

Дополнение 3

Технический отчет

Воздействие холодильных систем на климат

Основные положения и рекомендации

1. Введение

Смена умонастроений по большей части связана с непрекращающимся ростом цен на энергоносители, а также мировым финансовым климатом и последними заявлениями правительств отдельных стран о необходимости достижения национальных или международных целей по сокращению выбросов парниковых газов и экономии энергии. Международные организации и механизмы финансирования медленно, но уверенно идут по пути объединения концептуального подхода и методики реализации проектов. В качестве примера можно назвать подвижную структуру стимулирования, внедренную МФМП. Если ранее он практиковал финансирование перехода на использование ГФУ во многочисленных сферах применения искусственного холода как единственно допустимой альтернативы, то сейчас он может предложить дополнительное финансирование перехода на хладагенты с низким ПГП. В то же время Исполнительный комитет проявляет крайнее нежелание финансировать внедрение каких-либо технологий, в которых применяются ГФУ. Сходным образом в национальную политику многих стран входит поощрение использования промышленностью, торговлей и гражданами энергоэффективных продуктов или предложение финансовых стимулов к экономии энергии.

Новаторский характер этого проекта заключается в одновременном решении вопросов вывода ГХФУ из обращения и изменения климата (сокращения выбросов парниковых газов). Однако следует отметить, что практические вопросы, связанные с координацией реализации проекта на местном уровне, все еще препятствуют реализации полноценного комплексного подхода к промышленному развитию и минимизации воздействия на климат. Очевидно, что на макроуровне минимизация воздействия на климат зависит от сложного сочетания технологических, экономических, политических и социальных факторов.

По согласованию с Секретариатом ГЭФ в России последовательность сравнения на концептуальном уровне следует обеспечивать проведением оценки жизненного цикла оборудования по МСII (индикатору воздействия на климат Многостороннего фонда). В основу МСII положена теоретическая термодинамика. При помощи ее законов и знаний о термофизических свойствах альтернативных хладагентов моделируется производительность существующих холодильных систем на ГХФУ-22 и создаются сравнительные модели для альтернативных хладагентов, не содержащих ГХФУ. Несмотря на надежность этого метода для сравнения относительной производительности альтернативных технологий, он не всегда обеспечивает достаточно точный анализ фактического воздействия на климат. Это связано с тем, что очень немногие системы работают в соответствии с теоретической моделью, а также с существенным влиянием условий эксплуатации на уровень воздействия системы на климат.

Анализ статуса МСII ясно показывает, что в некоторых областях следует переработать и усовершенствовать модель и методологию МСII таким образом, чтобы повысить практическую средств оценки воздействия на климат, предназначенных для использования в ходе постепенного вывода ГХФУ из обращения в России. В этих условиях результаты проекты должны представлять практическую значимость для заинтересованных сторон в секторе холодильного и климатического оборудования.

Анализируя имеющиеся данные и положение дел в секторе холодильного и климатического оборудования в России и мире, интересно отметить, что независимо от состояния рынка при выборе, разработке и эксплуатации означенного оборудования вопросам энергоэффективности уделяется все большее внимание.

В данном отчете приводятся основные выводы изучения и анализа литературы и техническая оценка описанных подходов и методов.

2. Основные выводы

Необходимость применения утилитарного подхода является основным результатом ориентации на реализацию и практического характера отрасли. Важно отметить, что результаты реализации настоящего проекта могут быть использованы для расширения сотрудничества с эксплуатирующими компаниями, техниками и покупателями, а также демонстрации разработчикам и производителям положительного воздействия на климат. На основе текущего обсуждения модели МСII можно сделать вывод о том, что доступность и простота использования модели или инструментов являются важными условиями их продуктивного использования. Кроме того, в результате этого обсуждения выявляется сложность разработки инструмента, пригодного для разных целевых групп или пользователей. Очевидно, что постановка нескольких задач отрицательно влияет на состав и удобство применения метода.

Еще одним выводом является повсеместное признание проектировщиками, разработчиками и специалистами по ремонту холодильного оборудования во многих странах того факта, что энергопотребление холодильной или климатической системы является наиболее важным параметром, определяющим воздействие оборудования на климат в течение срока эксплуатации. В Европе существенное влияние на средний объем утечек оказывают регламенты о фторсодержащих газах. Если не учитывать супермаркеты, многие из которых оснащены устаревшими системами, большинство холодильных установок северной Европы, которым менее пяти лет, отличаются крайне малым объемом утечек. Из этого следует, что при использовании хладагента, не оказывающего влияния на климат, объем выбросов можно сократить путем повышения энергоэффективности оборудования.

В ближайшем будущем важную роль в области воздействия действующих холодильных системы на климат могут сыграть ГФО-хладагенты. Замена используемых хладагентов, содержащих ОРВ или ГФУ, на ГФО-хладагенты с аналогичными термодинамическими и термофизическими свойствами может уменьшить прямое воздействие систем без модификации ее компонентов. В настоящее время реализуются обнадеживающие пробные и пилотные проекты, и в целях подтверждения эксплуатационной эффективности и совместимости с материалами образцы хладагентов могут появиться на большинстве рынков, включая Россию. В рамки настоящего проекта рекомендуется включить соответствующие испытания.

Еще одним и, возможно, наиболее важным выводом является относительное воздействие на климат, которого можно достичь путем усовершенствования производственного контроля и технического обслуживания холодильного и климатического оборудования. В частности, это относится к крупным системам. Есть серьезные основания полагать, что воздействие на климат подавляющего большинства установок может быть уменьшено без снижения их производительности исключительно за счет регулирования и обслуживания систем. Регулирование производительности холодильной системы играет особенно важную роль в области энергосбережения и реализуется при проектировании многих новых холодильных и климатических систем путем применения различных систем регулирования объема и потока при помощи усовершенствованной инверторной технологии.

3. Сравнение воздействия холодильных систем на климат за весь срок службы

Целью проекта является разработка стандартизированного метода расчета сравнительного воздействия холодильных и климатических систем на климат с учетом типа хладагента, объема утечек и условий эксплуатации системы.

Анализ литературы и преобладающих тенденций в мировом секторе ОВиК показывает, что наиболее распространенным методом анализа воздействия новых стационарных систем на климат на этапе проектирования является оценка общего коэффициента эквивалентного потепления (ОКЭП). При помощи этого параметра эксплуатирующие компании, разработчики и производители могут сравнить воздействие на окружающую среду, которое оказывают виды оборудования, предназначенные для различных нужд.

ОКЭП — это измерение вклада оборудования в глобальное потепление, который вычисляется на основе общего объема парниковых газов, выпущенных в атмосферу за все время службы оборудования и при уничтожении рабочих жидкостей по истечении срока эксплуатации. При оценке ОКЭП учитываются как прямые неконтролируемые выбросы, так и непрямые выбросы, связанные с потреблением энергии во время эксплуатации оборудования. ОКЭП выражается в единицах массы — кг в эквиваленте CO₂ (CO₂-экв).

ОКЭП вычисляется как сумма следующих показателей:

1. Объем хладагента, выпущенного в атмосферу за время эксплуатации оборудования, включая неутилизированные утечки во время окончательного уничтожения; и
2. Объем выбросов CO₂, образующихся при сжигании ископаемого топлива для производства энергии, которая необходима для эксплуатации оборудования в течение всего срока его службы.

Для полноты анализа в показатель потенциала воздействия на климат на протяжении срока службы (LCCP) оборудования включают ПГП не прямых выбросов (образующихся при потреблении энергии при производстве и перевозке химических веществ, а также при производстве, сборке деталей и утилизации оборудования с истекшим сроком эксплуатации) и ПГП прямых выбросов (собственно хладагента, продуктов взаимодействия с атмосферой, утечек во время производства и выбросов в течение всего срока службы оборудования).

LCCP охватывает несколько особых параметров, не включаемых в ОКЭП, а именно: объем прямых неконтролируемых выбросов в процессе производства оборудования и хладагентов, а также выбросов парниковых газов, связанных с потреблением энергии в процессе производства и эксплуатации оборудования.

Например, на неконтролируемые выбросы и потребление энергии в процессе производства хладагентов R134a и R404A, как правило, приходится около 1 % ПГП, что существенно меньше погрешности при вычислении LCCP стационарного оборудования.

В силу требования контролировать выбросы парниковых газов, установленного Киотским протоколом, необходим постоянный тщательный расчет и оценка видов деятельности,

условием ведения которых является энергопотребление. Многие из них могут сопровождаться выбросом не одного, а нескольких парниковых газов. ОКЭП предназначен для вычисления общего объема выбросов парниковых газов конкретных видов оборудования, в данном случае холодильного и климатического. Следует отметить, что наибольший вклад стационарного холодильного и климатического оборудования в глобальное потепление обеспечивается в процессе производства электроэнергии для питания этого оборудования.

Однако вычисление ОКЭП зависит от большого числа допущений относительно производительности оборудования и требует учета типовых решений, свойств хладагента и КПД производства электроэнергии.

У этих значений высокий уровень неопределенности. В частности, значения ППП хладагентов определяются с достаточно большой погрешностью. В связи с этим следует помнить, что небольшие различия в оценке ОКЭП могут не представлять значения.

Сюда же входят рекомендации по проведению анализа чувствительности (то есть верхнего и нижнего порога) и обеспечению достоверности сравнения, которые следует учитывать для максимально эффективного использования оценки ОКЭП. Следует подчеркнуть, что действительное значение представляет сравнение ОКЭП систем с одинаковым назначением и функциями. Мало смысла в сравнении, например, значений ОКЭП бытового холодильника и прилавка-витрины в супермаркете.

Действующие системы

ОКЭП действующей холодильной системы можно определить на основании данных о фактическом потреблении хладагента и энергии (как правило, в течение года). Однако целью настоящего проекта является использование эмпирических данных о действующих системах для создания модели применения оценки ОКЭП на этапе проектирования, что поможет выбрать оптимальный вариант и инвестировать в технологии с низким уровнем выбросов.

Допущения

Коэффициенты пересчета, представленные в настоящем докладе для различных отраслей, отражают современные технологии и передовые промышленные методы, используемые в новых стационарных установках. Коэффициенты могут изменяться и при необходимости обновляться.

Основной метод вычисления ОКЭП очевиден и прост в применении. Примеры простых и сложных парокомпрессионных холодильных установок, используемых в автономных прилавках-витринах и системах охлаждения супермаркетов, приводятся в Приложении Б.

Более подробные модели этих примеров будут представлены в табличном формате, что позволит пользователям проводить дальнейший анализ. Приведенные принципы могут применяться по отношению к другим типам оборудования, в том числе к установкам кондиционирования воздуха, охлаждения по ходу технологического процесса и в холодильных складах.

Метод вычисления

Данный метод предназначен для вычисления ОКЭП новых стационарных парокомпрессионных холодильных и климатических систем, электроснабжение которых осуществляется через электросеть.

Ниже представлен метод вычисления ОКЭП:

$$\begin{aligned} \text{ОКЭП} &= \text{ПГП прямых выбросов (утечек хладагента, в том числе из} \\ &\text{оборудования с истекшим сроком эксплуатации)} + \text{ПГП не прямых} \\ &\text{выбросов (во время эксплуатации)} \\ &= (\text{ПГП} \times m \times L_{\text{год}} \times n) + (\text{ПГП} \times m \times (1 - \alpha_{\text{извл}})) + (E_{\text{год}} \times \beta \times n) \end{aligned}$$

Где:

ПГП	= потенциал глобального потепления хладагента в эквиваленте CO ₂ (ПГП CO ₂ = 1)
L _{год}	= объем утечек в год (кг)
n	= срок эксплуатации системы (годы)
m	= количество хладагента в системе (кг)
α _{извл}	= коэффициент извлечения/переработки (0–1)
E _{год}	= годовое энергопотребление (кВт·ч в год)
β	= объем не прямых выбросов (кг CO ₂ на 1 кВт·ч)

Формула вычисления ОКЭП приведена, в частности, в стандарте EN 378-1:2008 «Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Приложение Б». Если изоляция (например, прилавков-витрин) или другие компоненты холодильной или отопительной системы могут быть источником парниковых газов, ПГП этих газов должен быть включен в приведенную выше формулу.

Данный метод предназначен для прогнозной оценки значений ОКЭП новых систем, сравнение которых будет достаточно достоверным даже в случае подготовки разными специалистами. Для вычисления нижнего и верхнего порога значений ОКЭП и определения ожидаемого диапазона рекомендуется проводить анализ чувствительности.

Данные для расчетов

Прямые выбросы

Прямые выбросы холодильного и климатического оборудования подразделяются на четыре основных типа:

- постепенные утечки при нормальных условиях эксплуатации,
- критические утечки при нормальных условиях эксплуатации,
- утечки во время обслуживания и текущего ремонта,
- утечки по окончании срока службы оборудования.

Объемы утечек хладагента

Годовой объем утечек хладагента, о котором говорится в настоящем отчете, — это сумма объемов постепенной утечки во время нормальной работы оборудования, аварийных утечек в течение срока эксплуатации и утечек во время обслуживания и текущего ремонта, выраженная в процентах от изначальной загрузки хладагента в год. Утечки по истечении срока эксплуатации установки в эту сумму не включаются.

Годовой объем утечек зависит от класса оборудования, типа хладагента, даты выпуска, конструкции системы (то есть наличия или отсутствия раструбных соединений, клапанов Шредера или типа конденсатора) и качества монтажа, ограничения вибрации, отыскания утечек хладагента, режима технического обслуживания и эксплуатации.

В настоящем отчете приводятся значения максимального, минимального и стандартного годового объема утечек для разных классов холодильного и климатического оборудования, благодаря чему практикующие специалисты получают возможность рассчитать ОКЭП на основе стандартных параметров или диапазон на основе верхнего и нижнего пределов. Данные по годовому объему утечек представлены в таблице 1 и разделе i Приложения С. Информация по объему утечек предоставляется дополнительно.

Таблица 1. Годовые объемы утечек в зависимости от класса и области применения оборудования

Класс и область применения оборудования	Годовой объем утечек (% в год)		
	Минимальный	Стандартный	Максимальный
Холодильные установки			
Центральные системы (например, в супермаркете)	5 %	10–15 %	23 %
Чиллеры (например, на холодильных складах, в технологическом охлаждении)	2 %	7 %	16 %
Конденсаторные агрегаты (например, в малых холодильных камерах)	5 %	10–15 %	23 %
Автономные холодильные системы	-	1 %	-
Автомобильный транспорт	10 %	15 %	23 %
Охлаждение на борту судна	20 %	30 %	40 %
Системы кондиционирования воздуха			
Чиллеры	2 %	5 %	9 %
Чиллеры (ГХФУ-123)	-	1 %	-
Крышные агрегатированные установки	2 %	5 %	9 %
Сплит-системы (в том числе VRV и VRF)	3 %	5 %	9 %
Оконные, настенные и мобильные кондиционеры	-	1 %	-

Значения потенциала глобального потепления хладагентов

Потенциал глобального потепления хладагента — это суммарное радиационное воздействие от выброса 1 кг хладагента за период времени, разделенное на суммарное радиационное воздействие от выброса 1 кг диоксида углерода за такой же период времени.

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) определила значения ПГП за последние двадцать лет и опубликовала четыре оценки для периодов времени в 20, 100 и 500 лет. Для целей обеспечения соответствия и составления отчетности рекомендуется использование оценки для 100 лет. Именно эти значения ПГП применимы к Киотскому протоколу, Регламенту ЕС о фторсодержащих газах и Техническим отчетам NGER (Национальной системы отчетности о выбросах парниковых газов и потреблении энергии).

Значения ПГП ГФУ-хладагентов, широко используемых в холодильном и климатическом оборудовании, называемые значениями SAR (Второй отчет об оценке, 1995 г.) и значениями AR4 (Четвертый отчет об оценке, 2007 г.), различаются максимум на 25 %. Наиболее часто, в частности, для обеспечения соответствия и составления отчетности, используются значения SAR. В настоящем отчете рекомендуется использование значений TAR (Третий отчет об оценке, 2000 г.), в то время как практикующие специалисты не обязаны применять только последние отчеты и могут использовать более ранние оценки. Погрешность значений SAR и TAR равна $\pm 35\%$, в то время как для значений AR4 погрешность уменьшена по сравнению с предыдущими оценками. Значения ПГП наиболее распространенных хладагентов и смесей представлены в табл. 2.

Таблица 2. Значения ПГП отдельных хладагентов

Значения ПГП отдельных хладагентов	SAR (1995) — широко используются в отчетах, в том числе NGER, и всех международных правительственных отчетах в соответствии с РКК ООН	TAR (2000) — рекомендуются к использованию практикующими специалистами и используются в отчетах по фторсодержащим газам	AR4 (2007) — используются нечасто
CO ₂	1	1	1
ГФУ-32	650	550	675
ГФУ-134а	1 300	1 300	1 430
ГХФУ-22	1 500	1 700	1 810
ГФУ-407С	1 526	1 653	1 774
ГФУ-410А	1 725	1 975	2 088
ГФУ-407А	1 770	1 990	2 107
ГФУ-427А	1 828	2 013	2 138
ГФУ-422D	2 232	2 623	2 729
ГФУ-404А	3 260	3 784	3 922
ГФУ-507	3 300	3 850	3,985

Доля извлеченного хладагента

Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) опубликованы отчеты по передовым методам извлечения хладагентов, которые позволяют извлечь 70–95 % оставшегося хладагента в зависимости от класса оборудования. На практике, по расчетам, доля извлеченного хладагента из системы с объемом загрузки более 100 кг составляет 90–95 %, из систем с меньшим объемом

загрузки – около 70 %. Объем утечки по истечении срока эксплуатации оборудования составляет менее 1 % годовых утечек.

В настоящем отчете рекомендуется принять долю извлеченного хладагента равной 70 % от изначального объема загрузки системы, если последний менее 100 кг, и 90 % для более крупных систем.

Непрямые выбросы

Расчет коэффициентов непрямых выбросов, связанных с производством электроэнергии и иногда называемых коэффициентами выбросов CO₂, основан на средней интенсивности выбросов всей отрасли производства электроэнергии в стране, штате или регионе. Объем CO₂ на 1 кВт·ч поставляемой электроэнергии зависит от состава топлива, использованного для ее производства. У угольных электростанций это значение относительно велико, у газовых оно ниже, а у гидроэлектростанций, ветровых или солнечных оно близко к нулю.

Коэффициенты непрямых выбросов

Коэффициенты непрямых выбросов могут различаться между странами или регионами такой большой страны, как Россия. Однако в целях обеспечения совместимости в настоящее время используется единый государственный коэффициент.

Общее годовое потребление электроэнергии

Общее годовое потребление электроэнергии холодильной или климатической системой – это сумма энергопотребления холодильного компрессора (холодильных компрессоров) и всех вспомогательных устройств, необходимых для корректной работы системы (то есть вентиляторов конденсатора и испарителя, оттаивателей, жидкостных насосов и т. д.).

Размер годового потребления энергии многих автономных холодильных установок, продаваемых в мире, в настоящее время должен соответствовать минимальным стандартам энергоэффективности и местному законодательству страны, в которой продается установка. В настоящее время подобные стандарты в России не являются общепринятыми, хотя в качестве примера инициативы по повышению осведомленности и продвижения высокоэффективных продуктов можно назвать финансируемый ГЭФ проект маркировки оборудования по энергопотреблению. В настоящем отчете рекомендуется по возможности использовать параметры годового энергопотребления.

В случае отсутствия достоверных параметров годового энергопотребления их рассчитывают, причем предпочтительным методом является модель годовой нагрузки. В ней учтены отклонения, которые могут возникнуть в течение года, для чего, как описано в предыдущих отчетах, энергопотребление компрессора рассчитывается для различных географических координат с различной температурой окружающей среды.

Энергопотребление компрессора

Энергопотребление холодильного компрессора (холодильных компрессоров) зависит от следующих факторов:

- Время работы компрессора;
- Тепловая нагрузка, необходимая для соответствующей области применения;

- Производительность компрессора – тепловой коэффициент (COP);
- Необходимая температура охлаждения (то есть температура, требуемая в соответствующей области применения, эксплуатации или осуществления технологического процесса и обеспечиваемая в охлаждаемом помещении или в ходе производственного процесса);
- Температура теплоотдачи – зачастую это температура окружающей среды.

Все указанные параметры могут изменяться течение дня и сезона. Таким образом, практически всегда для расчета энергопотребления компрессора следует использовать модель годовой нагрузки.

Потребляемая мощность компрессора выводится из предоставленных производителем данных для каждой контрольной точки температуры окружающей среды с учетом тепловой нагрузки компрессора, температуры насыщения всасываемых паров, перегрева всасываемого газа и расчетных условий, к которым относятся температуры насыщения конденсации, рабочая разность температур конденсатора и температура переохлаждения жидкости.

В некоторых случаях компрессоры могут периодически включаться и выключаться или работать на разных ступенях мощности из-за неточного соответствия производительности тепловой нагрузке компрессора. В таких случаях чтобы ввести поправку на процентное отношение рабочего времени в различных моделях к коэффициенту нагрузки, следует разложить значения потребляемой мощности на множители.

Как правило, для определения потребляемой мощности для каждой контрольной точки разработчик использует предоставляемое производителями компрессоров программное обеспечение. При умножении этого значения на количество рабочих часов в год для каждого значения температуры определяют величину энергопотребления компрессора (кВт·ч). Эти показатели также позволяют рассчитать годовое энергопотребления. В таблице 4 представлен пример модели годовой нагрузки по 10 контрольным точкам температуры окружающей среды для среднетемпературного компрессора, работающего на хладагенте R134a.

В некоторых случаях применяют упрощенную модель годовой нагрузки, рассчитанную лишь для небольшого числа контрольных точек температуры окружающей среды (например, ниже 15 °С, 15 °С–20 °С и больше 20 °С). Например, у бытового холодильника, работающего в помещении с центральным кондиционированием воздуха, температура отвода теплоты и тепловая нагрузка будут практически постоянными, так что для определения рабочей температуры потребуется только одна точка оценки.

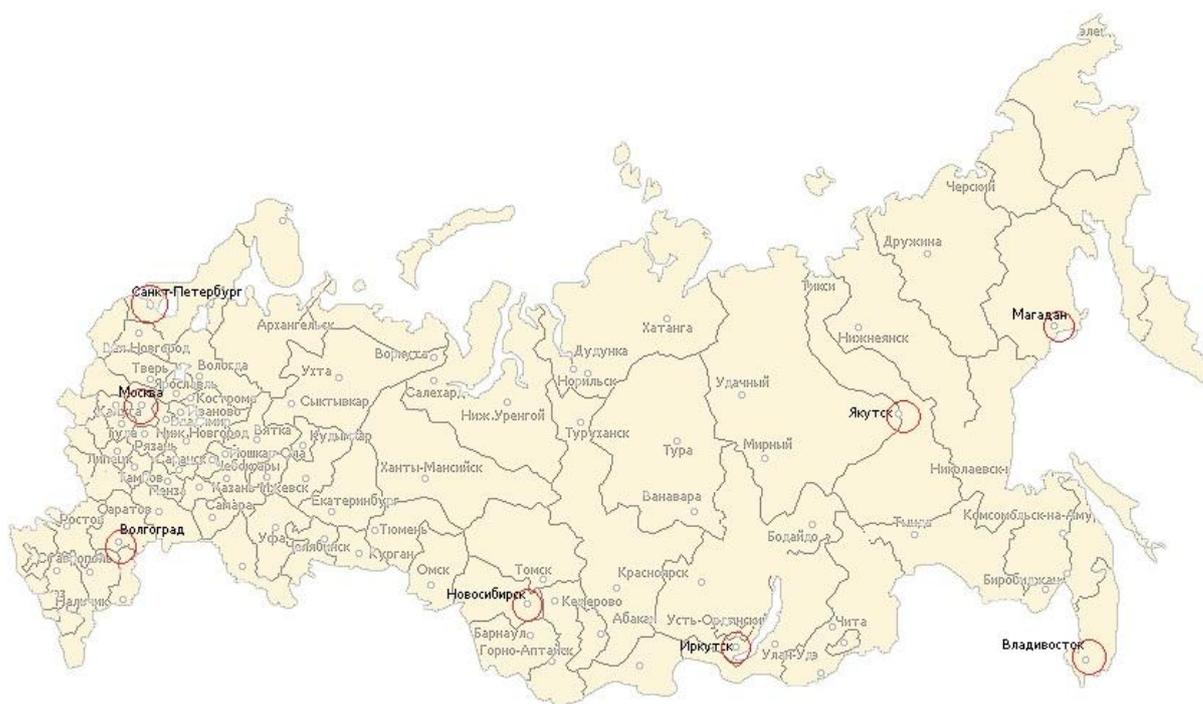
Подробная методология расчета модели годовой нагрузки для системы с несколькими компрессорами будет более понятна на примере, представленном в Приложении В (система охлаждения склада супермаркета).

Модель годовой нагрузки по 10 контрольным точкам температуры окружающей среды

№ значения	Температура, °С	Тепловая нагрузка компрессора (кВт)	COP	Потребляемая мощность компрессора (кВт)	Время работы при указанном значении температуры	Факторы, влияющие на нагрузку	Годовое энергопотребление (кВт·ч в год)
1	>40	43,237	2,58	16,78	1	80 %	13
2	40–35	45,578	2,85	16,02	58		743
3	35–30	48,504	3,19	15,21	203		2 470
4	30–25	51,918	3,61	14,40	517		5 956
5	25–20	53,079	3,75	14,15	1 026		11 614
6	20–15	53,079	3,75	14,15	2 306		26 104
7	15–10	53,079	3,75	14,15	2 839		32 137
8	10–5	53,079	3,75	14,15	1 649		18 667
9	5–0	53,079	3,75	14,15	161		1 823
10	<0	53,079	3,75	14,15	0		0
Всего					8 760		99 528

Контрольные точки температуры окружающей среды: градусо-сутки и рабочие часы

Время работы холодильного и климатического оборудования зависит от температуры окружающей среды или климатических условий. В настоящем отчете рекомендуется учитывать время работы в 10 контрольных точках температуры окружающей среды в местах, определенных предыдущими отчетами. Приведенные здесь примеры на данном этапе являются только иллюстрациями.



Преобразование контрольных точек температуры окружающей среды в градусо-сутки

Наиболее простым способом нормирования энергопотребления является расчет *кВт·ч на 1 градусо-сутки* для каждого потребленного кВт энергии. Для этого число кВт·ч делится на число градусо-суток за период потребления энергии.

Теоретически деление на градусо-сутки нивелирует влияние наружной температуры, таким образом сравнение рассчитанных *кВт·ч на 1 градусо-сутки* может использоваться для определения производительности систем независимо от погодных условий или прогноза изменения производительности в зависимости от изменений погоды.

Линейный регрессионный анализ используется для контроля и планирования. Самым важным фактором в данном случае является допущение об *определяющем факторе* энергопотребления; таким фактором могут быть нестандартные показатели, применяемые в отрасли, а в случае отопления и охлаждения – градусо-сутки.

Как правило, выбирается *базовая* совокупность данных об энергопотреблении, чаще всего недельные или месячные данные за последние год-два. Каждому показателю энергопотребления должно соответствовать число градусо-суток.

Линия регрессии – это линия, наиболее точно соответствующая точкам на графике разброса. Часто ее называют *линией тренда* или *линией рабочих характеристик*.

После определения формулы линии регрессии на основе градусо-суток рассчитывается *базовое* или *ожидаемое* энергопотребление.

Одиночные электросчетчики часто одновременно показывают энергопотребление, обусловленное погодными условиями, и независимое от них. Например, в здании с электрическим отоплением может быть один электросчетчик, показывающий общее энергопотребление (отопление, освещение, охлаждение, питание оргтехники и т. п.).

При анализе градусо-суток энергопотребление, которое не обуславливается погодными условиями, часто обозначается как энергопотребление *базовой нагрузки*. Как правило, оно складывается из потребления энергии, непосредственно не связанного с отоплением или охлаждением здания. Сюда, например, относятся электрические лампы, компьютерное оборудование и промышленные технологические линии. При проведении расчетов, основанных на градусо-сутках, энергопотребление базовой нагрузки принимается как постоянное в течение всего года.

Энергопотребление вспомогательного оборудования

При расчете годового энергопотребления вспомогательного оборудования следует учитывать все устройства, необходимые для осуществления подогрева и охлаждения. К ним относятся вентиляторы конденсатора и испарителя, системы оттаивания, циркуляционные насосы для рабочей жидкости и т. д.

Устройства, которые не являются функциональной частью системы (например, освещение здания), при расчете энергопотребления не учитываются. В случае охлаждаемых

прилавков-витрин для розничной торговли встроенное освещение (но не освещение помещения) в расчеты включают.

Факторы, влияющие на нагрузку вспомогательного оборудования

Если оценка ОКЭП используется при проведении конкурентных торгов, для целей интерпретации все участники ОБЯЗАНЫ учитывать одинаковые факторы, влияющие на нагрузку вспомогательного оборудования. Рекомендуемые допущения (исходя из времени работы) представлены ниже.

Устройство	Допущения по нагрузке
Вентиляторы постоянной скорости	90 %
Вентиляторы переменного тока с регулируемой частотой вращения (однофазные)	70 %
Вентиляторы переменного тока с регулируемой частотой вращения (трехфазные)	60 %
Вентиляторы постоянного тока с электронным контролем	50 %
Тепловые завесы	100 %
Встроенное освещение	50 %
ТЭНы оттаивания	5 %

Допускается применение отличающихся от приведенных допущений к конкретной установке, однако для целей сравнения ДОЛЖНЫ применяться одинаковые допущения.

Отвод теплоты

Целью методологии расчета ОКЭП является предоставление прогнозных оценок для достоверного сравнения новых систем с одинаковыми функциями. В некоторых случаях особенности конфигурации оборудования, например, внешний или внутренний отвод теплоты могут влиять на тепловую нагрузку, время работы оборудования и величину ОКЭП.

Так, при сравнении автономного охлаждаемого прилавка-витрины с отводом тепла внутри кондиционируемого пространства с прилавком-витриной аналогичного назначения, но с вынесенным конденсатором при расчете ОКЭП следует внести поправки

на особенности отвода тепла. К ним могут относиться дополнительное время работы кондиционера или энергия, необходимые для удаления дополнительного тепла, выделенного автономным оборудованием в теплые дни, за вычетом экономии энергии в холодные дни.

Контроль потребления электроэнергии

Результаты расчетов следует сравнить с действительным энергопотреблением такой же системы. Для подтверждения расчетных и предполагаемых показателей энергопотребления можно использовать контрольные значения энергопотребления. Чтобы сравнение было эффективным, важно сравнивать идентичные системы и вносить коррективы с учетом всех различий. Наиболее распространенными различиями, оказывающими влияние на показатели, являются климатические условия и время работы. В таблице ниже представлены контрольные значения энергопотребления для следующих широко распространенных стационарных холодильных и климатических систем:

- Система охлаждения супермаркета (небольшая, средняя и крупная или алгоритм расчета);
- Холодильные склады (небольшие, средние и крупные или алгоритм расчета);
- Малые холодильные камеры (кВт·ч на 1 м²);
- Промышленные установки кондиционирования воздуха (кВт·ч на 1 м²).

Следует заметить, что контрольные значения энергопотребления не предназначены для расчета энергопотребления или холодопроизводительности, они используются только для подтверждения величины расчетного энергопотребления (например, ±20 %). Пример представлен в разделе ii Приложения В (система охлаждения супермаркета)

Контрольные значения энергопотребления в зависимости от сферы применения оборудования

Применение	Единица измерения	Категория/размер	Контрольное значение (кВт·ч на 1 м ²)
Супермаркет	Энергопотребление торгового зала (кВт·ч на 1 м ² в год)	Небольш.	<1 500 м ² 980
		Средн.	1 500–2 750 м ² 850
		Крупн.	<2750 м ² 820
Холодильный склад	Удельное энергопотребление (SEC) SEC (кВт·ч на 1 куб. фут в год) = 38,978 x объем помещения ^{-0,2275} – 0,1581 Для перевода объема помещения, выраженного в кубических футах, в кубические метры, величину объема умножают на 0,0283.		
Малые холодильные камеры	Годовое энергопотребление (кВт·ч в год) можно оценить, исходя из общей потребляемой мощности конденсатора и испарителя, работающих 16 часов в день и 365 дней в году. Контрольная мера холодопроизводительности для камер высотой 3–4 м равна 250–		

	300 кВт·ч на 1 м ² .
Промышленное кондиционирование воздуха	Годовое энергопотребление (кВт·ч в год) можно оценить, исходя из общей потребляемой мощности конденсатора и испарителя, работающих 1 255 часов в год (то есть 251 рабочий день, 10 часов в день, 50 % рабочего времени при полной нагрузке). Контрольная мера тепловой нагрузки промышленного кондиционирования воздуха равна 200 кВт·ч на 1 м ² кондиционируемой площади.

Ограничения

На практике вычислить значимое абсолютное значение ОКЭП весьма сложно. В применении к холодильным и климатическим системам главное назначение ОКЭП служить СРЕДСТВОМ СРАВНЕНИЯ для оценки различных систем, работающих в определенной сфере применения.

В отчете МГЭИК говорится о 35-процентной погрешности для значений ПГП, которая является сочетанием различных погрешностей, в том числе фактической продолжительности пребывания CO₂ в атмосфере. Погрешность сравнения значений для фторуглеродов составляет около 10 %.

Это значит, что если при сравнении двух холодильных систем с различными хладагентами рассчитанные значения их ОКЭП отличаются менее, чем на 10 %, то вклад этих систем в глобальное потепление будет одинаковым.

ОКЭП можно использовать для сравнения альтернативных предложений по модификации действующих систем. У работающей системы известны многие рабочие параметры, так что расчет может быть основан на них. Однако кажется практически невозможным оценить объем утечек различных хладагентов из работающей системы.

Таким образом, при определении коэффициента потерь в этих случаях важна тщательность. Эквивалент энергопотребления для производства и транспортировки хладагента и холодильного оборудования в расчет ОКЭП не включен. Несмотря на то что воздействие этих процессов на климат можно выразить в ОКЭП, получаемые значения незначительны. Объем выбросов CO₂ в процессе производства компонентов оборудования учитывается при расчете потенциала влияния на климат на протяжении срока службы (LCCP).

Дополнения

Дополнение А: Словарь терминов

Альтернативные хладагенты	Хладагенты, являющиеся альтернативами синтетическим хладагентам, используемым в стационарном холодильном и климатическом оборудовании. Наиболее распространенными альтернативными хладагентами являются безводный аммиак (R717), углекислота (R744) и углеводороды (R290). Обычно такие хладагенты называются природными.
Температура окружающей среды	Температура воздуха среды, в которой работает холодильная система. Это может быть температура среды, в которую отводится тепло системы, или температура среды, в которой находится испарительная часть системы (например, прилавок-витрина для розничной торговли). Наружные температуры или температуры по сухому термометру для определенных мест расположения метеорологических станций предоставляются метеорологическим бюро.
Контрольные точки температуры окружающей среды	Для расчета числа рабочих часов в год в местах расположения метеорологических станций, определенных метеорологическим бюро, были заданы 10 областей наружных температур с интервалом в 5 °С.
Температура в области применения	Температура, которая должна быть обеспечена в охлаждаемом помещении. Иногда обозначается как рабочая температура.
Климатические зоны ВСА	На основе метеорологических данных с поправкой на правительственные границы и другие факторы Австралийский совет по строительным стандартам (ВСА) определил восемь климатических зон. Карту климатических зон ВСА можно просматривать в сети Интернет.
Коэффициенты или параметры расчета	Коэффициенты, рекомендованные для использования в стандартизированном расчете ОКЭП новых стационарных холодильных и климатических систем в определенных сферах применения и определенные на базе современного передового отраслевого опыта.
Мощность (системы)	Расчетная тепловая нагрузка системы или компрессора при определенных рабочих условиях.
Тепловой коэффициент (COP)	Доля отвода теплоты по отношению к энергопотреблению холодильного компрессора (компрессоров) и вспомогательного оборудования. COP не имеет единицы измерения и используется для выражения производительности системы.

Температура конденсации	Температура конденсации, также именуемая точкой кипения или температурой насыщения, — это температура, при которой хладагент из жидкого состояния переходит в газообразное или наоборот.
Конденсаторный агрегат	Конденсаторный агрегат холодопроизводительностью 1–20 кВт, состоящий из одного-двух компрессоров, одного конденсатора и одного ресивера.
Тепловая нагрузка	Требуемая максимальная величина расхода теплоты, сообщаемая разработчику. Величина отвода теплоты системы совпадает с этим параметром или превышает его. (Единица измерения: Вт).
Охлаждение	Название функции холодильной системы, которое включает в себя прочие сопряженные функции, например, использование отведенного тепла для обогрева и т. п.
CO ₂ -экв.	Выбросы в эквиваленте диоксида углерода.
Объем не прямых выбросов (β)	Под объемом не прямых выбросов или выбросов CO ₂ понимается масса выбросов CO ₂ генератором на каждый кВт·ч энергии, произведенной для холодильной установки, с учетом снижения эффективности при производстве и распределении энергии. (Единица измерения: кг CO ₂ /кВт·ч).
Прямые выбросы	Вклад в глобальное потепление, обеспечиваемый выбросами хладагента или любого другого парникового газа из оборудования в течение срока эксплуатации. (Единица измерения: кг CO ₂).
Производительность	См. «Тепловая нагрузка».
Продолжительность включения	См. среднегодовой коэффициент использования.
Годовое энергопотребление (E _{год})	Энергопотребление системы за год (Единица измерения: кВт·ч в год).
Потенциал глобального потепления (ПГП)	Показатель отношения воздействия определенного объема выбросов парникового газа на климат к такому же объему выбросов CO ₂ . Значения ПГП определяются как суммарное радиационное воздействие от выброса 1 кг вещества по отношению к воздействию от выброса 1 кг CO ₂ за определенный период времени. Чаще всего используется период, равный 100 годам, несмотря на то что это намного меньше срока пребывания CO ₂ в атмосфере.
Неконтролируемые выбросы	Под неконтролируемыми выбросами понимаются выбросы в атмосферу во время производства, подготовки и поставки оборудования и хладагентов. При расчете ОКЭП

	неконтролируемые выбросы не учитываются.
Температура отвода теплоты	Температура среды, в которую конденсатор отдает теплоту системы. Для конденсаторов с воздушным охлаждением это температура окружающей среды. Для систем с рекуперацией теплоты это желаемая рабочая температура рекуператора. Для чиллеров с водяным охлаждением это температура охлаждающей воды на входе.
Непрямые выбросы	Вклад в глобальное потепление выбросов CO ₂ , образующихся в результате производства электроэнергии, необходимой для работы холодильной системы в течение срока эксплуатации. (Единицы: кг CO ₂).
Потенциал влияния на климат на протяжении срока службы (LCCP)	Общий вклад оборудования в глобальное потепление, рассчитываемый на основе связанных выбросов парниковых газов на протяжении всего срока службы. LCCP расширяет ОКЭП и учитывает объем прямых неконтролируемых выбросов, образующихся в процессе производства, а также выбросов парниковых газов, связанных с потреблением энергии в процессе производства и эксплуатации оборудования.
Срок службы (n)	Срок службы системы — это ожидаемый срок работы холодильного (капитального) оборудования в условиях нормальной эксплуатации. (Единица измерения: годы).
Коэффициент нагрузки	Доля общего времени работы системы, оборудования или компонента, необходимая для обеспечения желаемого охлаждения. Иногда называется среднегодовой коэффициент использования или продолжительностью включения.
Природные хладагенты	Понятие «природный» означает, что жидкости возникли естественным путем в результате геологических и/или биологических процессов, в отличие от фторсодержащих хладагентов, которые являются синтетическими химическими веществами. Однако следует заметить, что производители объемных газов очищают и сжимают все природные хладагенты, после чего перевозят их как другие промышленные газы, что означает, что при их создании, хранении и транспортировке потребляется энергия. Это энергопотребление не учитывается при расчете ОКЭП.
Рабочие часы в год	Число часов работы при температуре окружающей среды в год для конкретного местоположения, температурного диапазона или контрольной точки температуры. В таблице 5 указаны рабочие часы по крупным городам и климатическим зонам, рассчитанные метеорологическим бюро по данным за 5 лет.
Хладагент	Рабочая жидкость в парокомпрессионном холодильном цикле.

Количество хладагента в системе (m)	Изначальное количество хладагента, помещенное в систему (Единица измерения: кг).
Извлечение хладагента	Извлечение хладагента из системы и его последующее хранение в отдельной емкости.
Коэффициент извлечения ($\alpha_{извл}$)	Доля хладагента, извлеченного во время вывода системы из эксплуатации, по отношению к изначальному количеству. Коэффициент извлечения/рециклирования имеет значения от 0 до 1.
Годовой объем утечек хладагента ($L_{год}$)	Годовой объем утечек хладагента – это сумма объемов постепенной утечки за время нормальной работы оборудования, аварийных утечек в течение срока эксплуатации и утечек во время обслуживания и текущего ремонта, выраженная в процентах от изначальной загрузки хладагента в год (единица измерения: кг).
Вторичный холодоноситель	Холодоноситель (как правило, жидкий), используемый для передачи теплоты от одной части холодильной системы к другой. Передача теплоты происходит путем вынужденной конвекции.
Холодильная система с промежуточным холодоносителем	Система с двумя основными контурами жидкого хладагента. В первичном имеет место обычный процесс непосредственного испарения хладагента, после чего охлажденная жидкость перекачивается во вторичный контур. В первичном контуре используется значительно меньше хладагента, так как это короткий замкнутый контур, как правило, ограниченный машинным залом. Вторичный контур перекачивает теплопередающую жидкость по всем точкам теплообмена.
Границы системы	Линия, отделяющая энергопотребляющие компоненты и подсистемы охлаждения от других систем, не связанных с охлаждением или сопутствующим обогревом.

Дополнение В: Примеры расчета

Автономный прилавок-витрина для розничной торговли

В приведенном ниже простом примерном расчете сравниваются три варианта оборудования с разными уровнями производительности и хладагентами. Расчет ОКЭП автономного прилавка витрины для розничной торговли очень прост, так как у него нет вспомогательных агрегатов и годовое энергопотребление можно определить, основываясь на энергетических характеристиках, предоставленных изготовителем.

Спецификация	
Тип	Морозильная камера Низкотемпературная камера одинарной ширины (классификация AS 1731, RS13)
Полная площадь витрины	1 м ²
Место расположения	Кондиционируемое торговое пространство Коэффициент выбросов при выработке электроэнергии = 1,23 кг в СО ₂ -экв. на 1 кВт·ч
Срок эксплуатации	10 лет
Вспомогательное оборудование	Отсутствует Автоматическое оттаивание входит в общий объем энергопотребления
Вариант 1	
Хладагент	R404A, ПГП 100 (Третий доклад об оценке) = 3 784
Количество хладагента	380 г, объем утечки – 1 % в год, сбор хладагента по окончании срока эксплуатации оборудования – 70 %
Энергопотребление	Соответствует минимальным стандартам энергоэффективности (MEPS) = 8,00 кВт·ч в день на 1 м ²
Годовое энергопотребление	3 884 кВт·ч в год
Прямые выбросы (в том числе из оборудования с истекшим сроком эксплуатации)	$= (\text{ПГП} \times m \times L_{\text{год}} \times n) + (\text{ПГП} \times m \times (1 - \alpha_{\text{извл}}))$ $= (3\,784 \times 0,38 \times 0,01 \times 10) + (3\,784 \times 0,38 \times 0,3)$ $= 589 \text{ кг}$
Непрямые выбросы	$(E_{\text{год}} \times \beta \times n)$ $= 3\,884 \times 1,23 \times 10$ $= 47\,768 \text{ кг}$
ОКЭП	48.4 метрических тонн в СО ₂ -экв.

Вариант 2	
Хладагент	R404A, ПГП 100 (Третий доклад об оценке) = 3 784
Количество хладагента	380 г, объем утечки — 1 % в год, сбор хладагента по окончании срока эксплуатации оборудования — 70 %
Энергопотребление	Соответствует стандартам максимальной энергоэффективности (NEPS) = 5.90 кВт·ч в день на 1 м ²
Годовое энергопотребление	2 864 кВт·ч в год
Прямые выбросы (в том числе из оборудования с истекшим сроком эксплуатации)	Аналогично предыдущему 589 кг
Непрямые выбросы	(E _{год} × β × n) = 2 864 × 1,23 × 10 = 35 229 кг
ОКЭП	35.8 метрических тонн в CO ₂ -экв.
Вариант 3	
Хладагент	Углеводород (пропан, R290)
Количество хладагента	320 г, ПГП 0
Энергопотребление	Соответствует минимальным стандартам энергоэффективности (MEPS) = 8,00 кВт·ч в день на 1 м ²
Годовое энергопотребление	3 884 кВт·ч в год
Прямые выбросы (в том числе из оборудования с истекшим сроком эксплуатации)	0 кг
Непрямые выбросы	Аналогично варианту 1: 47 768 кг
ОКЭП	47,8 метрических тонн в CO ₂ -экв.
Примечание: ОКЭП модели на хладагенте R290 с энергопотреблением, соответствующим NEPS, будет равняться 35,2 метрическим тоннам в CO ₂ -экв.	

Система охлаждения супермаркета

Вариант 1. Традиционная система непосредственного испарительного охлаждения с низкой тепловой нагрузкой. Оснащена 3–4 компрессорными агрегатами на R404A (200 кг на агрегат). Температура насыщения всасываемых паров (SST) -30°C . Один агрегат сателлитный (SST -35°C). Каждый средне- и высокотемпературный агрегат оснащается 3–4 поршневыми компрессорами на R404A (по 400 кг). SST агрегатов составляет от -10 до -5°C в зависимости от условий работы и нагрузки. Подобная система оснащается одинаковыми для всех вариантов исполнения конденсаторами с воздушным охлаждением, вентиляторами переменного тока с регулируемой частотой вращения, испарителями с электронно-управляемыми вентиляторами, лампами и оттаивателями.

Вариант 2. Традиционная система непосредственного испарительного охлаждения, в которой для средних и высоких температур используется R134a. Схожа с вариантом 1, за исключением средне- и высокотемпературного агрегатов, которые заправляются хладагентом R134a (по 440 кг, что на 10 % больше, чем при использовании R404A).

Вариант 3. Гибридная холодильная система непосредственного испарительного охлаждения с низкотемпературным контуром на CO_2 и средне- и высокотемпературном – на R134a. Оснащается каскадным агрегатом непосредственного испарительного с низкотемпературным контуром на CO_2 и средне- и низкотемпературным – на R134a (500 кг хладагента на агрегат, то есть всего 1 000 кг).

Вариант 4. Гибридная холодильная система (непосредственного испарительного охлаждения на CO_2 и летучем вторичном хладагенте). Оснащается каскадным агрегатом непосредственного испарительного низкотемпературного охлаждения на CO_2 . Средне- и высокотемпературные агрегаты на летучем вторичном хладагенте R134a (общий вес 300 кг) находятся в машинном зале.

В таблице 8 представлен пример использования перечисленных вариантов для супермаркета с торговым залом площадью $2\,500\text{ м}^2$ для номинальной холодопроизводительности 40, 120 и 135 кВт при низкой, средней и высокой температуре соответственно.

Оценка выбросов системы охлаждения супермаркета на основе указанных параметров

Варианты	Описание	Объем выбросов (т в CO_2 -экв)		
		Прямые выбросы	Непрямые выбросы	Всего
Вариант 1	Традиционная система непосредственного испарительного охлаждения; низкая, средняя и высокая температура, R404A	8,523	11,024	19,547
Вариант 2	Традиционная система непосредственного	4 221	9 749	13 970

	испарительного охлаждения; средняя и высокая температура, R134A			
Вариант 3	Гибридная система непосредственного испарительного охлаждения с CO ₂ в низкотемпературном и R134A в средне- и высокотемпературном контуре	2 860	11 063	13 923
Вариант 4	Гибридная система непосредственного испарительного охлаждения; CO ₂ и летучий вторичный хладагент	860	11 290	12 150
Параметры и допущения				
Срок эксплуатации оборудования		10 лет		
Доля извлеченного хладагента		95%		
Годовой объем утечек		12,5%		
Потребление энергии и объем выбросов		1,23 кг в CO ₂ -экв. на 1 кВт·ч		
<p>Подробное описание моделей компрессора и условий эксплуатации (расчетные температуры насыщения всасываемых паров, температуры насыщения конденсации и пр.) см. в таблице.</p>				

Дполнение С:

Справочный материал по объему утечек хладагента

Максимальный, минимальный и стандартный объемы утечек, указанные в таблице 1 настоящего отчета, были выведены на основе следующего справочного материала.

Стратегический план развития холодильного сектора Великобритании, подготовленный Институтом холода в 2010 г.: от 10 (поддерживаемый) до 20 % (для супермаркетов, в которых используется R404A).

Задача 4 Серии 1 «Холодильное и морозильное оборудование» подготовительного исследования требований к экологичному проектированию Генерального директората Европейской Комиссии по предпринимательству и промышленности, а именно (октябрь 2010 г.): 15 % для отдельных конденсаторных агрегатов (на основе средневзвешенного значения).

Отчет Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), сопредседателей и членов TEAP, Комитета по технологическим альтернативам в холодильном, климатическом и теплонасосном секторе (2010 г.) предлагает следующие значения:

- В большинстве стран, перечисленных в статье 5, широко используются системы с конденсаторными агрегатами. По оценкам, годовой объем выбросов составляет 7–12 %.
- Исследование, проведенное Агентством США по охране окружающей среды, показывает, что наибольшее сокращение утечек в США достигнуто для чиллеров. Благодаря изменениям конструкции объемы утечек снижаются на 10–15 % в год, во многих случаях составляя менее 5 % количества хладагента в год.
- Некоторые торговые компании провели исследования и приняли меры по ограничению утечек хладагента. Соответствующие отчеты сообщают об уменьшении объема выбросов, ранее составлявшего 25 % годового объема выбросов, до 12 %. Таким образом, типовой объем выбросов небольших супермаркетов составляет 15–25 %, крупных – 20–35 %.
- Утечки хладагента в транспортном охлаждении возникают вследствие вибрации и толчков и иногда в результате столкновения автомобиля с другими объектами. Кроме того, суровые условия эксплуатации ускоряют темпы старения оборудования.
- Стандартное количество хладагента на судне водоизмещением более 100 длинных тонн составляет 100–500 кг при использовании систем непосредственного охлаждения и 10–100 кг при использовании систем охлаждения вторичным хладагентом. Годовой объем утечек хладагента может составлять 20–40 %.

Отчет о методах расчета ОКЭП Института холода и Британской ассоциации по холодильной технике (2006 г.): 5 %.

Технические отчеты и Закон о национальной системе отчетности о выбросах парниковых газов и потреблении энергии 2007 г. Министерства энергетики и изменения климата: 9 % для коммерческих систем кондиционирования воздуха, 23 % для коммерческих систем охлаждения и 16 % для промышленных систем охлаждения.

До вступления в силу Регламента о фторсодержащих газах объемы утечек, равные 4,1–4,8 %, определялись отчетами STEK, что переводится на русский примерно как «Фонд охлаждения и предотвращения выбросов» (Нидерланды). А во встречном отчете, опубликованном под названием «Так ли хорош STEK, как говорят?», заявлялись значения 6,9–12,7 %.

Отчеты МГЭИК 2003 г. о рекомендуемых нормах: 1–15 % для автономных коммерческих системах охлаждения, 10–35 % для средних и крупных коммерческих систем охлаждения, 15–50 % для транспортных систем охлаждения, 7–25 % для промышленных систем охлаждения и холодильного хранения, 2–15 % для чиллеров и 1–10 % для бытовых и коммерческих систем кондиционирования воздуха.

Справочная литература

AIRAH 2003	Отчет о выборе хладагентов / Австралийский Институт холода, кондиционирования воздуха и отопления. – 2003 г.
Bitzer 2008	Отчет о хладагентах: 15-е изд. / Группа компаний Bitzer. – 2008 г.
BRA 2006	Отчет о методах расчета ОКЭП: 2-е изд. / Утв. Институтом холода и Британским Институтом стандартов. – 2006 г.
CARB 2009	Перечень прямых и непрямых выбросов ПГ из стационарного климатического и холодильного оборудования, в частности, из холодильного оборудования, используемого предприятиями розничной торговли пищевыми продуктами, и агрегатированных автономных кондиционеров воздуха / Калифорнийский научно-исследовательский отдел Палаты по воздушным ресурсам. – 2009 г. – Отв. исполн. Сапонт Саба, Райан Слим, Лайонел Паландре, Денис Клодик, при участии Элайн Гарнье, Симона Клодик и Мартина Лансарда.
DCC 2008	Технические отчеты о национальной отчетности в сфере выбросов парниковых газов и энергопотребления (измерение): Ч. 1.0. / Министерство энергетики и изменения климата. – 2008 г.
DOE 2003	Передовые системы охлаждения и рекуперации тепла для супермаркетов // Дополнение 26 для Министерства энергетики / Национальная лаборатория в Оук-Ридже и др. – 2003 г.
DOE 1996	Вклад ГФУ-хладагентов и развивающихся технологий в энергопотребление и глобальное потепление / Национальная лаборатория в Оук-Ридже, Министерство энергетики. – 1996 г.
Dupont 2009	Мэри Кобан. Анализ потенциала влияния на климат на протяжении срока службы. Хладагент с низким ПГП ГФО-1234yf / DuPont Fluoroproducts. – Апрель 2009 г.
FEA 2009	Сравнительная оценка влияния на климат холодильных систем и оборудования для супермаркетов / Ecofys Germany GmbH для Федерального управления по делам окружающей среды Германии. – 2009 г. – Отв. исполн. проф. Михаэль Кауффельд и д-р Андрэ Лейзевитц.
EN 378-1: 2008	Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды / Евростандарты. – 2008 г.
EPA 2008	Стив Андерсон и Стелла Папасавва. Модель определения потенциала влияния на климат на протяжении срока службы для автомобильных кондиционеров (GREEN MAC LCCP). Степень экологической безопасности автомобильных кондиционеров / Агентство США по

	охране окружающей среды, НИОКР General Motors. – Июнь 2008 г.
ISO 1440: 2006	Рациональное природопользование, оценка эксплуатационного ресурса: принципы и стандарты / Международная организация по стандартизации. – 2006 г.
Little, A .D. 2002	Глобальный сравнительный анализ ГФУ и альтернативных технологий в секторе холодильного и климатического оборудования, производства пеноизоляции, растворителей, аэрозольных пропеллентов и средств пожаротушения / Arthur D Little Inc. для Союза ответственного отношения к атмосфере. – 2002 г.
Pearson 2004	Оценка потенциала влияния на климат на протяжении срока службы чиллеров / Материалы 6-й конференция им. Густава Лоренцена МИИ в Глазго. – 2004 г.