

Адаптация искусственного охлаждения к условиям выживания в быстроизменяющемся мире*



Сьюзан РОАФ,
профессор строительной техники,
университет Херлот-Ватт, Эдинбург,
Великобритания,
e-mail: s.roaf@hw.ac.uk

Мы живем в быстроизменяющемся мире, который характеризуется растущей непредсказуемостью и связанными с ней рисками. Погодные экстремумы, рост цен на сырье и энергию, нестабильность экономики и все увеличивающиеся расходы в индустрии холода делают все более трудным ее выживание в этом беспокойном мире. Кроме того, социальные аспекты должны вызвать изменения, так как становится очевидным, что решения, доступные только для небольшого меньшинства, — это рынок, сокращающийся с ростом темпа изменений. В этой статье в общих чертах описан ряд проблем и их решений с фактическими примерами и доказывается, что единственный путь выстоять на рынке — применение разумного подхода к конструированию системы в целом. Это можно сделать путем расширения границ области применения, путем обращения к большему числу поставщиков на стадии проектирования и путем переосмысления проектной парадигмы, что позволит значительно повысить эффективность эксплуатации всей системы и сделать ее подходящей для работы на транспорте или в зданиях.

Ключевые слова: изменение климата, хладагент, адаптация, кондиционирование зданий.

ADAPTING OF REFRIGERATION THINKING FOR SURVIVAL IN A RAPIDLY CHANGING WORLD

S. Roaf, Professor of Architectural Engineering at Heriot Watt University, Edinburgh, Great Britain, e-mail: s.roaf@hw.ac.uk

We live in a rapidly changing world characterized by increasing unpredictability, and its associated risk. Extremes of weather, costs of raw materials and energy, unstable economies and increasingly extreme demands made on the refrigeration industry make it more and more difficult to survive in a turbulent world. In addition issues of social equity must drive change as it becomes obvious that solutions that are affordable for only for a small minority may represent a shrinking market as the pace of change escalates. This paper outlines a range of risks and solutions, using case studies, and argues that one way of adding value to products is to apply a «whole system thinking» approach to design.

Ways in which this can be done, by widening the contextual boundaries of their operation, by addressing a broader group of stakeholders at the design stage and by rethinking the design paradigm may enable the industry to extract more from less by making the whole system in operation much more effective and fit for purpose in the transport and building sectors.

Key words: climate change, refrigerants, adaptation, building, conditioning.

Холодильная техника столкнулась с беспрецедентными проблемами, вызванными изменением климата, истощением ресурсов и ростом их стоимости и в результате с неопределенностью на рынке. Для производителей стремительный подъем цен на сырье, хладагенты и рабочую силу вкупе с растущей глобальной конкуренцией предвещает падение на дно, а глобальное замедление рынка приведет вдобавок к перечисленным выше проблемам к сокращению строительства и перевозок.

Изменение климата

4-й отчет IPCC, опубликованный в 2007 г., констатировал, что сейчас существует неоспоримая очевидность потепления климата, вызванного эмиссией парниковых газов в результате деятельности человека. Сегодня международные и национальные правительства стремятся к строгому, законодательно закреплённому снижению эмиссий. В Шотландии, например, сейчас одно из самых строгих в мире законодательств, связанных с изменением климата (акт от 2009 г.), обязывающих сократить эмиссии CO₂ на 40 % к 2020 г. Правда, не очень ясен путь к достижению этой цели.

Кондиционирование воздуха признано ключевой отраслью, которая должна обеспечить снижение выбросов парниковых газов (с высоким потенциалом глобального потепления GWP) и озоноразрушающих веществ, но проектировщики зданий на практике очень медленно приходят к пониманию, каким образом можно достичь этого снижения. Однако для одного из секторов промышленности уже нет возможности тянуть резину, и изменение климата привело к радикальным переменам в ней. Это индустрия хладагентов. Признание негативного влияния кондиционирования и холодильной техники, как и энергии, потребляемой этими отраслями, на изменение климата, а также принятие нормативных актов — Директива ЕС о F-газах и Директива ЕС об автомобильных кондиционерах (2006 г.) — привели к разработке новых хладагентов с низким GWP.

* Статья подготовлена по материалам доклада на 23-м Международном конгрессе по холоду в Праге, проходившем 21–26 августа 2011 г.

Адаптация к изменению климата

Растущая частота и амплитуда экстремальных погодных явлений во всем мире ежедневно обсуждаются прессой. Увеличивается потребность в разумно размещенных, устойчивых зданиях, которые могли бы выдерживать катастрофические события: штормы, наводнения, пожары, жару, засуху и связанных с ними коллапс энергетической инфраструктуры и связи. Здания и целые города должны сегодня проектироваться таким образом, чтобы выдержать и пережить даже еще более экстремальные события в будущем и быть способными при этом во время и после катастрофы еще оказывать базовые услуги, такие, как снабжение теплом и электричеством. Пример, относящийся к Аризоне, рассмотренный ниже, — это тот случай, когда существующие системы проблемны с точки зрения не только тенденции к потеплению климата, но и экстремальных явлений в рамках этой тенденции, таких, как те, когда 50 млн человек остались без света на Восточном побережье США более чем на 48 ч летом 2003 г. Одно это событие показало, как необходима быстрая адаптация к чрезвычайным ситуациям на побережье.

Истощение полезных ископаемых: стоимость энергии и рост значения возобновляемых источников

За последний век здания имеют тенденцию использовать все больше энергии год от года, чтобы обеспечивать в них комфортные условия. Однако как из-за уменьшения природных ресурсов, так и в результате феномена пиковых нагрузок стоимость энергии и безопасность энергоснабжения становятся все более важными факторами. Беспокойство по поводу роста цен на энергию наиболее полно проявилось в 2007 г., когда цена нефти удвоилась за несколько месяцев, достигнув 147 долл. США за баррель. Сейчас цена барреля нефти около 100 долл. США, но еще недавно она была 134 долл. США. Невозможно предсказать будущие цены, но неизбежно то, что при уменьшении мировых поставок нефти цена энергии значительно вырастет. А следовательно, стоимость энергии будет все в большей степени диктовать, на каких автомобилях ездить, какие дома, офисы и заводы строить и какими способами их охлаждать. С другой стороны, падающие цены на системы, использующие возобновляемые источники энергии, уже наводят на мысль, что необходимо все шире использовать возобновляемые источники энергии в зданиях и на автотранспорте.

Пример 1. Аризона, глобальный финансовый кризис и недостаток топлива

В апреле 2007 г. цена барреля нефти была около 65 долл. США, в июле 2007 г. она подпрыгнула до 147 долл. США. Из-за этого бедная ископаемыми

Аризона стала жертвой ценового шока. Рядовая американская пара, живущая по стандартам американского образа жизни, тратит примерно 70000 долл. США ежегодно (на оплату кредитов, электроэнергии, на здоровье, страховку, питание и др.). Если удвоить стоимость электроэнергии, то эти базовые ежегодные расходы увеличатся до 90000 долл. США в год.

Аризона была штатом, где работали девелоперы, обслуживавшие университеты, политиков и т.д. В 1975 г. средний дом, построенный представителем среднего класса, имел площадь 1500 фут² (~140 м²). К 2007 г. этот показатель подскочил до 4000 фут² (~370 м²). Строительство шло в условиях горячего климата пустыни, где температура в городах летом еще выше из-за эффекта поглощения тепла домами. Дома имели недостаточную изоляцию, были плохо затенены, окружены бетонными постройками, вокруг них было мало зеленых насаждений. Все это очень увеличивало стоимость охлаждения в домах, и это при общей для штата нехватке и высокой стоимости воды.

Это были попросту плохие дома, построенные в неправильном месте и получавшие энергию не из того источника. Вы не можете жить с отключенными кондиционерами летом, вы должны еще есть и ехать на работу. Поэтому, когда в 2007 г. стоимость энергии удвоилась, первое, за что перестали платить сначала более бедные слои населения, а затем средний класс, были ипотечные кредиты. И Аризона стала для Америки той «костью домино», после падения которой упали и другие штаты, что стало спусковым крючком глобального экономического кризиса 2007–2008 гг.

Основная ошибка здесь в том, что если бы строили более маленькие дома с изоляцией и аккумуляцией холода, с системой нагрева воды солнечной энергией и с менее дорогими системами кондиционирования на более чистых хладагентах и с использованием фотоэлектрического эффекта, то тогда жители Аризоны смогли бы охлаждать дома и есть, платить ипотечные кредиты и остаться в своих домах, а не на улице, где многие из них оказались, и не покидать из-за этого страну. А международная финансовая система не оказалась бы на колених вместе с ними.

Какое же может быть решение? Нужно переосмыслить всю систему холодо-снабжения и производителей хладагентов, которые могут использоваться в строительном секторе (в этом примере, но это могут быть и проектировщики и девелоперы), так, чтобы они объединились для создания экологически чистых, энергетически безопасных домов, которые стоили бы столько же, но представляли бы смену парадигмы для индустрии и в более широком смысле — для экономики.

Пример 2. Новое поколение хладагентов для автомобилей

Проблема производства хладагентов с низким GWP имеет два ключевых пункта.

✓ Не существует совершенного хладагента. Многие вещества используются для охлаждения, и каждое имеет свои отрицательные и положительные свойства. Инженеры должны выбирать наиболее эффективное рабочее вещество для каждого проекта таким образом, чтобы минимизировать общие выбросы CO₂, максимизировать эффективность охлаждения и сделать цену для конечного потребителя минимальной.

✓ Стоимость любого материала, включая и хладагенты, определяется как продавцами, так и покупателями. На нее влияет стоимость разработки и производства нового материала. Учитывается стоимость использования альтернативных веществ, а также выгода от использования этого материала.

С инженерной точки зрения сложно спроектировать дешевую систему кондиционирования, которая надежно будет работать в течение многих лет под капотом автомобиля рядом с двигателем, где возникают экстремальные колебания температуры и вибрации.

Из-за комбинации факторов, включающих экономию при проектировании, температурные колебания, вибрации и удары, которые могут возникнуть около двигателя, из автомобильной системы кондиционирования возможны утечки хладагента, и необходимо время от времени ее дозаправлять. Производители автомобилей значительно увеличили надежность и герметичность их систем кондиционирования за последние годы. Однако экологи полагают, что еще многое можно и нужно сделать для уменьшения вредного влияния автомобильных кондиционеров на окружающую среду.

Эти соображения породили регламент ЕС по автомобильным кондиционерам.

В 2006 г. с целью уменьшить применение парникового газа R134a Парламент ЕС опубликовал Директиву MAC (Mobile Air Conditioning Directive) о постепенном прекращении использования этого хладагента в автомобильных кондиционерах, начиная с новых автомобилей, с 1 января 2011 г. Директива устанавливает, что для MAC могут применяться только хладагенты, GWP которых менее 150 при допущении, что они будут случайно попадать в атмосферу.

Производители автомобилей рассмотрели возможные замены в соответствии с Директивой, включая CO₂, пропан, изобутан и R152a (дифторэтан). Некоторые из этих веществ могли бы быть использованы для охлаждения салонов автомобилей, но у каждого были свои серьезные недостатки, такие, как очень высокое рабочее давление, низкая термодинамическая эффективность, высо-

кая воспламеняемость или взрывоопасность. Уменьшение этих недостатков требует инженерных проработок, что в результате увеличит стоимость автомобиля. Автопроизводители попросили производителей хладагентов постараться создать безопасный и экономичный хладагент, который можно было бы применять в автомобильных системах.

Автопроизводители столкнулись с проблемой, которая стояла перед индустрией холода и кондиционирования воздуха уже много лет: известно, что нет совершенного хладагента, каждый из них обязательно будет иметь как положительные, так и отрицательные свойства. Автопроизводители привлекли поставщиков кондиционеров и хладагентов для разработки продуктов, которые бы соответствовали Директиве MAC. Разработанные различными фирмами новые хладагенты, а также CO₂ и хладагенты для обычных систем прошли испытания. Но ни один из них полностью не подошел. Оценку проводила международная коалиция членов общества автомобильных инженеров (SAE) в рамках кооперативной исследовательской программы (SAE CRP). Именно она выбрала в конце концов хладагент HFO-1234yf как решение, отвечающее требованиям Директивы MAC.

На стадии докоммерческой разработки цена этого хладагента была очень высокой, так как его получали «вручную» в лаборатории в небольших количествах. Когда начнется коммерческое производство, цена пойдет вниз, но все же может быть порядка 15-кратной стоимости R134a. Стоимость мер и устройств по увеличению безопасности и эффективности более дешевых хладагентов намного выше, чем стоимость самого хладагента.

Эксплуатационная стоимость HFO-1234yf относительно невелика из-за его совместимости с недорогими системами кондиционирования. Влияние цены хладагента на стоимость автомобиля мало даже при 15-кратном превышении хладагентом цены R134a. При стоимости автомобиля 10–20 тыс. евро какое значение может иметь цена хладагента? Переход на HFO-1234yf может добавить к стоимости автомобиля 10–15 евро.

По аналогии для стационарных систем кондиционирования какое влияние на окончательную стоимость оборудования может иметь рост цены хладагента? Очень незначительное. Цена на него должна быть приемлема для обеих сторон – продавца и покупателя. В случае с HFO-хладагентами более высокая цена отражает затраты на его разработку и производство.

В рассматриваемом примере основная идея заключается в том, что разработка работоспособного решения для комплексной проблемы пришла через сотрудничество между пользователями (автоиндустрией) и поставщиками (промышленностью по производству хладагентов). Этот

урок теперь мог бы быть взят на вооружение строительной индустрией, где девелоперы, проектировщики и сервисные инженеры могли бы значительно снизить финансовые и экологические затраты на все здание, поработав вместе с первого дня.

Пример 3. Индустрия холоднооснащения зданий

Кондиционирование воздуха имеет длинную историю. В 1834 г. холодильная система с замкнутым циклом была запатентована Якобом Перкинсом, американцем, работавшим в Англии. В середине 1840-х годов физиком Джоном Гори впервые был применен лед для охлаждения воздуха в больничных палатах во Флориде, а Чарльзом Пьяцци Смитом – в Шотландии. Первая зарегистрированная заявка на применение льда для комфортного охлаждения в зданиях была подана Джоржем Найтом (George Knight) из Цинцинатли, который в 1864 г. предложил систему охлаждения для госпиталя, оснащенную вентиляционной системой, в которой подаваемый вентилятором воздух очищался и охлаждался впрыском охлажденной льдом воды. В 1865 г. Натаниель Шалер (Nathaniel Shaler) запатентовал систему, в которой воздух продувался через лед по извилистому пути.

В 1880 г. для театра на Мэдисон Сквер в Нью-Йорке использовалось около 4 т льда (3630 кг) для комфортного охлаждения зрительного зала на каждом вечернем представлении летом. Свежий воздух проходил по марлевым мешкам длиной 12 м (с целью фильтрации) над деревянными решетками с 2 т льда и поступал в воздуховод с различными отверстиями, через которые холодный воздух «выливался в помещение, чтобы уменьшить температуру и обеспечить дыхание».

В 1920–1930-х годах охлаждающие системы на основе ледяных блоков в США применялись в школах, кинотеатрах. Нагенгашт (Nagengasht) описывает хитроумные системы, спроектированные для Карнеги Холла в 1889 г. и Нью-Йоркской фондовой биржи в 1901 г. Альфредом Вольфом (Alfred Wolff), первым инженером, создававшим крупные системы ледяного охлаждения. В больших зданиях в Америке охлаждение природным льдом возродилось в 1920–1930-х годах. Деньги вкладывались в пропаганду преимуществ таких систем в Соединенных Штатах на основании того, что механические системы еще очень дороги для охлаждения жилого сектора. Но к этому времени кондиционирование с охлаждением и увлажнением воздуха в электроприводных системах, впервые появившееся во Франции, начало доминировать. И только полвека спустя лед опять стали использовать в крупных системах кондиционирования.

Однако потребность в «хранилищах холода» в зданиях росла по мере того, как плохо сконструиро-

ванные высокие здания стали преобладать на коммерческих рынках больших городов. Архитекторы редко могли уговорить заказчика построить «климатически умный» дом, хотя «стеклянные здания» очень трудно отапливать, охлаждать, инженерными системами здания сложно управлять. Их энергопотребление имеет пики при очень теплой и холодной погоде, что, в свою очередь, дестабилизирует способность энергетических систем непрерывно поставлять питание.

Сегодня мы снова видим возрастание роли льда как важного, надежного и длительно работающего вещества с большим аккумулирующим энергетическим потенциалом все в большем числе HVAC-систем. Запасы льда в зданиях используются, чтобы сместить пиковые энергетические нагрузки по времени в сторону потребления более дешевой энергии для охлаждения.

Такие системы уменьшают общее энергопотребление здания, снимая его пики при жаркой погоде и снабжая энергией продолжительное время (особенно в случае большой термической массы).

Это пример инновации и адаптации. Теперь инженеры-проектировщики, вместо того чтобы просто полагаться на обычный для бизнеса подход переразмеривания системы кондиционирования на 30–50 % с целью обеспечить в домах устойчивость к изменению климата, должны тесно сотрудничать с проектировщиками зданий. Это поможет в значительной степени уменьшить энергопотребление зданий, предусмотреть термическое хранилище и использовать первоклассные, менее мощные и более экологически чистые холодильные машины для систем кондиционирования зданий.

Есть много заказчиков, которые, вместо того чтобы изменять системы жизнеобеспечения зданий при каждом краткосрочном цикле изменения климата, хотели бы предусмотреть на более длительный период энергетическую безопасность и независимые от изменения климата решения, для которых может потребоваться команда разработчиков, способная «обдумать системы в целом», что сохранит первоначальную стоимость, но потребует вложений в надежную долговременную работу.

Заключение

Адаптация с целью победить вызовы изменения климата и истощения ресурсов требует совместного обдумывания и действий, а также более широкого кругозора. Обычный бизнес-подход нехорош в условиях быстроменяющегося общества, экономики и окружающей среды. Эти размышления стали предметом моего доклада в Праге и, я надеюсь, основанием для дискуссии и технических разработок в отрасли, которая, как многие другие, должна будет адаптироваться к условиям выживания.