Подготовив всё для измерений, включить одновременно холодильник и секундомер и отсчитывать обороты диска счётчика на протяжении 3–6 мин [2].

Зная соответствие числа оборотов диска счётчика 1 кВт·ч энергии (указана на каждом счётчике), определяют потребляемую мощность N_{nom} по формуле:

$$N_{ном} = \frac{1000 \cdot 3600 \cdot n}{K \cdot T}, \text{Вт} \quad (1.5)$$

где n – число оборотов диска, полученное при измерениях;

T – продолжительность времени замера, сек.;

K – число оборотов диска, соответствующее 1 кВт·ч.

При измерении потребляемой мощности встроенного электродвигателя хладонового компрессора при помощи амперметра и вольтметра следует полученные по приборам величины силы тока и напряжения перемножить и полученное значение мощности умножить на коэффициент мощности электродвигателя ($\cos \varphi$), который можно принять в пределах от 0,4 до 0,5.

Электрический холодильный коэффициент является экономической мерой теплоэнергетической эффективности бытового холодильного прибора и определяется из выражения:

$$\varepsilon_{э\text{аэп}} = \frac{Q_{0\text{аэп}}}{N_{номп}}. \quad (1.6)$$

Удельный массовый расход потребляемой электроэнергии, т.е. расход электроэнергии в кВт·ч, приходящийся на 1 кг массовой производительности хладонового компрессора, входящего в состав герметичного агрегата бытового холодильного прибора определяется из выражения:

$$N_G = \frac{N_{номп}}{G_{\text{аэп}}}. \quad (1.7)$$

Удельный расход электроэнергии является одним из основных удельных показателей энергетической эффективности работы бытового холодильного прибора. Под ним понимают расход энергии в кВт·ч, приходящийся на единицу холодопроизводительности [3].

Удельный расход электроэнергии определяют из выражения:

$$w = \frac{1}{\varepsilon_{\text{аэп}}} . \quad (1.8)$$

Суточное потребление электроэнергии является основным показателем эффективности работы холодильного прибора, значение которого определяется из выражения:

$$E = 0,024 \cdot N_{\text{ном}} \cdot (Q_T / Q_{0_{\text{аэп}}}), \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{сут}. \quad (1.9)$$

где Q_T – внешний теплоприток в шкаф холодильного прибора, Вт.

С учётом того, что

$$N_{\text{ном}} = Q_{0_{\text{аэп}}} / \varepsilon_{\text{аэп}} , \quad (1.10)$$

суточное значение потребления электроэнергии может быть определено из выражения:

$$\varepsilon = 0,024 \cdot (Q_T / \varepsilon_{\text{аэп}}). \quad (1.11)$$

Класс экономичности и расход электроэнергии. С 1995 г. на всех европейских моделях указывают класс экономичности по семибалльной шкале от А до G:

- экономические модели – А, В, С;
- промежуточный класс – D;
- модели с высоким расходом электроэнергии – Е, F, G.

Разница в потреблении энергии экономичными и неэкономичными моделями с одинаковым полезным объёмом может быть двухкратной. Цены на холодильники с одинаковым полезным объёмом экономического класса В и неэкономичного класса F могут различаться на 25 %.

При определении класса экономичности холодильника или морозильника учитывают не только расход электроэнергии и полезный объём, но и температуры в камерах, а также расположение камер и оснащение дополнительными устройствами, потребляющими электроэнергию. Например, потребление электроэнергии двухкамерным холодильником класса С при боковом расположении морозильной камеры и наличии ледогенератора с устройством для выдачи через дверь льда (в кубиках или дроблёном виде) и охлаждённой воды может в 1,5 раза превысить потребление электроэнергии холодильником того же класса и объёма с верхним расположением морозильной камеры и без дополнительных устройств.

Кроме класса экономичности в сопроводительных документах на холодильники и морозильники указывают нормативный расход электроэнергии при стандартных условиях испытаний, который может существенно отличаться от реального в эксплуатации.

В связи с различными условиями испытаний по национальным стандартам холодильники, изготовленные в США, европейских и азиатских странах, нельзя сравнивать по нормативным показателям расхода электроэнергии. Поэтому на американских, корейских и японских моделях, предлагаемых на российском рынке, расход электроэнергии, как правило, не указывают.

Фактический расход электроэнергии при нормальных условиях эксплуатации зависит не только от размеров холодильника и температуры окружающей среды, но и от загрузки продуктами и их состояния, а также соблюдения правил эксплуатации.

Расход электроэнергии прямо зависит от толщины стены холодильника: чем они больше, тем ниже расход электроэнергии. В

суперэкономичных холодильниках толщина стенок холодильных камер достигает 70 мм, а в морозильниках – 90 и даже 120 мм.

В некоторых моделях предусмотрена кнопка для перевода холодильника в экономичный режим работы, позволяющий сократить расход электроэнергии не менее чем на 15 % при неполной загрузке морозильной камеры. Экономия до 30 % электроэнергии за время отпуска или длительной командировки потребителя достигается с помощью кнопки «отпускной режим», при котором в холодильной камере поддерживается 15 °С.

В двухкамерных и комбинированных холодильниках-морозильниках с отдельным регулированием температур в камерах для экономии электроэнергии можно при необходимости отключить одну из камер. Расход электроэнергии значительно снижается также при использовании освещения камер галогенных ламп с продолжительным сроком службы [4].

Директивой 2003/66/ЕС от 3 июля 2003 г. введены два новых класса энергопотребления: А+ и А++.

Для определения класса энергопотребления бытового холодильного прибора его фактическое энергопотребление C , измеренное опытным путём, относят к так называемому нормативному электропотреблению S , которое вычисляется по формуле:

$$S = M \cdot \sum \left(V \cdot \frac{(25 - T)}{20} \cdot FF \cdot CC \cdot BI \right) + N + CH, \quad (1.12)$$

где \sum – значения величины энергопотребления по всем отделениям бытового холодильного прибора, Вт;

V – полезный объём каждого из отделений бытового холодильного прибора, л;

T – температура в каждом из отделений, °С.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 16317–93. Холодильники бытовые электрические. Взамен ГОСТ 16317–76. – Введ. 1993 – 07. – 01 ; срок действия до 01.07.88. – 24 с.
2. Алабужев, П.М. Основы теории подобия, размерности и моделирования / П.М. Алабужев. – Тула, 1988.-321с.46. Якобсон В.Б. Малые холодильные машины / В.Б.Якобсон. – М.: Пищевая промышленность, 2017. – 368 с.
3. Алабужев, П.М. Теория подобия и размерностей. Моделирование / П.М. Алабужев, В.Б. Геонимус, Л.М. Минкевич и др.: Уч. пособие.- М.: Высш. шк., 2018.-212с.
4. Анарев, Е.М. Приборы и методы электрических измерений при исследовании компрессоров/ Е.М. Агарев, Л.Н. Медовар. – М., 2000. – С. 47–61.