

Олег Константинов



ТЕПЛООБМЕН

ИЛИ

ТЕПЛООБМАН?



Школьные учителя физики любят задавать ученикам такую задачу: можно ли снизить температуру на кухне, если держать открытой дверцу холодильника? В этом простом вопросе скрыто все коварство второго закона термодинамики: для того, чтобы произвести дополнительный холод, холодильник затратит дополнительную энергию, причем тем большую, чем менее эффективны процессы перехода энергии из одного вида в другой и от одного носителя к другому. В результате вы не только не получите желанной прохлады, а наоборот, температура на кухне будет подниматься все выше. В перспективе двигатель холодильника просто сгорит.

В любом доме или здании необходимо регулировать потоки тепла и холода, обеспечивая комфортную температуру обитателям. Началось все с костра в пещере, затем очага, затем печки, а сейчас все тот же теплообмен реализуется через централизованное или местное отопление, рассеянные и точечные источники тепла, ну и, наконец, системы управления отоплением, вентиляцией и кондиционированием воздуха. Эффективно ли все это работает или мы и по сей день открываем дверцу холодильника на кухне в надежде на прохладу? Раз уж заговорили про холодильник, с него и начнем.

Холодильник

Да, летом без некоего холодного помещения или пространства не обойтись, потому что иначе испортятся продукты. Холодильник расходует электроэнергию на то, чтобы гонять в контуре хладагента, менять его агрегатное состояние и за счет этого превращения отводить тепло изнутри холодильника наружу. Да, внутри создается область пониженной температуры, но какой ценой? Не только сожженными киловаттами, но и нагретой задней стенкой холодильника. А вы думали, что тепло растворится в космическом пространстве? Как-нибудь летом, в особенно жаркий день, суньте руку за холодильник, и вы все почувствуете сами. А теперь вопрос: имеет ли смысл расходовать электроэнергию на то, чтобы создавать такой локальный участок холода зимой? Зимой, когда за окном этого холода – хоть залейся? И еще вопрос: как, вы думаете, выкручивались люди до

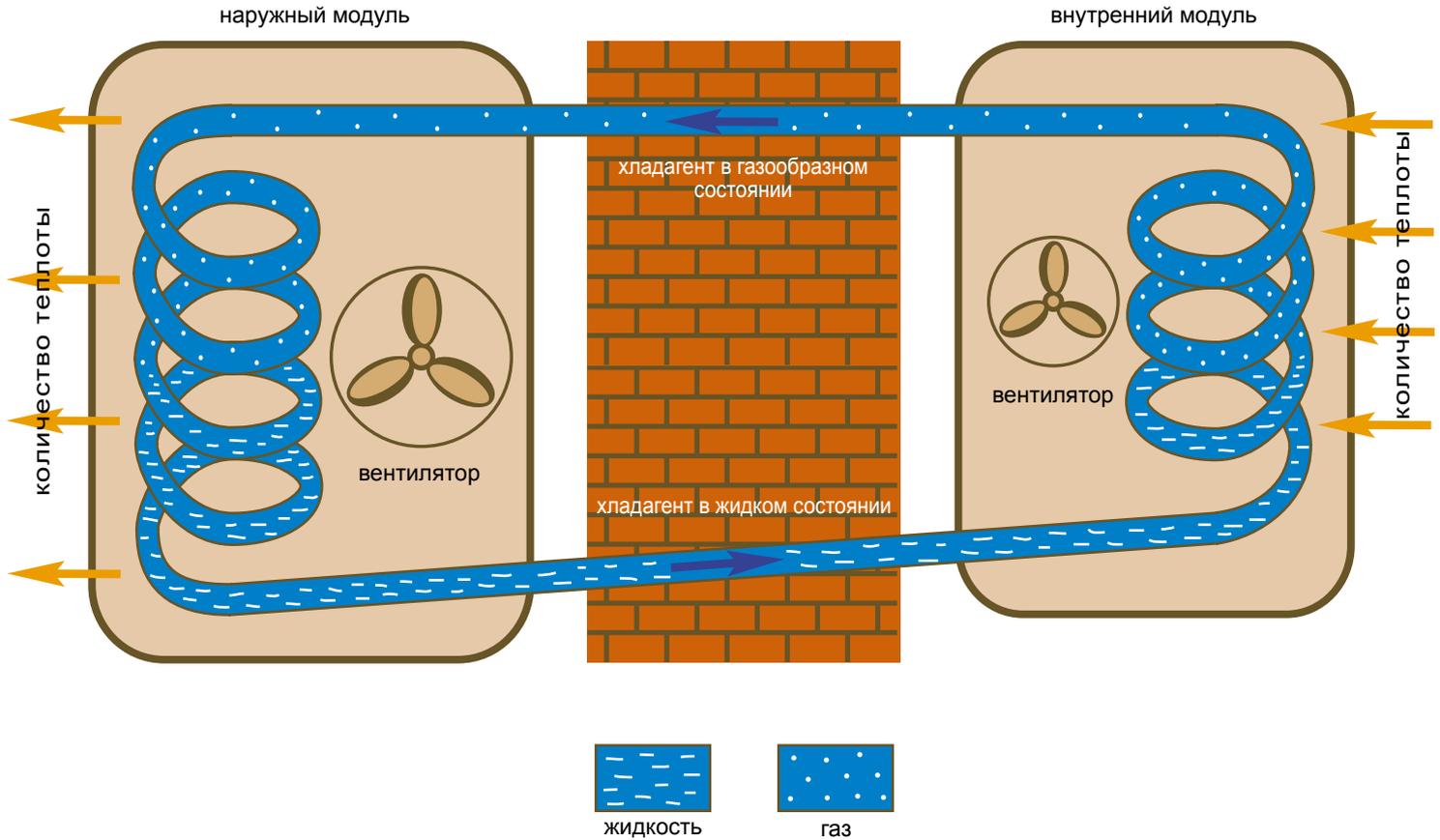
появления холодильников? Ведь первые более-менее работоспособные агрегаты появились только в начале 20-го века, да и то, это были чудовища, работавшие на угле или даже дровах и испускавшие целый букет неприятных запахов.

Со временем, конечно, конструкции совершенствовались, но холодильник, похожий на те, что мы используем сейчас, появился только в конце тридцатых годов, когда в качестве хладагента начали использовать фреоны. До этого основным источником холода в быту был обычный погреб. Сырое, темное, но выполняющее свою функцию помещение, запасующее холод с зимы и не отдающего его даже жарким летом. Простейший принцип! Даже метрополитен его использует. Когда летом пассажиры жаловались на жару в метрополитене, его начальники пожимали плечами и отвечивали: “Что ж вы хотите, граждане, зимы были как на подбор теплые! Продолжительных холодов нет, тоннели не успевают выстудиться как следует, чтобы даже летом держать холод. Вот будут хотя бы пару недель морозы -20°C держаться, так и летом не придется страдать от жары, а так – извините, глобальное потепление и все такое...”. Небеса услышали метрополитенское начальство, и этой зимой оно получило не только вождельные -20, но и -30, видимо, для надежности. У нас с вами есть все шансы проверить этим летом, правду ли говорят, что метро – один большой погреб.

Но вернемся к холодильникам. Итак,

зимой охлаждать что-либо с помощью электроэнергии, когда за окном холода сколько угодно, мягко говоря, неумно. Гораздо разумнее было бы создать устройство, которое работало бы от сети питания только летом, да и результирующее тепло отводило не внутрь помещения, а на улицу. Зимой же достаточно организовать сообщение с внешней средой – либо пас-





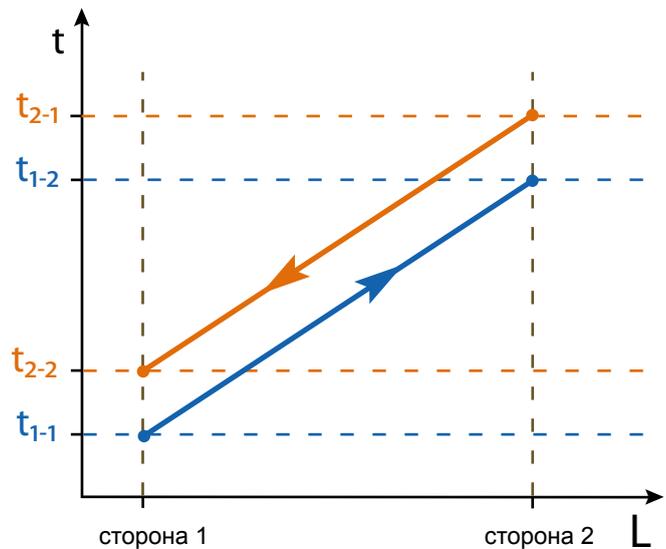
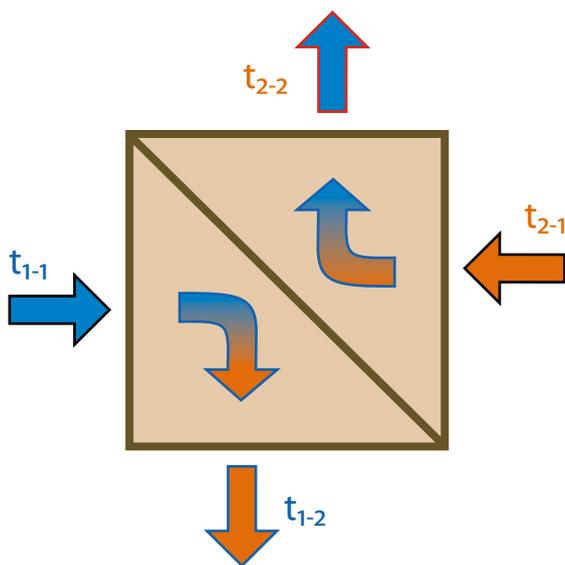
сивный теплообмен через промежуточный носитель, либо с массообменом (например, внутренняя камера, омываемая наружным холодным воздухом) – и вот вам холод без дополнительных расходов, получите и распишитесь. Если вы скажете, что такой холод трудно контролировать – дескать, на улице то -30 , то $+5$, я отвечу, что можно регулировать интенсивность теплообмена с внешней средой. Слишком холодно на улице – перекрыть обмен, чтобы не перестудить продукты. На случай же слишком высокой “забортной” температуры нужна некая твердотельная конструкция, выполняющая функции аккумулятора холода. Накопить его, а потом при необходимости отдавать понемногу. В идеале можно тогда и летом не использовать электроэнергию, оставить ее только как резервный вариант охлаждения, чтобы использовать лишь в самых крайних случаях. В период большой жары в июле, например – вроде той, что накрыла Европу недавно.

Кондиционер

По нерациональности с холодильником может соперничать только сплит-система, которых в последнее время понатыкали везде, где только можно. Причем в половине мест они не только не нужны, но даже вредны. Обычный человек, глядя на кондиционер, висящий на потолке или на стене, ду-

мает: как хорошо, можно свежим воздухом подышать! Ан нет, не свежим. Сплит-система на то и “сплит”, что обмена воздухом (то есть массообмена) с улицей не имеет. Теплообмен – да, а вот массообмен – нет. Туда-обратно гоняется только теплоноситель (или, если угодно, хладагент), система позволяет менять температуру воздуха, но все равно это воздух внутренний, по воздуху цикл замкнутый. Свежее от прохождения через кондиционер воздух не становится, ибо процент кислорода и двуокиси углерода от перемены температуры не изменяется. Если человеку и кажется, что воздух стал свежее, то это иллюзия. Холоднее – возможно, свежее – никак. Максимум что еще могут делать такие системы – отфильтровывать примеси в виде мелких частиц (в основном бытовую пыль), да менять влажность в небольших пределах. Почему в небольших – тоже понятно, ведь забрать влагу из воздуха кондиционер может, это именно тот конденсат, что капает на улице на головы прохожим в жаркий день. Или тот, что проливается на стены внутри офисов, если кондиционер давно не обслуживался... Добавить же влагу в воздух сплит-система не может, для этого потребовалось бы подключить ее к водопроводу или регулярно заливать некий резервуар. А может, и оснащать дополнительным контуром, по конструкции таким же, как в испарителях и офис-

ных увлажнителях. И это сразу потянуло бы за собой необходимость использовать воду, свободную от минеральных солей, иначе рано или поздно накипь выведет агрегат из строя. (Не путайте их с испарителями внутри кондиционера – последние испаряют хладагент, а не воду, и работают по замкнутому контуру. Или почти по замкнутому – иначе не пришлось бы периодически вызывать техников для заправки)... Кроме заблуждения, связанного со “свежестью” кондиционированного воздуха, бытует еще даже не заблуждение, а настоящее невежество в области того, что можно, а чего нельзя делать со сплит-системой. И начинается: на улице -20 , а мы пытаемся включить сплит на охлаждение или, того пуще, на обогрев, если централизованного отопления не хватает. А ведь на каком принципе основано большинство сплит-систем? Тот же хладагент, что и в холодильнике, и та же смена агрегатного состояния. Только, в отличие от привычного холодильника, блоков два: внутренний и внешний. Во внутреннем модуле находится испаритель, во внешнем – конденсатор. К обоим блокам подводится силовое питание, между ними по замкнутому контуру циркулирует хладагент, и еще дренажную трубочку надо не забыть, а то откуда же будет конденсат капать... Летом, когда на улице плюсовая температура, оба блока сплита работают доволь-



▶ поток вещества 1
 ▶ поток вещества 2

L - физические размеры теплообменника

но эффективно, как внутренний, так и внешний. При испарении во внутреннем блоке хладагент забирает тепло из помещений – количество теплоты уходит на смену агрегатного состояния. Во внешнем блоке хладагент сжимается и возвращается в жидкое состояние, а тепло отдает забортному воздуху. Для сжатия хладагента используется компрессор. Это основной режим работы сплит-системы, ради него все создавалось, в нем система работает практически весь теплый сезон, в особенности когда на улице очень жарко.

Однако некоторым пользователям иногда так и хочется пустить сплит-систему на обогрев. При определенных условиях это сделать можно, причем за счет той же смены агрегатных состояний. Внешний блок из конденсатора превращается в испаритель, внутренний – из испарителя в конденсатор, и количество теплоты путешествует в обратном направлении. Но если на улице температура минусовая, а мы еще хотим отсюда хоть сколько-то тепла забрать, чтобы подогреть внутренние +20 до, например, +24, нас ждут проблемы. В таких условиях внешний блок будет неэффективен, он может и вообще выйти из строя. Износ оборудования при работе в таком режиме очень силен, это основная причина поломок, кроме, разве что, утечки фреона из контура. При морозах использовать на обогрев можно только те системы, в состав которых входит ТЭН – и тогда тепло будет поступать не от смены агрегатного состояния носителя, не от внешнего модуля, а от почти прямого превращения электроэнергии в тепло во внутрен-

нем модуле. Но такие системы – редкость, поэтому в офисах часто (после эпидемии поломок кондиционеров в морозы) просто собирают пульты управления, и отдают их пользователям обратно только весной.

Но и это еще не все. Представим себе ситуацию, когда зимой (положим, на улице холодно, а может, даже очень холодно), нам надо охладить какое-то помещение. Например, в зале проходит конференция, людей много, им жарко, надо отвести часть тепла. Включить сплит? Нельзя, в морозы внешние блоки не работают, и тепло в буквальном смысле некуда отводить. И сидят бизнесмены в костюмах и при галстуках, потеют... А ведь холод – вот он, только руку протяни. Так нет же, в таких зданиях, изначально заточенных под кондиционирование, окна открывать нельзя, а иногда и невозможно. И хорошо еще, если спасет приточно-вытяжная вентиляция. Если она вообще есть.

Про нее еще поговорим, а пока еще один жизненный пример: охлаждение аппаратных и серверных. Внутри – оборудование, работающее постоянно, выделяющее тепло минута за минутой, день за днем. Дорогое, вдобавок, да еще оно должно бесперебойно обслуживать бизнес-процессы, и не дай Бог какой-нибудь сервер рухнет вместе с данными. Итак, охлаждать надо всегда, летом и зимой. Летом, мы выяснили, можно использовать классический сплит. Но зимой, в морозы, внешний блок работать не будет. Что же делать? “Ну конечно же, поставить еще одну сплит-систему!” – ответят специалисты по кондиционированию. – “Только ее внешний блок вывести не на улицу, а внутрь

помещения. На технологический этаж или на чердак, где не бывает минусовой температуры”. Или просто в коридор или комнату к каким-нибудь теплолюбивым пользователям или же наоборот, к пользователям, ненавидящим жару, но которым мы хотим отравить жизнь – ехидно добавим мы. А ведь холод был совсем рядом, за стеной здания. Но только промышленность почему-то не разрабатывает простые, эффективные, немеханические методы теплообмена, а пользователи, обыкновенные потребители, не задумываются на тему энергоэффективности и не создают спрос на такие устройства. А ведь сколько денег можно было бы сэкономить на той же электроэнергии...

Приточно-вытяжная вентиляция

Если мы хотим дышать свежим воздухом, то нам нужен приток чистого и, соответственно, отток отработанного воздуха. Если температура снаружи и внутри примерно одинаковая, то проблем нет, но обычно все-таки внутри 20-25°C, а вот снаружи (в Москве, например) от -30°C до +40°C в зависимости от времени года. Приходящий и уходящий воздух тогда будет либо забирать ценное тепло, либо приносить избыточное, нежелательное. Специалисты компаний, которые занимаются продажей и обслуживанием систем вентиляции и кондиционирования, тут же скажут, что проблему решат канальные системы. По сути, это те же устройства, что и в сплитах, только установленные непосредственно в канале воздухообмена. Но рационально ли такое решение? Ведь опять для нагрева или охлаждения бу-

дет расходоваться электроэнергия, а значит, мы будем нести потери даже на самом факте конвертации энергии из одного вида в другой, не говоря уже о том, что электро-механические системы требуют обслуживания и имеют обыкновение изнашиваться и ломаться. Единственное логичное решение – отбирать тепло у выпускаемого воздуха, если оно нужно нам внутри, и не пускать с воздухом тепло наружу, если оно нежелательно. То есть правильный ответ – пассивные теплообменники, а не испарители и конденсаторы с компрессорами.

Конечно, теплообменники для газообразных сред не так эффективны, как для жидкостей, но все же это лучше, чем без конца терять тепло и восполнять его, либо наоборот, набирать тепло и принудительно от него избавляться, выжигая электричество. Скорее всего, наиболее эффективна в нашем случае пластинчатая конструкция, обеспечивающая большую поверхность теплообмена. Конечно, совсем избавиться от потерь невозможно, но их же можно минимизировать. А узнать, много ли здание теряет тепла таким путем, очень просто – достаточно взять инфракрасный тепловизор и в мороз снять термограмму здания снаружи. Все утечки будут видны как на ладони, и основная масса их придется на выходы системы вентиляции, да на щели в оконных и дверных проемах.

Вы можете возразить, дескать, энергию все равно придется расходовать на прокачку воздуха туда и обратно, но я тут же возражу: одно дело тратить энергию на перемещение воздушных масс, и совсем другое – на их 1) перемещение и на их 2) нагрев/охлаждение. Пассивные теплообменники позволяют сэкономить на втором пункте. Вдобавок, воздушная тяга далеко не всегда должна создаваться принудительно, вполне можно спроектировать систему, которая в основном работала бы на естественной тяге. В конце концов, есть ветер, есть перепад высот, температур и плотностей. Если есть достаточный градиент температур, значит, определенное количество теплоты можно отобрать у одного потока вещества и передать другому пассивным способом.

Отопление

Конечно, хорошо было бы вообще исключить нежелательный теплообмен с окружающей средой, но зимой тот же тепловизор покажет, что здание теряет тепло даже через самые толстые стены. Эти потери не такие явные, как утечки из щелей, но одно дело – точечные потери, принципиально легко устранимые, и совсем другое дело – потери рассеянные. Как вы предотвратите теплопотери по всей внешней поверхности здания? Да, есть теплоизоляторы, есть кирпич с пустотами, есть стекловата, другие изоляторы, но они же не стопроцентные. Определенный

уровень теплопотерь неизбежен, потому что всему есть физические и экономические пределы. Поэтому, сделаю я вывод, отапливать здание зимой все-таки придется. Вопрос в том, сколько энергии на это тратить и как сделать при этом существование обитателей достаточно комфортным. В Скандинавии уже много лет назад проводились эксперименты с теплоизолированными домами. Насколько я помню, самому удачному зданию на все отопление было достаточно тепла от обычной свечки, потому что были предотвращены теплопотери. Ну и от обитателей, конечно, требовалась определенная культура обитания, если можно так выразиться. Закрывать двери, следить за тем, чтобы не было сквозняков и т.п.

И уж конечно верх неблагоприятности основывать системы отопления на электроэнергии. Сами посудите, на теплоцентрали сожгли уголь, газ, нефть или даже мазут, чтобы перевести воду в пар, чтобы он отдал свою энергию турбине, чтобы в итоге был сгенерирован электрический ток, причем на каждой стадии превращение энергии происходит с потерями. Затем при передаче электроэнергии на приличное расстояние мы несем дополнительные потери, затем еще потери при трансформации высокоого напряжения в низкое, под конец уже у нас дома последняя конвертация – из электроэнергии в тепло. Посчитать все потери – страшно станет: теряем большую часть того, что произвели электростанции. Централизованное отопление, конечно, лучше, так как оно, как правило, использует побочное тепло, которое иначе просто пришлось бы отдать в окружающую среду без пользы. Вдобавок мы не теряем на бесконечной конвертации энергии из вида в вид. Конечно, 100% термоизоляции труб отопления не существует, но если они не слишком длинные, да еще проложены под землей, то потери сводятся к допустимому уровню. И снова повторюсь: если меньше терять тепла в самом доме, то придется меньше и греть.

Существуют пассивные системы отопления, позволяющие обогревать дом за счет тепла, накопленного в слоях земли на глубине порядка 7-10 метров. Конечно, для вечной мерзлоты это неприменимо, но в умеренных широтах земля на такой глубине не промерзает никогда и имеет почти постоянную температуру. В Великобритании такие дома уже есть, они очень экономичны, особенно если учесть традиционно высокую стоимость отопления в Соединенном королевстве, независимо от того, централизованное ли оно или вы ковшиком уголь в печку кидаете. Именно в тех местах родилась поговорка, что греть надо человека, а не

дом – англичанин предпочтет носить дома свитер и спать под двумя одеялами, чтобы ему не было холодно при 18° в комнате, а не тратить (большие!) деньги на то, чтобы поднять температуру до 25°. Последнее, кстати, больше характерно для американцев. В жару они так выстуживают комнаты кондиционерами, что впору шерстяные носки надевать, а в холодное время года дома у них так жарко, что все ходят в шортах и майках с коротким рукавом. Парадокс, да и только.

Горячая вода

Чтобы по-настоящему оценить блага цивилизации, надо их лишиться. Об этом мы вспоминаем каждое лето (ну, или весну, кому как повезет), когда коммунальщики отключают горячую воду. Хорошо тем, кто обзавелся электрическим водонагревателем на такие случаи. И тем, у кого до сих пор стоит газовая колонка. Основная же масса обычного городского населения в этот период греет воду в ведрах и кастрюлях и стирально моется в тазиках, поливаясь из ковшика. А ведь даже в нашей полосе летнее солнце вполне в состоянии нагреть воду до температуры, пригодной для комфортного мытья. Многие дачники знают это на своем опыте – я имею в виду разборный душ, у которого на металлических стойках сверху стоит металлический же бак на 100 литров, покрашенный черной краской. Конструкция еще советских времен, не идеальная, конечно, но если принцип, заложенный в ней, реализовать с умом, то вполне можно обеспечить горячей (или, как минимум, хорошо теплой) водой всю семью. На солнце нагреваемый объект должен быть черным. В отсутствие солнца, чтобы снизить потери тепла, цвет должен быть светлым (жаль, прозрачным металл все равно не сделать). Можно пойти дальше и греть в черном баке не воду, а другой теплоноситель, предпо-



жительно более теплоемкий, от которого затем тепло будет получать вода. На самом деле даже в пасмурный день можно получить тепловую энергию, просто немного ниже качеством. Например, на крыше дома в конструкции парникового типа, защищенной от ветра, проложить трубы черного цвета, по которым будет циркулировать теплоноситель. Если уж не до 40-50° градусов вода прогреется, то, во всяком случае, на 25-30° вполне можно рассчитывать. А уж если нужно горячее, тогда нагревать за счет других видов энергии. И если вернуться к теме отопления, то парниковый принцип и здесь может быть полезен. Световые веранды, построенные по принципу парника, вполне способны обеспечить теплом большую часть дома.

Ну и, конечно, отработанная горячая вода, уходя в канализацию, не должна забирать с собой тепло, которое мы с таким трудом ей придали. Как и в случае с отработанным воздухом, надо строить систему теп-

лообменников, которые отбирали бы тепло у грязной горячей воды и передавали его чистой, еще не использованной. Разумнее не греть проточную воду электрическим нагревательным элементом (а потом разбавлять ее холодной), а держать в большом резервуаре запас интенсивно теплой воды.

Причем резервуар либо должен иметь хорошую термоизоляцию, либо должен быть интегрирован с системой отопления всего дома, чтобы та же самая вода могла использоваться еще и как теплоноситель в радиаторах или под теплым полом.

Ну и, наконец, не стоит забывать об альтернативных источниках высококачественной энергии, которые к настоящему времени хорошо изучены. Уже вполне доступны разработки, обеспечивающие достаточно высокую эффективность, и речь тут вовсе не о дизель-генераторах, которыми так увлекаются дачники и владельцы коттеджей. Небольшой ветряк для дома способен генерировать электроэнергию для освещения и питания

бытовых электроприборов, а в солнечные и не очень пасмурные дни солнечные батареи дают более чем достаточно электроэнергии для обитателей небольшого дома или коттеджа. Использовать такие источники энергии как промышленные, конечно, не получится, но вот в качестве точечных, локальных источников энергии для нужд обитателей домов они эффективны, причем и с физической, и с экономической, и с экологической точек зрения. Взяв от пассивных систем максимум того тепла, что они в состоянии дать, при необходимости догрев можно производить за счет электроэнергии, полученной от таких локальных источников.

Под конец мы немного уклонились в сторону от темы, статья ведь посвящена теплообмену, а не энергоэффективности вообще, но все-таки это взаимосвязанные вещи. Эффективный теплообмен – ключевая составляющая общей энергоэффективности, без одного нет второго. А то мы так и будем держать открытой дверцу холодильника на кухне

S

M

E

N

Японцы пробурят Землю до мантии

09

Гонки на самолётах с ракетным двигателем

10

В Японии завершились испытания гигантского бурового судна водоизмещением 57,5 тысяч тонн, которому в 2007 году предстоит добыть образцы земной мантии. Судно, несущее буровую установку высотой 121 метр, получило название Chikyu (“Тикю”), что по-японски означает “Земля”. Планируется, что оно сможет пробурить под поверхностью океана скважину глубиной 7 тысяч метров. (На сегодня рекорд морского бурения составляет 2111 метров.) На континентах земная кора имеет толщину более 30 километров, но в океанах она значительно тоньше, что дает надежду добраться до мантии. Мантия Земли – это оболочка “твердой” Земли, расположенная между земной корой и ядром планеты. Она занимает 83 % Земли (без атмосферы) по объему и 67 % по массе. Предполагается, что мантия слагается теми химическими элементами, которые во время образования Земли находились в твердом состоянии или входили в состав твердых химических соединений. Состав мантии считается близким к составу каменных метеоритов. Основная задача судна Chikyu – геологические исследования под поверхностью моря. Предполагается, в частности, провести серию экспериментов с целью изучения происхождения землетрясений в Тихом океане. Буровая установка судна способна также осуществлять поиск нефти на больших глубинах.

Лига ракетных гонок (Rocket Racing League), созданная для продвижения состязаний на самолётах с ракетным двигателем в мир профессионального спорта, объявила имена двух первых пилотов аппарата Mark-1. Ими стали лётчики Роберт Рикард и Дон Грентем, ранее пилотировавшие самолёты F-16. Прототип Mark-1 будет представлен публике на состязаниях за кубок X-Prize, которые пройдут в местечке Лас-Крусес в штате Нью-Мексико осенью нынешнего года. Лига, созданная 3 октября 2005 года основателем фонда Ansari X-Prize Питером Диамандисом, а также рядом других заинтересованных лиц, взяла за основу для своих соревнований концепцию популярных автомобильных гонок Nascar. Первые из этих событий намечены на 2007 и 2008 годы. Состязания за главный приз будут проходить на ракетных самолётах класса X-Racer, для каждого из которых выделяют отдельный “трек” в небе, в разметке которого будут присутствовать как прямые отрезки, так и крутые виражи. Участники будут ориентироваться в пространстве при помощи технологии GPS, чтобы избежать столкновений. Лига также объявила на своём сайте о начале конкурса на лучшее название для ракетного самолёта. Имена десяти полуфиналистов, избранных комитетом RRL, будут объявлены на X-Prize. Они получат привилегированный доступ на все мероприятия Лиги в течение года.