

Осадчий Г.Б.

Условия эффективного использования тепловых насосов в России

ЧАСТЬ 1

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МАЛЫХ ОБЪЕКТОВ И ПОСЕЛЕНИЙ

Перспективы развития современной теплоэнергетики рассмотрим в разрезе **трех порогов** энергоэффективности по классификации Е.Г. Гашо [1] и рекомендаций Н.П. Паршукова и В.М. Лебедева [2]. Классификацию по Е.Г. Гашо приведем полностью.

«Климатическая ситуация в России беспрецедентна, т.к. большинство населения живет в гораздо более холодных условиях, чем в Европе или Северной Америке. Даже во всех странах Северной Европы отопительный сезон существенно короче и мягче чем в средней полосе России. А из европейских городов с миллионным населением только Хельсинки может сравниться с Москвой по энергоклиматическим нагрузкам, по годовому количеству градусо·часов.

Градусо·часы отопительного периода — это произведение длительности отопительного периода на разницу температур между требуемой в помещении (+ 20 °С) и средней температурой воздуха на улице в отопительный период. **Это показатель теплового дефицита конкретной территории.** В районе Москвы длительность отопительного сезона составляет 199 суток, а средняя внешняя температура отопительного периода — около – 1,5 °С. То есть в этой полосе дефицит тепла составляет примерно 103 тысячи градусо·часов, в то время как в районе Стокгольма — меньше 90 тысяч. Если сравнить Московскую область с территориями европейских столиц, то ситуация ещё нагляднее. В Париже отопительный сезон — четыре месяца против московских семи, а дефицит тепла почти в три раза меньше, 38 тысяч градусо·часов. Лондон по этому показателю примерно на уровне Парижа. Однако Москва не самый холодный город в России. У нас, чем севернее и восточнее, тем зимой холоднее.

Более **рассредоточенная** система расселения в Западной Европе объясняется, в том числе и её климатом. Если принять, что необходимость коммунальных систем жизнеобеспечения возникает, начиная с дефицита

тепла в 84000 – 96000 градусо·часов, то для большинства регионов России предпочтительнее концентрация потребителей тепла и, соответственно, использование централизованных систем тепло и электроснабжения. Что и предопределяет компактность проживания. В Европе города с тепловой нагрузкой свыше 60 % от московских значений тоже активно развивают централизованное теплоснабжение и теплофикацию.

Можно сказать, что в России существует климатическая граница, которая разделяет районы, где эффективно централизованное и децентрализованное отопление. В Центральном регионе России она проходит примерно на широте Белгорода и Саратова. Это, соответственно, и граница теплоэффективности строительства коттеджей. Неслучайно, что выше этой границы население в России живет компактнее.

Тепловые потери здания прямо пропорциональны важнейшему теплоэнергетическому показателю — удельной отопительной характеристики. То есть чем больше площадь ограждающих конструкций — стен с окнами, тем больше потери. Так, если разделить большое здание общим объемом 100 тысяч м³ на десять отдельных строений объемом по 10 тысяч м³, то **потери тепла возрастут в 2,5 раза**. И чем больше дробится здание, тем больше увеличиваются затраты на отопление. Из этого также следует, что уменьшение зданий до объемов менее 2500 – 3000 м³ энергетически невыгодно.

На основании этого можно утверждать о **трех порогах энергоэффективности** зданий и поселений.

Первый порог возникает при переходе от коттеджей (индивидуальных домов) к многоквартирным с объемом 3000 м³. Ориентировочно это два подъезда, три-четыре этажа. У таких домов резко уменьшается отношение внешней площади стен к объему, снижается поступление холода к внутренним помещениям. Удельное потребление в таких зданиях ниже по сравнению с коттеджами примерно в три раза.

Второй порог энергоэффективности возникает, когда таких домов становится много и тепловая нагрузка оказывается достаточной для создания централизованного отопления. Второй порог — это город на 90 – 150 тысяч населения. Как только город приближается к такому уровню, становится эффективным централизованное отопление. Пусть это будут даже котельные на пять-шесть домов, но удельные затраты будут меньше. Наличие хорошей

общей для города ремонтной службы тогда **оправдано**. (Системы централизованного теплоснабжения от котельных эффективнее любых децентрализованных источников тепла при плотности тепловых нагрузок более 1,07 – 1,28 ГДж/ч на 1 га независимо от их значений [2]).

Неэффективность централизованного теплоснабжения в малых поселениях подтверждается математической моделью управления аварийными запасами материально-технических ресурсов на объектах в случае аварийного ремонта.

Рассмотрим модель оптимизации времени выполнения аварийных строительного-монтажных работ по источнику [3], в том числе, когда снабжающая организация (склад) находится далеко.

Момент отказа T — случайная величина, распределенная по экспоненциальному закону:

$$F_t(x) = 1 - \exp(-ax).$$

Потребность в трубах для аварийных строительных работ $W_{(т)}$, также случайная величина, распределенная по экспоненциальному закону:

$$F_w(x) = 1 - \exp(-bx).$$

В момент времени $T = 0$ завезено определенное количество труб $Q_{(т)}$. При этом стоимость доставки труб на место складирования при удельной стоимости c_0 будет равна:

$$C_d = c_0 Q.$$

Если этого запаса Q хватает для восстановления работоспособности трубопровода ($W \leq Q$), то продолжительность ремонтно-строительных работ определим временем t_1 .

Если этого запаса не хватает ($W > Q$), то продолжительность ремонтно-строительных работ определим временем $t_2 > t_1$.

Ущерб от недопоставки транспортируемого по трубопроводу продукта (тепла) потребителям (в единицу времени) определим величиной c_1 . Таким образом, можно определить средние затраты на материально-

техническое обеспечение строительства для устранения аварийной ситуации по отношению:

$$C = c_0 Q + F_w(Q) c_1 t_1 + [1 - F_w(Q)] c_1 t_2, \quad (a)$$

где $F_w(Q) = 1 - \exp(-bQ)$. Это для случая, когда отдаленность затрат во времени не учитывается и интервал времени T никак не влияет на затраты.

Если отдаленность затрат учитывается, то средние затраты будут равны:

$$C_t = c_0 Q + [a/(a + g)] \{F_w(Q) c_1 t_1 + [1 - F_w(Q)] c_1 t_2\},$$

где g – коэффициент, учитывающий отдаленность затрат.

Преобразуем соотношение (а) к виду:

$$C = c_0 Q + c_1 t_1 + c_1 (t_2 - t_1) \exp(-bQ).$$

Дифференцируем и приравниваем нулю производную:

$$c_0 - c_1 (t_2 - t_1) b \exp(-bQ) = 0.$$

Отсюда получаем:

$$\beta = \exp(-bQ) = c_0 / [c_1 (t_2 - t_1) b]. \quad (б)$$

Если выполняется условие $\beta < 1$, то минимум средних затрат существует. Кроме того, величина $\exp(-bQ)$ представляет собой вероятность дефицита. В некоторых случаях можно ввести ограничение: вероятность дефицита меньше некоторой заранее заданной величины p .

Таким образом, если выполняется неравенство $\beta < p$, то ограничение автоматически учитывается. Отсюда следует, что величина $\beta = c_0 / [c_1 (t_2 - t_1) b]$ должна быть достаточно малой. Тогда существует минимум.

Если $\beta \geq 1$, а это происходит при очень большой стоимости c_0 , то минимум не существует, **т.е. не существует оптимального решения**

задачи материально-технического обеспечения ресурсами малых поселений в аварийных ситуациях на теплотрассах.

Третий порог — переход к городу с численностью населения 300 тысяч жителей. Тогда становятся эффективными ТЭЦ, которые вырабатывают, не только тепло, но и электричество. В этом случае повышается КПД использования топлива примерно на треть. Кстати, географы показали, что город с населением 300 тысяч человек оптимален не только с точки зрения энергоэффективности, но и с точки зрения организации транспорта и комфортности проживания в целом. В городах с населением более 500 тысяч эти преимущества начинают утрачиваться.

По данным института «ВНИПИэнергопром» теплофикационные системы эффективнее систем централизованного теплоснабжения от котельных при плотности тепловой нагрузки более 2,1 ГДж/ч на 1 га и тепловой мощности 2000 – 2500 ГДж/ч.

Это может быть или сравнительно крупный город с количеством жителей не менее 200 тыс. человек или крупное промышленное предприятие с круглогодичным потреблением тепла на технологические нужды. Ведь обязательным условием размещения ТЭЦ – это достаточность потребителей тепла [2].

А города с миллионным населением в России с её климатом — это особый случай. Это города военно-промышленного комплекса, они создавались искусственно, и вопросы эффективности и затрат не рассматривались. Вот почему они сейчас в тяжелом состоянии — превышен оптимальный размер. И для их развития нужны специальные инфраструктурные решения и по энергетике, и по транспорту.

Если обратимся к зарубежному опыту, то следует отметить, что в Европе повсеместно сочетаются централизованное и распределительное теплоснабжение. В зонах высокой нагрузки в крупных городах работают централизованные системы. А децентрализованные системы их дополняют и используются в небольших городах, где строить ТЭЦ неэффективно. Но, конечно, многое определяет климат. Зима Берлина по градусо-суткам — это ползимы Москвы. А на юге ФРГ, в районе Мюнхена, централизованное отопление в отдельные зимы не приносит прибыли.

Один из главных аргументов против централизованных систем — потери на теплотрассах и перетопы. Однако когда речь идет о плотной застройке, то тепловые потери приемлемы. С перетопами дела обстоят значительно хуже.

Утепление существующих домов в России не всегда оправдано. При нынешнем соотношении цен на топливо и стройматериалы, наши температурные условия и банковские проценты, утепление стен будет окупаться от 40 до 120 лет. И ключевым фактором оказываются не цены, а **банковская ставка!** И только когда банковская ставка понижается ниже 8 % годовых, резко возрастает роль цены топлива.

Опыт либерализации в сфере ЖКХ в ряде стран показал, что базовые факторы успеха — не форма и статус собственника, а прозрачность деятельности организации, её подотчетность, компетентность и **добросовестность** персонала. Как правило, мы платим за 100 единиц тепла, хотя в дом реально приходит 65. Это связано, в том числе с тем, что с 1975 года началось плавное сокращение инвестиций в энергетику.

Электропотребление на квадратный метр в России непрерывно растет, потому что появляется новая техника. Раньше «квартира» потребляла в среднем 3 кВт·ч в сутки, потом — 7, сейчас уже — 15, и это не предел. И это тогда, когда у нас потребление электроэнергии в два раза меньше на душу населения, чем в промышленно развитых странах. Кроме того, у нас ограничение потребления электроэнергии во многом связано с потерями электроэнергии в электрических сетях, например, в Подмосковье они выше, чем по теплу. Потери достигают до 15 – 18 %».

Перспективы развития современной теплоэнергетики неразрывно связаны также с поставками топлива, в том числе угля. Причем выгодность поставок угля также имеет условно **три порога** эффективности. **Первый порог** — поставки угля эшелонами на ТЭЦ, **второй порог** — поставки угля большими самосвалами на котельные и **третий порог** — это развоз угля мелким автотранспортом децентрализованным потребителям. Третий порог поставок и использования угля вообще должен быть, по возможности, исключен, т.к. при использовании угля в частных домах, усадьбах каждодневный его розжиг требует значительного количества дров. Кроме того осенью и весной для минимального обогрева помещений часто используют одни дрова, без угля.

Поскольку ниже будет рассматриваться эффективность теплоснабжения за счет использования тепловых насосов (ТН), то немного остановимся на технологических решениях выработки холода.

Сегодня производство холода повсеместно осуществляется в основном за счет электроэнергии. Это не всегда оправдано как с энергетической, так и с экономической точки зрения.

Вместе с тем появляются технологии производства холода, использующие ярко выраженные вторичные топливно-энергетические ресурсы (ТЭР). Так централизованная система холодоснабжения в Амстердаме долгое время являлась «секретным оружием» Нидерландов. В стране существует несколько таких небольших систем. Большинство из них аккумулируют тепло и холод в подземных водоносных слоях и снабжают теплом (зимой) и холодом (летом) одно или несколько зданий; однако эти аккумуляторы слишком малы, чтобы рассматривать их как централизованную систему. В 2003 г. энергетическая компания Nuon приняла решение об установке в Амстердаме коммерческой централизованной системы холодоснабжения при содействии Шведской управляющей компании Capital Cooling Europe. Мощность централизованных систем охлаждения спроектирована для максимального потребления в 76 МВт. Ожидается, что в 2012 г. они будут поставлять 100 МВт·ч холода за счет холода со дна озера Ньюве-Мэр и холода, получаемого от охлаждающих установок. Обычные охлаждающие установки в зданиях имеют низкий коэффициент преобразования энергии, около 2,5. В проектируемой системе центрального холодоснабжения для международного делового центра Цуидас в Амстердаме для производства 36 МДж холода потребуется только 1 кВт·ч электроэнергии. Эта централизованная система холодоснабжения уменьшит выбросы CO₂ на 75 %.

Ни для кого не секрет, что сегодня аккумулятирование тепловой энергии является ключевой составляющей во многих энергосберегающих системах отопления и охлаждения зданий. Оно служит для долговременного хранилища и солнечного тепла, помимо тепла и холода «извлекаемых» из воздуха. Такие технологии получают все большее распространение во многих странах, при этом используются (или не используются) ТН.

Во многих коммерческих зданиях в системах охлаждения и системах кондиционирования широкое распространение получила так называемая ледяная вода и аккумуляторы холода (льдоаккумуляторы). Они

используются для того, чтобы избежать оплаты электроэнергии в периоды её максимального потребления, когда она наиболее дорогая.

Разрабатываются и другие энергосберегающие технологии. Так, можно значительно увеличить теплоемкость легких строительных конструкций, используя материалы, претерпевающие фазовый переход (Phase Change Materials). В настоящее время ведутся исследования по использованию для отопления и охлаждения микро-инкапсулированных парафинов в штукатурке или в гипсовых панелях или в кровлях. Перегрев помещений можно уменьшить или полностью устранить путем увеличения теплосодержания материалов здания. С помощью таких материалов, которые в ночное время под действием естественной вентиляции — «холодного» ночного воздуха отдают запасенное тепло, в доме будет поддерживаться комфортная температура. Но такой дом зимой труднее прогреть как после дневного, так и длительного отсутствия.

А на Украине рассматривается обогрев жилого района на острове Хортица (легендарный остров, где располагалась знаменитая Запорожская Сечь. В настоящее время остров является частью города Запорожья) ТН с использованием теплоты воды реки Днепр с температурой до + 3 °С [4].

Удельные затраты $b_{ТН}$ условного топлива ТН на единицу отпущенной энергии определяются по следующей зависимости [5]:

$$b_{ТН} = \frac{1 + \lambda}{\mu q \eta_{ЭЭ}^{ТЭС}}$$

где $q = 29,31$ МДж/кг – теплота сгорания единицы условного топлива;
 λ – доля технологических потерь электроэнергии при транспортировке от энергоисточника до потребителя; $\eta_{ЭЭ}^{ТЭС}$ – КПД выработки электроэнергии на конденсационной ТЭС,

$$\mu = Q/W \text{ – коэффициент трансформации теплоты ТН,}$$

где Q – количество теплоты отпущенной потребителю ТН; W – суммарные затраты электроэнергии на приводы компрессора и устройств, обеспечивающих подачу низкопотенциального теплоносителя в испаритель ТН.

Рядом ученых-практиков проблемы теплоснабжения предлагается решать с помощью возведения энергопассивных домов. Термин

«Энергопассивный дом» относится к строительным стандартам. Эти стандарты могут быть выполнены с использованием различных технологий, конструкций и материалов. Автономная система электро- и теплоснабжения таких домов состоит, как правило, из фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) и солнечных нагревателей, на крыше.

Энергопассивные дома имеют близкое к нулю потребление внешнего тепла, т.к. для обеспечения комфортной температуры в течение отопительного сезона достаточно поступления солнечной радиации через окна, а также теплового излучения от бытовых приборов и людей. *(Однако, поступление тепла от приборов связано с использованием электроэнергии, а при её производстве по конденсатному циклу (когда для энергопассивных домов тепловая энергия не нужна) будет происходить рассеивание тепла (до 60 % от полученного при сжигании топлива) через градирни. В связи с этим остается открытым вопрос — куда относить эти потери тепла? Логично было бы относить эти потери на баланс таких энергопассивных домов. Примечание автора).*

Наиболее активно работы по энергопассивным домам ведутся сейчас в Германии — рассматриваются возможности резкого снижения потребления энергии, необходимой для отопления зданий, за счет различных комбинаций; улучшения теплоизоляции т.д. Эти мероприятия, по мнению специалистов, должны стать основой характеристик зданий будущего.

В настоящее время существующие не усовершенствованные здания старой постройки требуют в год на отопление от 300 до 400 кВт·ч/м² энергии, потребность для зданий будущего поколения должна составить от 20 до 40 кВт·ч/м² и далее до нулевого значения (Таблица 1).

Таблица 1. Эволюция годового энергопотребления зданий в Германии (прогнозные оценки на несколько десятилетий)

Группа зданий	Энергопотребление
I	Здания старой постройки, эксплуатируемые сегодня, в которых удельный расход энергии на отопление составляет от 300 до 400 кВт·ч/м ²
II	Здания, соответствующие требованиям законодательства Германии по теплозащите 1982 – 1984 годов (действующим и сегодня), в которых удельный расход энергии на отопление составляет от 150 до 200 кВт·ч/м ²
III	Здания с низким энергопотреблением (low-energy house (LEH), построенные с использованием современных строительных материалов, соответствующих немецким требованиям по теплозащите 1995 года), в которых удельный расход энергии на отопление составляет от 50 до 80 кВт·ч/м ²

IV	Здания с ультранизким энергопотреблением (ultra-house), в которых удельный расход энергии на отопление составляет от 20 до 40 кВт·ч/м ²
V	Здания с нулевым расходом энергии. Здания с нулевым расходом энергии на отопление. Здания, обеспечивающие собственные энергетические потребности

Для снижения энергопотребления зданий, в соответствии с таблицей 1 по мнению германских специалистов достаточно учесть следующие элементы, перечисленные в порядке их значимости:

- высокоэффективная теплоизоляция;
- современные «интеллектуальные» отопительные установки и системы регулировки отопления, соответствующие высокому уровню теплоизоляции с высоким КПД;
- большие стеклянные поверхности (окна) для пассивного использования солнечного излучения, установленные, преимущественно, на южной стороне здания;
- рекуперация тепла в системах вентиляции (воздух выходит из дома и поступает в него не через обычный вентиляционный выход, а через подземный воздуховод, снабженный рекуператором), регулируемых пользователем;
- положительное отношение жильцов к зданиям с низким энергопотреблением. Выбирая режим проветривания и температуру помещения, потребитель значительным образом влияет на тепловой баланс здания и, тем самым, на потребление энергии, на отопление. Поэтому проекты современных энергоэффективных зданий должны предусматривать тесное взаимодействие с жильцами, иначе возможно либо снижение уровня комфорта, либо увеличение потребления энергии.

Принципиальная схема работы вентиляции энергопассивного дома следующая: зимой холодный воздух входит в подземный воздуховод, нагреваясь там за счет тепла земли, а затем поступает в рекуператор. В рекуператоре отработанный домашний воздух ещё больше нагревает свежий и выбрасывается на улицу. Нагретый свежий воздух, поступающий в дом, имеет в результате температуру около 17 °С. Летом горячий воздух, поступая в подземный воздуховод, сразу охлаждается там от контакта с «землей» до этой же температуры.

Конечно, в эволюционном развитии зданий следует учитывать расход энергии за весь период жизненного цикла здания, т.е. расход энергии на

строительство, эксплуатацию, снос и утилизацию здания. При расчете жизненного цикла здания необходимо учесть не только потоки энергии, но и потоки материалов и отходов. Иначе для здания с низким энергопотреблением, но построенного с большими энергетическими затратами, общие затраты энергии за период жизненного цикла могут оказаться очень велики [6, 7].

Из приведенного следует, что здания с нулевым энергопотреблением — это, прежде всего здания, с активным и пассивным использованием для энергоснабжения солнечного излучения.

Сегодня большинство зданий в России имеют низкую энергоэффективность, уступая стандартам европейских параметров для строительства обычных домов, не говоря уже об энергопассивных. Как ни странно, но в более теплой Германии применяются более жесткие нормы по теплоизоляции помещений. Так, например, удельный годовой расход тепла для обычного немецкого дома находится на уровне — не более 300 кВт·ч/м³ в год, в то время как в России — 400 – 600 кВт·ч/м³ в год. Из этого следует, что энергопассивные дома гораздо актуальнее в наших суровых условиях, чем в относительно мягком климате большинства стран Запада.

В настоящее время в России, медленно, но верно происходит повышение энергоэффективности ограждающих конструкций зданий.

Расход тепла $Q_{от}$, Дж, на отопление жилого дома для каждого месяца можно рассчитать по зависимости [8] с дополнением:

$$Q_{от} = \sum_{i=1}^n K_i S_i \Delta\theta t + Q_{инф} + Q_{х.в} - Q_{в.т}$$

где K_i – расчетный коэффициент теплопотерь (теплообмена) для i -го элемента ограждающей конструкции (стен, окон, потолка, пола), Вт/(м²·°С); S_i – площадь поверхности i -го элемента ограждающей конструкции, м²; $\Delta\theta$ – расчетная разность температур, °С; t – продолжительность расчетного периода, ч; $Q_{инф}$ – теплопотери, обусловленные инфильтрацией холодного воздуха, Дж; $Q_{х.в}$ – теплопотери, обусловленные нагревом холодной воды в трубопроводах, водяных затворах, бачках, Дж; $Q_{в.т}$ – внутреннее тепловыделение от людей, оборудования, осветительных приборов, Дж.

Для многослойных стен и других элементов ограждения коэффициент теплопотерь равен:

$$K = \left(\frac{1}{h_{в}} + \sum_{j=1}^m \frac{\delta_j}{\lambda_j} + \frac{1}{h_{н}} \right)^{-1},$$

где $h_{в}$ и $h_{н}$ – коэффициенты теплоотдачи для внутренней и наружной поверхности стены, Вт/(м²·°С); δ_j и λ_j – толщина (м) и коэффициент теплопроводности j -го слоя ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С).

А средний расход из пруда теплоты $Q_{г.в.}$, Дж, на горячее водоснабжение за расчетный период

$$Q_{г.в.} = 1,2 a c_p \rho (\theta_{г.в.} - \theta_{х.в.}) N n,$$

где N – число жителей; a – норма расхода воды на горячее водоснабжение жилых зданий на 1 человека в сутки, л/сут.; $\theta_{х.в.}$ – температура холодной (водопроводной) воды, °С; $\theta_{г.в.}$ – температура горячей воды, °С; c_p – удельная изобарная теплоемкость воды, равная 4190 Дж/(кг·°С); ρ – плотность воды, кг/л; n – число дней в расчетном периоде.

Список литературы

1. Гашо Е.Г. Три порога энергоэффективности / Е.Г. Гашо // Энергия Экономика Техника Экология. 2009. № 3. С. 16 – 20.
2. Паршуков Н.П. Источники и системы теплоснабжения города / Н.П. Паршуков, В.М. Лебедев. Омск, Омская областная типография. 1999. 168 с.
3. Кузнецов П.А. Организационная надежность управления ресурсным обеспечением при переустройстве аварийных объектов / П.А. Кузнецов, С.П. Олейник, П.А. Захаров // Жилищное строительство. 2006. № 1. С. 5 – 6.
4. Гершкович В.Ф. Альтернативное теплоснабжение жилых домов Использование теплового потенциала речной воды на о Хортица / В.Ф. Гершкович // Энергосбережение. 2009. № 3. С. 28 – 33.
5. Накоряков В.Е. Оценка экологической эффективности теплоисточников малой мощности / В.Е. Накоряков, С.Л. Елистратов // Промышленная энергетика. 2009. № 2. С. 44 – 51.

6. Гертис К. Здания XXI века — здания с нулевым потреблением энергии / К. Гертис // Оборудование Разработки Технологии. 2010. № 1 – 3. С. 45 – 46.
7. Горбунов А.В. Энергопассивные дома / А.В. Горбунов // Оборудование Разработки Технологии. 2010. № 1 – 3. С. 50 – 51.
8. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки / Н.В. Харченко. М.: Энергоиздат, 1991. с.208.
9. Ефимов С.С. Фазовый состав сорбционной влаги при отрицательных температурах / С.С. Ефимов // В кн.: Математическое моделирование и экспериментальное исследование процесса тепло-массообмена. Якутск, изд. Якутского филиала СО АН СССР, 1979, С. 97 – 99.
10. Васильев Г.П. Применение ГТСТ в России / Г.П. Васильев // Энергия Экономика Техника Экология. 2009. № 7. С. 22 – 29.
11. Мааке В. Учебник по холодильной технике / В. Мааке, Г.-Ю. Эккерт, Ж.-Л. Кошпен. М.: Издательство Московского университета. 1998. 1142 с.
12. Методические вопросы развития энергетики сельских районов / Х.З. Барабанер, В.М. Никитин, Т.И. Клокова и др. Иркутск, СЭИ, 1989. 260 с.
13. Осадчий Г.Б. Солнечная энергия, её производные и технологии их использования (Введение в энергетику ВИЭ) / Г.Б. Осадчий. Омск: ИПК Макшеевой Е.А., 2010. 572 с.
14. Мартынов А.В. Установки для трансформации тепла и охлаждения / А.В. Мартынов. М.: Энергоатомиздат, 1989. 200 с. 146.
15. Воронов А.А. К оценке уровня конкурентоспособности машиностроительных предприятий / А.А. Воронов // Машиностроитель. 2000. № 12. С. 27 – 29. 147.
16. Справочник по климату СССР выпуск 17, часть II. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 276 с.

Автор: Осадчий Геннадий Борисович, автор 140 изобретений СССР

E-mail: genboosad@mail.ru

Адрес для писем: 644053, Омск-53, ул. Магистральная, 60, кв. 17.

*Продолжение - ЧАСТЬ II, читайте
в Холодильщик.RU (<http://holodilshchik.ru>),
выпуск 6(90) июнь 2012*