

ПРООН/ГЭФ  
Проект №00077154

«Повышение энергетической эффективности жилых зданий  
в Республике Беларусь»

Отчет

**Применение солнечных коллекторов для экономии топливно-  
энергетических ресурсов при эксплуатации жилых зданий в Республике  
Беларусь и за рубежом**

**Проект рекомендаций относительно исполнения проектирования  
и строительства зданий с учетом использования в системах  
теплоснабжения и горячего водоснабжения солнечных коллекторов**

Исполнитель,  
Эксперт по внедрения солнечных коллекторов  
в системах теплоснабжения и горячего  
водоснабжения в жилом секторе

В.В. Покотилов

Минск  
сентябрь 2013

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕГО СОСТОЯНИЯ ДЕЛ В ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭКОНОМИИ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И ЗА РУБЕЖОМ .....	5
2. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СООТВЕТСТВУЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И ПРАКТИК, ПРЕДЛАГАЕМЫХ В ХОДЕ ПРОЕКТНЫХ РАЗРАБОТОК, НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВЫХ СХЕМ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ЖИЛЫХ РАЙОНАХ БЕЛАРУСИ И ЗА РУБЕЖОМ ДЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	7
3. ПРОЕКТ РЕКОМЕНДАЦИЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ИСПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ.....	8
3.1. Анализ применяемых за рубежом и в отечественной практике солнечных коллекторов.....	9
3.2. Анализ применяемых за рубежом и в отечественной практике схем теплоснабжения и горячего водоснабжения с использованием солнечных коллекторов.....	14
3.3. Рекомендуемые схемы гелиосистем с наиболее низким совокупным потреблением энергии и минимально возможными затратами на их строительство, эксплуатацию и техническое обслуживание для проектируемых в Беларуси многоэтажных жилых домов .....	15
3.4. Рекомендуемые схемы комплексного использования источников тепловой энергии для проектируемых многоэтажных жилых домов .....	19
4. ВЫВОДЫ.....	21
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	23
П.1. Рекомендации по значительному снижению капитальных затрат и эксплуатационных расходов в летний и зимний периоды эксплуатации жилых зданий за счёт применения «солнечной архитектуры» при проектировании в Беларуси энергоэффективных жилых домов .....	23
П.2. Рекомендации по проектированию квартирных экономичных систем водяного отопления жилых зданий .....	26
П.3. Рекомендации по проектированию квартирных экономичных систем воздушного отопления жилых зданий с утилизацией теплоты удаляемого воздуха.....	29
П.4. Рекомендации по проектированию элементов эффективной системы естественной вентиляции жилых зданий.....	32

## Введение

Солнечная энергия является неисчерпаемым источником тепловой энергии. Закономерности её интенсивности зависят от географической широты и локальных атмосферных особенностей. Исторически эволюция развития жилых зданий задавалась именно закономерностями солнечной инсоляции места застройки, поэтому классические архитектурные решения зданий для климата пустыни, для средневропейского климата и др. являются примерами прагматичности градостроительных и архитектурно-планировочных решений. Принципы проектирования зданий, эксплуатируемых в полном согласии с радиационным климатом местности, описаны в трудах Сократа, Платона и др. ученых и конструкторов.

Для архитекторов Беларуси примером могут служить сохранившиеся до настоящего времени в Иране жилые и общественные постройки, которые в условиях пустыни (ночью  $0^{\circ}\text{C}$ , днём  $+40^{\circ}\text{C}$ , а в среднем за сутки  $+20^{\circ}\text{C}$  – как и в Беларуси) имеют комфортные условия микроклимата помещений за счет «солнечной» (или «биоклиматической») архитектуры без использования каких-либо кондиционеров или иных инженерных устройств.

Архитекторы Европы широко применяют современные принципы «солнечной архитектуры» в сочетании с современными специальными гелиосистемами суточного накопления тепловой солнечной энергии. Такие здания при прочих равных имеют более низкую себестоимость строительства по сравнению с традиционным домостроением. Например, более 40 лет тому назад в Англии, США, Дании и др. были построены жилые и общественные здания солнечной архитектуры, отопление которых в течение всего года осуществляется за счет солнечной энергии без любых иных источников теплоты.

Некоторые архитекторы Беларуси, как, например, заслуженный архитектор БССР Соболевский А.А., плодотворно реализуют принципы биоклиматической архитектуры в своих проектных произведениях, да и то за пределами Беларуси. Превалирует же в Беларуси система проектирования жилых «коробок», ориентация которых по сторонам света, планировочные решения, формирование фасадов никак не учитывают особенности локального климата, в результате чего провоцируются дополнительные теплопотери зимой (особенно из-за неучета локальной ветровой обстановки), и перегрев помещений летом. Жильцы в Беларуси уже привыкли тратить деньги на приобретение квартирных «кондиционеров», потребляющих в течение каждого года электроэнергию на производство «холода» летом и «теплоты» - в переходные периоды года. В этом главная «заслуга» большинства белорусских архитекторов, до сих пор не понимающих, что они творят.

В соответствии с заданием настоящая работа направлена на разработку проекта гелиосистем горячего водоснабжения для многоэтажных жилых домов в условиях Беларуси. На фоне идентичности радиационного климата средней Европы с климатом Беларуси существует необычность исходных условий Беларуси для реализации поставленных задач. Такой проект впервые реализуется в Беларуси,

поэтому отсутствует не только опыт проектирования, но и опыт эксплуатации столь крупных объектов. Поэтому в эксплуатации должны присутствовать только известные белорусские сервисанты-производители отечественного оборудования в области систем автоматизации, учета производимой и потребляемой теплоты, теплообменников, теплоаккумулирующих устройств. Ввиду этих обстоятельств предлагается проект рекомендаций для проектирования гелиосистем горячего водоснабжения в Республике Беларусь, значительно упрощающий в сравнении с европейскими аналогами проектное решение в части его реализации, а также и в части предстоящей эксплуатации. При этом предлагаются технические решения, повышающие годовую тепловую эффективность гелиосистемы горячего водоснабжения при снижении капитальных затрат.

По своей личной инициативе Покотиллов В.В. за рамками своего контракта с ПРООН разработал отдельные рекомендации в направлении энергоэффективного проектирования некоторых разделов проектов многоэтажных жилых домов в Республике Беларусь:

- по солнечной архитектуре многоэтажного жилого дома
- по совершенствованию системы естественной вентиляции
- по совершенствованию поквартирной системы водяного отопления
- по совершенствованию поквартирной принудительной системы воздушного отопления с применением рекуператора теплоты удаляемого воздуха.

Данная работа представлена в ПРИЛОЖЕНИЯХ. Необходимость её выполнения была вынужденной мерой ввиду того, что все инженерные системы жилого дома следует рассматривать во взаимозависимости как единое целое. Поэтому для получения оптимального энергетического и экономического эффекта одной из систем, например, гелиосистемы, следует гарантировать оптимальную автоматизированную работу всех иных инженерных систем.

Работа, представленная в ПРИЛОЖЕНИЯХ, не требует согласования ввиду того, что является личной инициативой автора и выполнена за рамками контракта с ПРООН.

## **1. Анализ существующего состояния дел в области применения солнечной энергии для экономии топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации жилых зданий в Республике Беларусь и за рубежом**

Радиационный режим Беларуси аналогичен многим среднеевропейским странам с развитым применением солнечной энергии как в области гелиоархитектуры домостроения и градостроительства, так и в области применения специальных тепловых гелиосистем теплоснабжения и горячего водоснабжения. Поэтому в настоящее время развитие солнечной энергетики в Беларуси рассматривается в качестве перспективного направления, как на уровне государственных инициатив, так и непосредственно частными фирмами и застройщиками.

Для нагревания воды горячего водоснабжения солнечная энергия используется с помощью специальных гелиосистем, основными элементами которых являются гелиоколлекторы, преобразующие высокочастотное солнечное излучение в тепловую энергию, а также аккумулятор тепловой энергии, сглаживающий между собой нерегулярности поступления солнечной энергии и нерегулярности потребления тепловой энергии системой горячего водоснабжения.

Основную себестоимость гелиосистемы несут в себе гелиоколлекторы - 50...70% от общей себестоимости. Срок окупаемости гелиосистемы зависит от сравниваемого варианта и при сравнении с тепловыми сетями составляет не менее 15 лет. Однако современная Европа учитывает перспективу неуклонного роста стоимости невозобновляемых источников энергии, а также и перспективу окончания их добычи. Поэтому в странах Европы активно стимулировалось применение гелиосистем уже более 30 лет назад. В некоторых районах Австрии уже более 20 лет назад гелиосистемы горячего водоснабжения были смонтированы для всех эксплуатируемых жилых зданий.

Из практики проектирования и эксплуатации гелиосистем горячего водоснабжения известно, что экономически оптимальными для климата – аналога Беларуси являются гелиосистемы, запроектированные на компенсацию 60...70% годовых теплотрат, необходимых на нужды горячего водоснабжения. При более высокой компенсации резко возрастают капитальные затраты. Поэтому остальные 30...40% годовых теплотрат, приходящиеся на зимние месяцы, восполняются в зависимости от конкретных местных условий: либо от традиционных источников – котельной или теплых сетей, либо от нетрадиционных, в том числе от возобновляемых источников энергии. Достаточно широко для предварительного нагревания воды применяется утилизация теплоты сточных вод, температура которых может достигать 35<sup>0</sup>С при условии отделения от них сточных вод от унитазов.

В Беларуси первая современная гелиосистема горячего водоснабжения была реализована в 1998г. для здания Международного института по радиоэкологии им. А.Д.Сахарова в г.Минске (МИРС) с применением комплекта оборудования, подаренного фирмой ДОМА (Австрия) при содействии сотрудников ENERGIESPAREIN, Dornbirn (Австрия). Для Беларуси гелиосистемы в настоящее время уже становятся всё более востребованными, что сразу же отражается в активизации

предложений многочисленных зарубежных фирм-производителей гелиотехнического оборудования Viessmann, Thermomax, Bosch, De Dietrich, Vaillant, Junkers, Kospel, Jäspi, Thermo|solar Žiar s.r.o., Buderus, Herz и др., в том числе многочисленные китайские производители. Большинство фирм предлагают свои услуги в части проектирования, подбора оборудования и монтажа, опираясь на собственные базовые электронные программы проектирования. На десятках различных государственных, частных объектах и индивидуальных жилых домах уже функционируют гелиосистемы различных фирм-производителей с площадью гелиоколлекторов в основном  $4 \dots 10 \text{ м}^2$ , но не более  $20 \text{ м}^2$ , с баками-аккумуляторами не более  $2 \text{ м}^3$ . На этом фоне настоящий Проект ПРООН/ГЭФ «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь», №00077154 является пилотным для Беларуси в части внедрения для каждого многоэтажного жилого дома крупноразмерных гелиосистем с площадью гелиоколлектора более  $200 \text{ м}^2$ .

## **2. Анализ влияния соответствующих технических решений и практик, предлагаемых в ходе проектных разработок, на технико-экономические показатели различных типовых схем, применяемых в жилых районах Беларуси и за рубежом для центрального отопления и горячего водоснабжения**

В Беларуси удельное годовое потребление теплоты на нужды отопления и горячего водоснабжения в жилом фонде, введенном в эксплуатацию до 1994 года, составляло  $200...290 \text{ кВтч/м}^2$  (в том числе на отопление  $130...190 \text{ кВтч/м}^2$ , а на горячее водоснабжение  $70...100 \text{ кВтч/м}^2$ ).

Благодаря энергоэффективным мероприятиям, предпринятым Правительством Республики Беларусь в области повышения теплозащитных качеств ограждающих конструкций зданий, реконструкции насосных циркуляционных станций тепловых сетей, глобальной реконструкции структуры и технологии тепловых сетей, планомерной ликвидации 4-х трубных квартальных сетей с переходом на 2-х трубные квартальные сети с повсеместным внедрением автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) в каждом здании, на период начала 21 века удельные годовые показатели снизились до  $150...190 \text{ кВтч/м}^2$  (в том числе на отопление до  $90...110 \text{ кВтч/м}^2$ , а на горячее водоснабжение до  $60...80 \text{ кВтч/м}^2$ ).

Современные нормы Беларуси предусматривают удельное годовое потребление теплоты на нужды отопления в размере не более  $60 \text{ кВтч/м}^2$ , что достигается усиленной теплоизоляцией наружных ограждений и индивидуальной автоматизацией системы отопления в каждом помещении. При этом расходы теплоты на горячее водоснабжение превышают расходы на отопление и остаются на прежнем уровне до  $80 \text{ кВтч/м}^2$ . Таким образом, общие годовые расходы составляют примерно  $140 \text{ кВтч/м}^2$ . Снизить эти расходы возможно за счёт применения утилизаторов теплоты сточных вод, гелиосистем и использования низкопотенциальной энергии внешней среды с помощью тепловых насосов.

В центральной Европе годовое количество солнечной прямой и рассеянной энергии на горизонтальную поверхность составляет  $1000...1400 \text{ кВтч/м}^2$  (в Германии –  $1200$ , в Беларуси –  $1100 \text{ кВтч/м}^2$ ). В Германии, Великобритании, Швейцарии, Финляндии, США и др. странах для большинства вновь возводимых объектов применяют принципы «солнечной архитектуры» и пассивные конструкции, снижающие теплозатраты на отопление на  $30...60\%$  до уровня  $10...40 \text{ кВтч/м}^2$  в год при сроке окупаемости  $2...4$  года. Начиная с 80-х годов, правительство Германии настойчиво проводит политику внедрения «солнечной архитектуры» и гелиотехники. К настоящему времени, в связи с отказом от атомной энергетики, Германия ориентируется на повсеместное использование возобновляемых источников энергии, как это было принято в Австрии несколько десятилетий тому назад.

### **3. Проект рекомендаций относительно исполнения проектирования и строительства зданий с учетом использования в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения солнечных коллекторов**

В соответствии с заданием следует разработать проект рекомендаций относительно исполнения проектирования и строительства двух многоквартирных жилых домов:

132-х квартирный 19-ти этажный энергоэффективный жилой дом в г. Минске, строительство которого будет выполнять строительное предприятие МАПИД.

Основные характеристики здания и проектируемых инженерных систем:

- здание имеет «теплый» вентилируемый чердак, а также неотапливаемый подвал;
- основная система отопления – воздушная с центральным утилизатором теплоты удаляемого воздуха;
- дополнительная система отопления – водяная, присоединяемая к тепловым сетям по независимой схеме;
- дополнительная система вентиляции – естественная вытяжная с вентблоками, выходящими на вентилируемый чердак;
- источники тепловой энергии для системы горячего водоснабжения - гелиосистема с гелиоколлекторами, располагаемыми на кровле, утилизированная теплота сточных вод, тепловой насос от свайных грунтовых теплообменников;
- дополнительны источник тепловой энергии – водяные тепловые сети.

120-ти квартирный 10-ти этажный энергоэффективный жилой дом в г. Гродно, строительство которого будет выполнять строительное предприятие Гродногражданпроект.

Основные характеристики здания и проектируемых инженерных систем:

- здание имеет неотапливаемый подвал;
- основная система отопления – воздушная с поквартирными утилизаторами теплоты удаляемого воздуха;
- дополнительная система отопления – водяная, присоединяемая к тепловым сетям по независимой схеме;
- дополнительная система вентиляции – естественная вытяжная с отдельными вентиляционными каналами;



- источники тепловой энергии для системы горячего водоснабжения - гелиосистема с гелиоколлекторами, располагаемыми на кровле, утилизирующая теплоту сточных вод, тепловой насос от свайных грунтовых теплообменников;
- дополнительный источник тепловой энергии – водяные тепловые сети.

С точки зрения приоритетного использования источников тепловой энергии следует предусмотреть следующую последовательность их применения для системы горячего водоснабжения:

- утилизатор теплоты сточных вод;
- гелиосистема с гелиоколлекторами тепловой энергии;
- тепловой насос от свайных грунтовых теплообменников;
- теплообменник тепловых сетей.

### ***3.1. Анализ применяемых за рубежом и в отечественной практике солнечных коллекторов***

Тепловые гелиоколлекторы являются основным элементом гелиосистемы, в котором преобразуется высокочастотное солнечное излучение в тепловую энергию. Существуют коллекторы «условно плоские», преобразующие солнечную энергию непосредственно в плоскости падения солнечных лучей, и коллекторы с концентрирующими отражательными устройствами, располагаемыми либо в конструкции самого коллектора, либо являющиеся самостоятельными устройствами.

В настоящем анализе рассматриваются коллекторы «условно плоские». Эволюция конструирования этих устройств насчитывает лишь несколько десятилетий, но уже на настоящий момент можно считать устоявшимися основные конструктивные тенденции. Еще 30 лет тому назад имелось большое разнообразие коллекторов с повышенной теплоизоляцией светопрозрачного покрытия. По мере развития гелиотехники и эксплуатации гелиосистем в различных географических и климатических зонах был получен опыт, используемый в настоящее время специалистами в области проектирования гелиосистем и в области их производства. Далее приводимый анализ применения того или иного типа солнечных коллекторов в максимальной степени построен на основании этого эксплуатационного опыта.

#### ***3.1.1. Солнечные коллекторы с теплоизолирующим светопрозрачным покрытием***

Повышение теплоизоляции светопрозрачного покрытия гелиоколлектора выполняется различными способами и техническими приёмами. Снижение теплотерь коллектора увеличивает его тепловую эффективность, особенно в холодные периоды года.

Наиболее простым решением было применение многослойного стеклянного покрытия, как правило, двухслойного. Но такие коллекторы не стали востребованными в первую очередь ввиду значительного увеличения веса. Кроме того, каждый слой стекла требовалось устанавливать в самостоятельную герметическую обойму из-за значительной разницы температурных режимов эксплуатации.

В дальнейшем были попытки выпускать коллекторы с применением прозрачной теплоизоляции. Но пониженная светопрозрачность всех видов прозрачной теплоизоляции по сравнению со стеклом, а также значительное повышение температуры теплового элемента в периоды прекращения циркуляции теплоносителя, никак не компенсировали эффекта снижения тепловых потерь и этот тип гелиоколлекторов также со временем стал невостребованным.

В настоящее время выпускаются несколько типов гелиоколлекторов с плоским теплоизолирующим светопрозрачным покрытием. Среди них можно выделить коллекторы фирмы Buderus с теплоизолирующим слоем в виде светопрозрачной прослойки из инертного газа низкой теплопроводности, а также плоские вакуумированные коллекторы фирмы Thermo|solar Ziar s.r.o., представляющие собой предмет гордости фирмы, имеющей «единственное в мире производство плоских вакуумных коллекторов». Стоимость коллекторов с плоским теплоизолирующим светопрозрачным покрытием в 1,5...2,0 раза выше их традиционных аналогов с одинарным остеклением.

Наибольшее распространение получили вакуумированные трубчатые коллекторы. Основным элементом является «трубка» (рис.1), которая состоит из стеклянной колбы поз.1 с двойным остеклением и вакуумированным зазором, и тепловоспринимающий элемент поз.2.

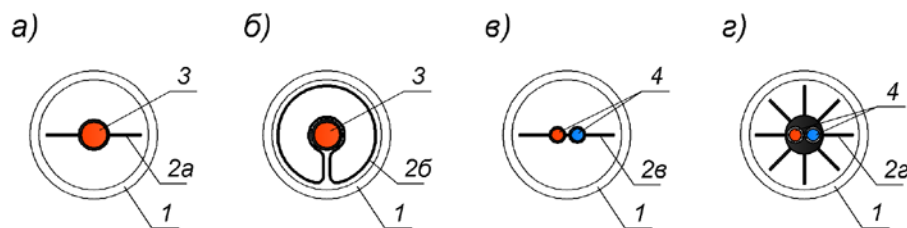


Рис.1. Сечение трубки различного типа вакуумированных трубчатых коллекторов:

а), в) - с тепловым плоским элементом; б) - с тепловым цилиндрическим элементом;

г) - с тепловым литым элементом из алюминиевого сплава;

1 - колба с двойным остеклением и вакуумированным зазором; 2а, 2в – плоский тепловоспринимающий элемент; 2б - тепловоспринимающий элемент цилиндрического вида с пружинным контактом с тепловой трубкой; 2г - тепловой элемент литой из алюминиевого сплава; 3 –тепловая трубка; 4 –U-образная медная трубка циркулирующего теплоносителя.

Плоский тепловоспринимающий элемент поз.2а имеют наиболее «дешёвые» коллекторы, в которых колбу надо поворачивать при монтаже на какой-либо оптимальный угол за Солнцем, что на самом деле не приносит практически никакого эффекта.

Идея теплового цилиндрического элемента поз.2б позволяет воспринимать излучение при любом угле падения солнечного излучения, но вызывает сомнение эффективность теплопередачи за счет теплопроводности пластины поз.2.б по «длинному» пути к поверхности тепловой трубы поз.3. Учитывая ненадёжность герметизации внутреннего объёма колбы поз.1, со временем эксплуатации возможен окислительный процесс в поверхности контакта поз.3 и поз.2б со значительным снижением теплопередачи.

Коллекторы рис.1а, 1б имеют низкую себестоимость. Применение тепловых трубок поз.3 не даёт теплового преимущества в эффективности передачи теплоты от тепловоспринимающей поверхности к теплоносителю по сравнению традиционным способом непосредственной циркуляции теплоносителя (рис.1в, 1г). Применение тепловых трубок поз.3 позволяет упростить производство и, особенно, транспортировку гелиоколлекторов, так как они упаковываются по своим составляющим (трубчатые элементы и соединительные гребёнки) в отдельные компактные контейнеры, собираясь затем в гелиоколлектор на месте монтажа.

Коллекторы рис.1в, 1г имеют более высокие теплотехнические качества по сравнению с коллекторами рис.1а, 1б ввиду непосредственного контакта тепловоспринимающего элемента с теплоносителем. Но они неудобны в транспортировке и имеют более высокую стоимость.

Наиболее качественным по теплотехническим показателям является коллектор рис.1.г, но стоимость его значительно выше всех иных трубчатых коллекторов, и тем более значительно превышает стоимость «обычных» плоских коллекторов с одинарным остеклением.

При выборе типа гелиоколлектора следует учитывать некоторые эксплуатационные особенности.

### Реальная тепловоспринимающая поверхность

Реальная тепловоспринимающая поверхность трубчатого коллектора значительно меньше его геометрической поверхности. На рис.2 для оценки реальной поверхности показан характер облучения стеклянной колбы коллектора.

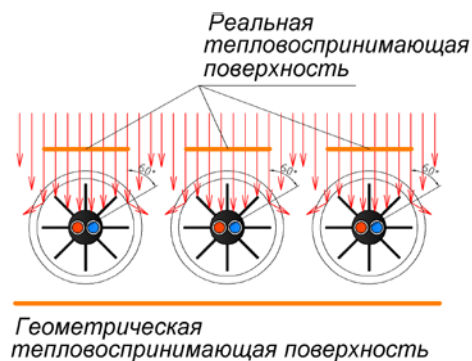


Рис.2. Оценка реальной тепловоспринимающей поверхности трубчатых коллекторов

Реальная тепловоспринимающая поверхность трубчатого коллектора составляет 0,60...0,62 от его геометрической поверхности. Для плоских коллекторов это соотношение составляет 0,9...0,85. Таким образом, при проектировании, для получения идентичной тепловоспринимающей поверхности гелиоколлекторов геометрическая поверхность трубчатых коллекторов должна быть в  $0,88/0,61=1,44$  раза больше.

При сравнении стоимости также следует сравнивать между собой удельную стоимость одного квадратного метра реальной поверхности плоского и трубчатого коллектора:

- для плоского коллектора, зная его стоимость  $C_{пл}$  и площадь по наружным габаритам  $A_{пл}$ , удельная стоимость определится следующим образом:

$$c_{уд} = C_{пл} / (0,88 \times A_{пл});$$

- для трубчатого коллектора, зная его стоимость  $C_{тр}$  и площадь по наружным габаритам  $A_{тр}$ , удельная стоимость определится следующим образом:

$$c_{тр} = C_{тр} / (0,61 \times A_{тр}).$$

### Механическая прочность

Механическая прочность оценивается в основном по устойчивости к граду. Трубчатые коллекторы, показанные на рис.1, не выдерживают крупный град. Исключение составляют трубчатые коллекторы с одинарным стеклом повышенной толщины. Они выдерживают град размером до 35 мм. В коллекторах данного типа вакуумируется всё пространство стеклянной трубы.

На механическую прочность влияет также упавший между трубами коллектора слой подтаявшего снега, который, расширяясь в весенних циклах замораживания-оттаивания, может нарушить целостность стеклянных колб.

Срок службы не более 10 лет, гарантийный срок от 1 до 5 лет.

### Область применения

Большинство фирм-производителей трубчатых коллекторов (а также других типов коллекторов с теплоизолирующим светопрозрачным покрытием) рекомендуют их повсеместное применение для любых климатических зон, особенно в холодный период года. Некоторые натурные эксплуатационные исследования, например выполненные специалистами Германии, не показали в условиях центрально-европейского климата столь явного преимущества трубчатых коллекторов перед обычными плоскими. Основной причиной является изморось, налипающая на «холодные» трубы коллектора, не давая проникать солнечному излучению.

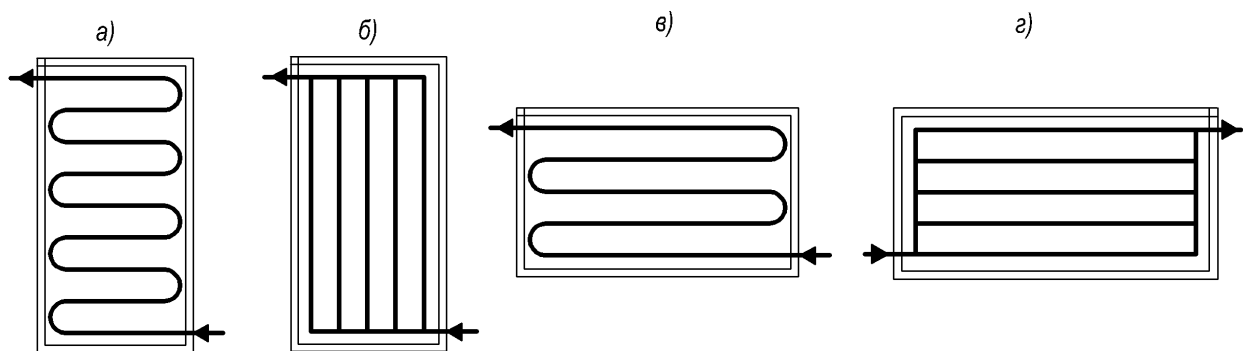
Существенным недостатком коллекторов с теплоизолирующим светопрозрачным покрытием является значительное повышение температуры теплоносителя при отсутствии циркуляции более  $200^{\circ}\text{C}$  по сравнению с плоскими, температура которых достигает не более  $150^{\circ}\text{C}$ . Ввиду этого, для исключения кипения

теплоносителя необходимо в коллекторах поддерживать избыточное давление не менее 4бар - для плоских коллекторов с одинарным остеклением и более 6бар - для коллекторов с теплоизолирующим светопрозрачным покрытием. При высоких температурах срок службы незамерзающей жидкости резко уменьшается, поэтому в процессе эксплуатации гелиосистемы следует систематически отслеживать сохранность её характеристик.

Коллекторы с теплоизолирующим светопрозрачным покрытием по своим характеристикам оптимальным образом подходят для климатических условий высокогорной местности.

### ***3.1.2. Плоские солнечные коллекторы с одинарным светопрозрачным покрытием***

Солнечные плоские коллекторы с одинарным светопрозрачным покрытием выпускаются десятками фирм в мире и отличаются конструкцией корпуса, конструкцией тепловых элементов, оптическими и механическими характеристиками остекления. В коллекторе соединение тепловых элементов между собой выполняются по схемам, показанным на рис.3.



*Рис.3. Схемы плоских коллекторов*

Коллекторы, приведенные на рис.3а, 3в и 3г, предназначены в основном для систем с насосной циркуляцией теплоносителя. Коллектор, показанный на рис.3б, предназначен в основном для систем с естественной циркуляцией теплоносителя. Системы с естественной циркуляцией теплоносителя применяются широко в основном в условиях «тёплого» климата без отрицательных температур, например, в Турции. Следует отметить, что при прочих равных условиях годовой тепловой эффект систем с естественной циркуляцией выше в 1,5 раза в сравнении с применяемыми системами с насосной циркуляцией. Однако реальные возможности систем с естественной циркуляцией ограничиваются площадью гелиоколлектора не более 20м<sup>2</sup>.

В плоских гелиоколлекторах применяется обычное оконное силикатное стекло, выдерживающее удары крупного града и значительные изгибающие нагрузки, а также стёкла со специальной наружной поверхностью без «блэсткости», которая исключает отражение солнечных лучей при угле падения менее 30°. Коллекторы со специальным стеклом без «блэсткости» имеют более высокую стоимость.

Срок службы более 20 лет, гарантийный срок от 1 до 10 лет.

Выбор гелиоколлекторов для данного проекта ПРООН следует ограничить областью плоских коллекторов с одинарным остеклением по вышеприведенным соображениям.

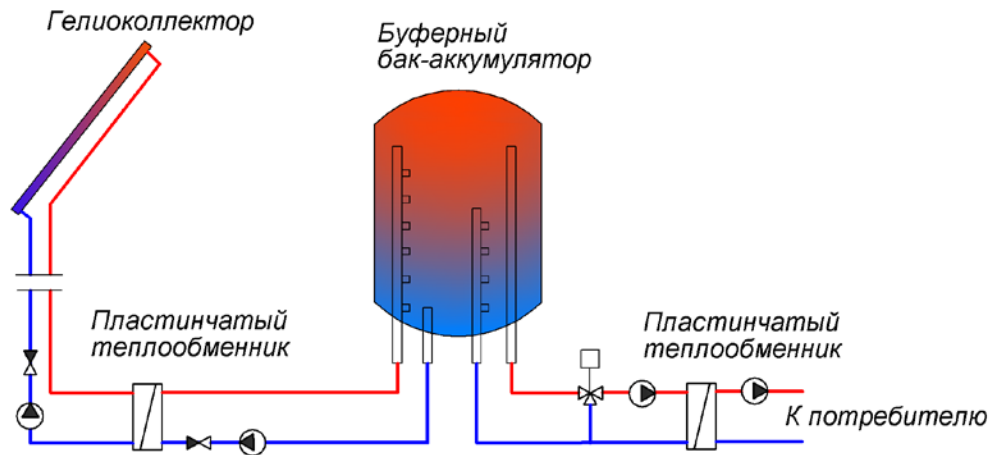
Среди плоских гелиоколлекторов выбор следует проводить от известных европейских производителей, ориентируясь на оптимальное сочетание высокого качества и оптимальной цены. Под качеством следует понимать в первую очередь высокую прочность корпуса, в том числе на изгиб, и долговременность его существования, а также качество и долговременность герметика остекления коллектора. В выборе желательно не принимать сборный корпус, а ориентироваться на цельный штампованный, который дешевле и прочнее и герметичнее всех прочих.

### ***3.2. Анализ применяемых за рубежом и в отечественной практике схем теплоснабжения и горячего водоснабжения с использованием солнечных коллекторов***

Конструирование гелиосистемы зависит от задаваемых исходных данных. Для систем с гелиоколлектором примерно до 20м<sup>2</sup> применяют бак-аккумулятор воды горячего водоснабжения со встроенными поверхностями нагрева. Таким образом, с помощью одного устройства обеспечивается температурное расслоение по высоте бака, суточное аккумулирование тепловой энергии, нагревание воды от гелиосистемы и от дополнительных источников энергии.

В настоящем проекте имеет место крупноразмерная гелиосистема, для которой следует предусматривать бак-аккумулятор с промежуточным теплоносителем. В практике такие баки обычно называют буферными. Буферные баки ёмкостью 1...2м<sup>3</sup> выпускаются с встроенными змеевиками гелиосистемы и змеевиком для нагревания воды горячего водоснабжения. Например, для гелиосистемы с коллектором 120м<sup>2</sup> используют 4 таких бака с системой обвязки, обеспечивающей «последовательную» автоматическую зарядку баков с помощью переключающих трёхходовых клапанов. Более удобным по эксплуатации и с минимальными капитальными расходами применяют вариант с одним баком-аккумулятором на 8м<sup>3</sup> со скоростными теплообменниками со стороны гелиоколлектора и со стороны потребителя – системы горячего водоснабжения. В общем виде подобная система показана на рис.4.

Подобные крупноразмерные гелиосистемы в отечественной практике не применялись, поэтому все её элементы, кроме гелиоколлекторов, необходимо разработать и изготовить на местных предприятиях, в том числе и систему автоматического регулирования и контроля.



*Рис.4. Схема крупноразмерной гелиосистемы горячего водоснабжения с применением промежуточного теплоносителя и буферного бака-аккумулятора.*

### **3.3. Рекомендуемые схемы гелиосистем с наиболее низким совокупным потреблением энергии и минимально возможными затратами на их строительство, эксплуатацию и техническое обслуживание для проектируемых в Беларуси многоэтажных жилых домов**

Схемы разработаны для двух проектируемых домов: 132-х квартирный 19-ти этажный энергоэффективный жилой дом в г. Минске и 120-ти квартирный 10-ти этажный энергоэффективный жилой дом в г. Гродно.

На рис.5 показана общая схема гелиосистемы для 132-х квартирного 19-ти этажного энергоэффективного жилого дома в г. Минске. На схеме показаны принципиальные решения, не показаны контрольные приборы, системы защиты, фильтры, системы заполнения и подпитки, некоторая часть запорной арматуры и др. На схеме указаны ориентировочные значения избыточного давления в трубопроводах. Для обеспечения эффективной работы расширительных баков поз.9 последние монтируются на техническом чердаке. Балансовый вентиль поз.7 настраивается на минимальный расчётный расход теплоносителя. Пропорциональный регулятор поз.13 и клапан поз.8 срабатывают на поддержание температуры не менее  $50^{\circ}\text{C}$  при снижении теплопроизводительности гелиосистемы путём дросселирования потока вплоть до полного закрытия клапана при температуре менее  $50^{\circ}\text{C}$ . При значительно более высокой температуре клапан поз.8 полностью открыт, и система имеет максимальную теплопроизводительность.

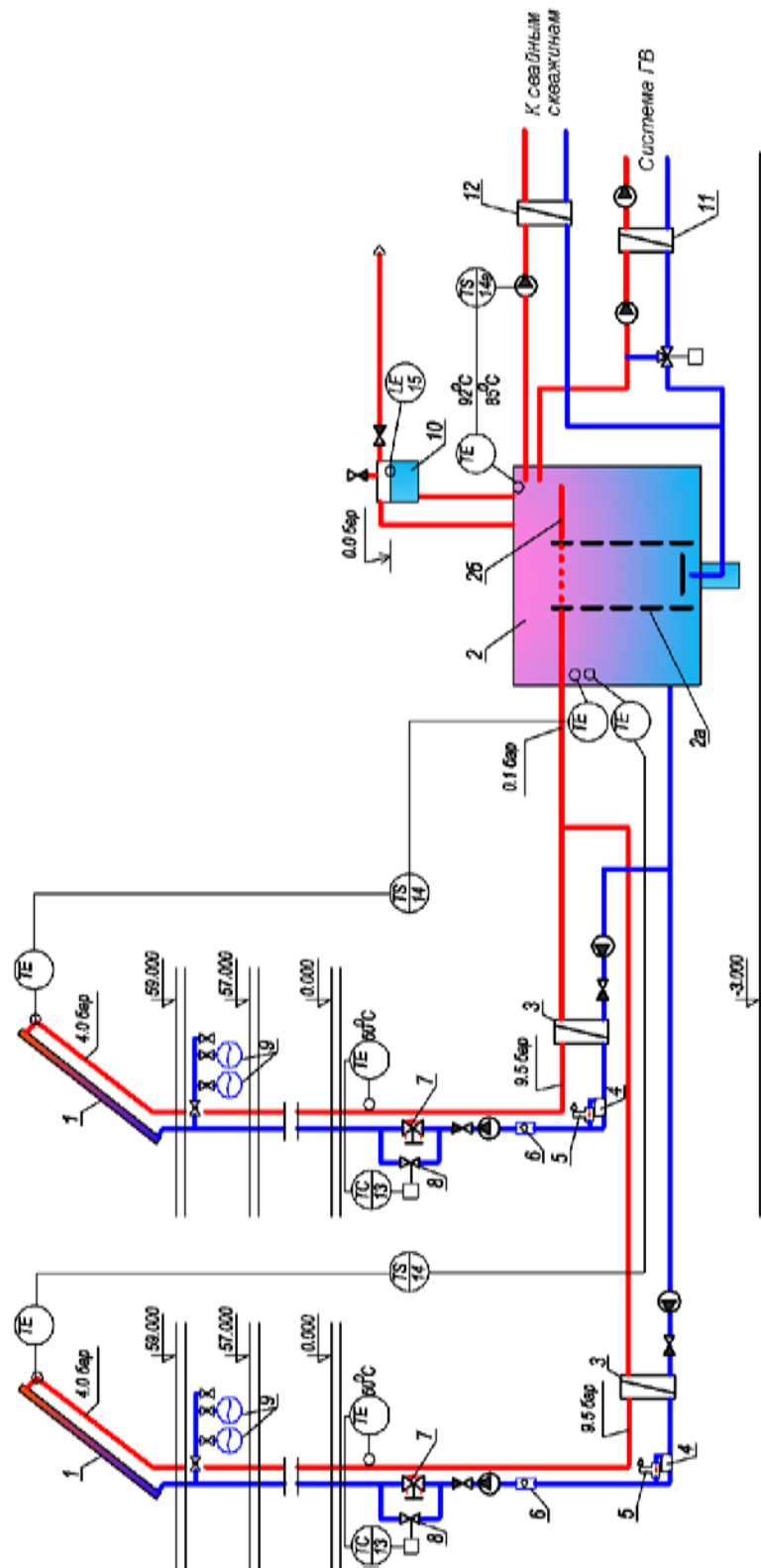


Рис.5. Схема геосистемы 132-х квартирному 19-ти этажному жилому дому: 1-гелиоколлекторы по 120 м<sup>2</sup>; 2-буферный бак 12 м<sup>3</sup>; 3-пластинчатые неразборные теплообменники; 4-воздухосборник; 5-сепаратор воздушный; 6-визуальный расходомер; 7-балансовый вентиль минимального расчётного расхода; 8-клапан повышения расхода; 9-расширительные баки; 10-расширительный бак; 11-разборный теплообменник горячего водоснабжения; 12-разборный теплообменник для теплоносителя скважин; 13-пропорциональный регулятор; 14(14а)-контроллер геосистемы; 15-датчик уровня системы подпитки.



Применяется циркуляционный насос с электронным управлением частотой вращения, которая изменяется при изменении сопротивления системы под воздействием клапана поз.8. Приведенный принцип управления позволяет почти в 1,5 раза увеличить годовую теплопроизводительность гелиосистемы за счёт эффективного использования малой интенсивности излучения в облачный период, а также в утренние и вечерние часы.

Системы автоматического регулирования (контроллер, датчики температуры, регулирующие клапаны и приводы), а также системы учета тепловой энергии должны быть белорусского производства фирмы «ГРАН-СИСТЕМА С». Позиционный регулятор поз.14а настраивается на температуру 92<sup>0</sup>С, при превышении которой с помощью циркуляционных насосов и теплообменника поз.12 излишки производимой гелиосистемами теплоты перекачиваются в грунт через свайный теплообменники. При понижении температуры до 85<sup>0</sup>С позиционный регулятор поз.14а выключает циркуляционные насосы. Буферный бак-аккумулятор поз.2 заполняется водой из тепловой сети по датчику уровня поз.15. Бак работает под атмосферным давлением, имеет систему аварийной сепарации и сброса пара в атмосферу при аварийном закипании воды в баке. Бак изготавливается из котловой или обычной стали на заводах Беларуси. Внутренние элементы бака: сепаратор поз.2а, перфорированный распределитель поз.2б и др., предназначенные для поддержания температурного расслоения в баке, следует изготовить из нержавеющей стали. Теплообменники пластинчатые следует принять к проектированию от Гомельского завода сантехзаготовок, использующего основные комплектующие (пластины и прокладки) германского производителя.

Запорно-регулирующую арматуру и другие устройства высокотемпературного циркуляционного контура коллекторов гелиосистемы следует принять к проектированию от итальянской фирмы Caleffi. Фирма выпускает запорно-регулирующие и др. устройства для гелиосистем с эксплуатационной температурой до 200<sup>0</sup>С, и является лидером как по качеству, так и по номенклатуре в данной технической области. Запорно-регулирующую арматуру других контуров следует принять к проектированию от австрийской фирмы HERZ, которая на фоне других фирм отличается наличием новых изделий: термостатические клапаны повышенного сопротивления, компактные регуляторы расхода на малые расходы, компактные регуляторы фиксированного перепада давления, компактные термостаты и др.

Гелиоколлекторы плоского типа с оптимальным соотношением цена-качество с цельнометаллическим штампованным корпусом следует принять к проектированию от словацко-германской компании Thermo|solar Žiar s.r.o. Компания предоставляет на свои солнечные коллекторы гарантию качества на 12 лет. Период эксплуатации установок коллекторов Термосолар длится до 35 лет.

На рис.6 показана общая схема гелиосистемы для 120-ти квартирного 10-ти этажного энергоэффективного жилого дома в г. Гродно. Схема аналогична вышеприведенной с некоторыми изменениями, связанными со значительным уменьшением гидростатического давления. Расширительные баки поз.9 перенесены в тепловой пункт, а теплообменники поз.3 являются разборного типа. В целом, описание работы представленной на рис.6 схемы, является аналогичным схеме рис.5.

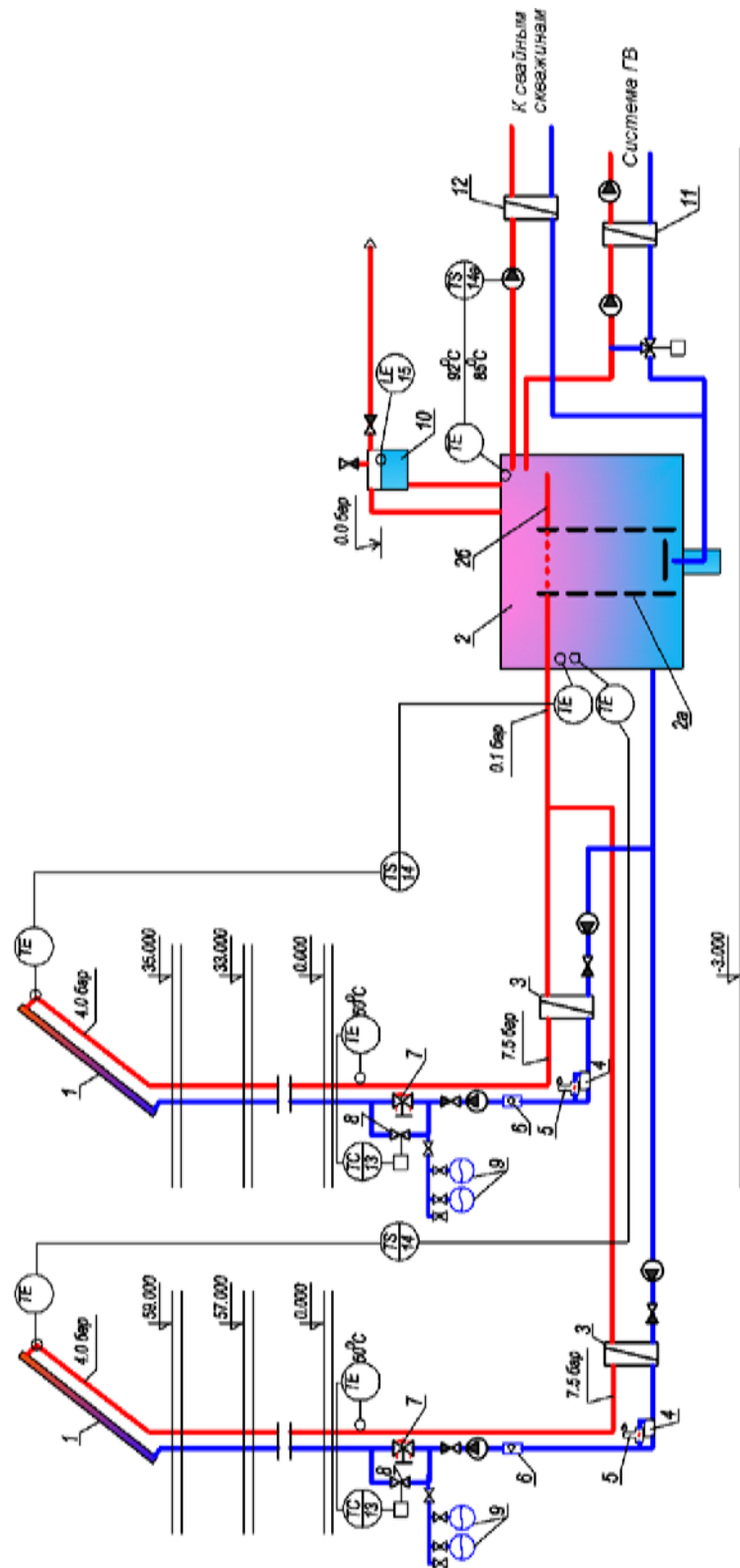


Рис.6. Схема геосистемы 120-ти квартирному 10-ти этажному жилому дому 1-геоколлекторы по 120м<sup>2</sup>; 2-буферный бак 12м<sup>3</sup>; 3-пластинчатые разборные теплообменники; 4-воздухосборник; 5-сепаратор воздушный; 6-визуальный расходомер; 7-балансовый вентиль минимального расчётного расхода; 8-клапан повышения расхода; 9-расширительные баки; 10-расширительный бак; 11-разборный теплообменник горячего водоснабжения; 12-разборный теплообменник для теплоносителя скважины; 13-пропорциональный регулятор; 14(14а)-контроллер геосистемы; 15-датчик уровня системы подпитки.

### 3.4. Рекомендуемые схемы комплексного использования источников тепловой энергии для проектируемых многоэтажных жилых домов

Согласно заданию, для системы горячего водоснабжения в течение годового цикла предусматривается использование следующих источников тепловой энергии:

- утилизатор теплоты сточных вод;
- гелиосистема с гелиоколлекторами тепловой энергии;
- тепловой насос от свайных грунтовых теплообменников;
- теплообменник тепловых сетей.

Источники энергии разделяются на возобновляемые и невозобновляемые. С точки зрения приоритетов их совместного использования следует в максимальной степени использовать возобновляемые, а недостающую энергию получить от невозобновляемых источников (рис.7а).

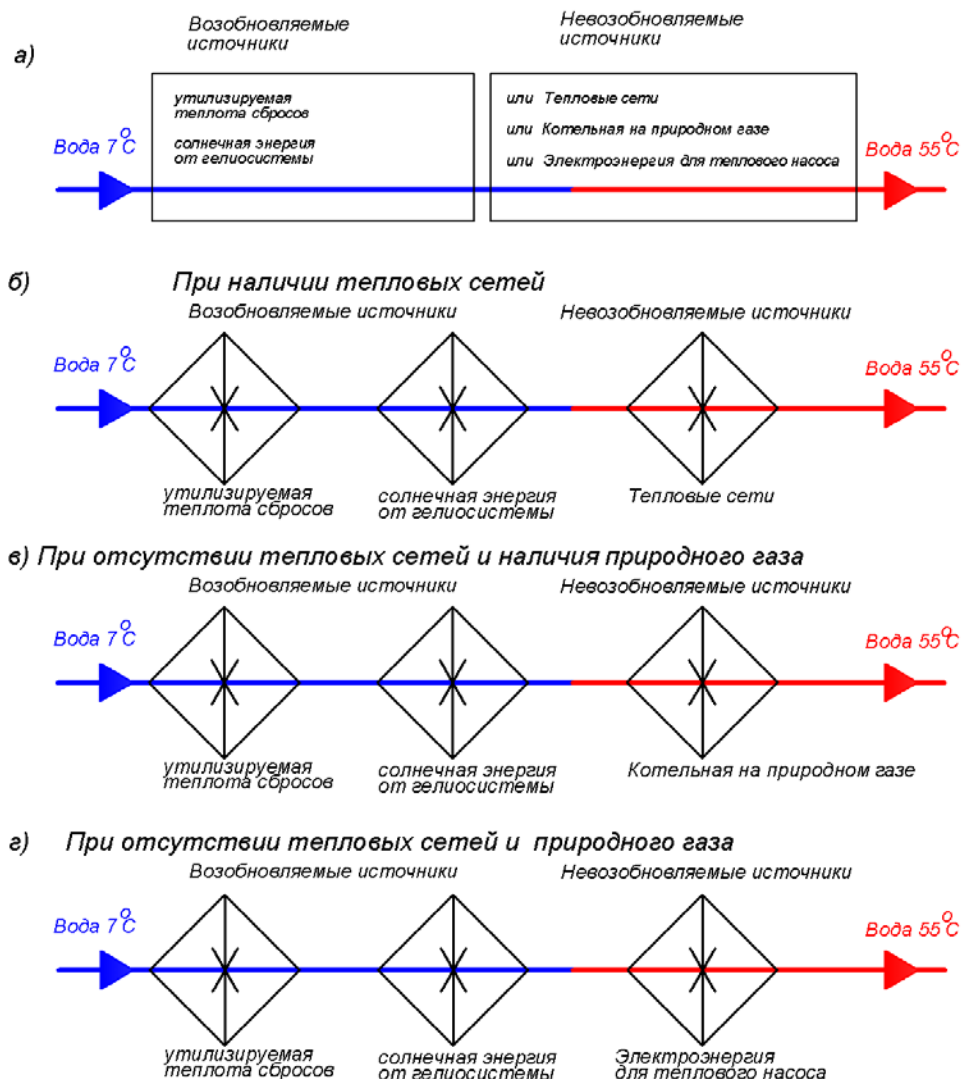


Рис.7. Схема комплексного и приоритетного использования источников тепловой энергии для нагрева воды горячего водоснабжения многоэтажного жилого дома.

Невозобновляемыми источниками тепловой энергии являются:

- тепловые сети от ТЭЦ;
- котельная на природном газе;
- электроэнергия от ТЭЦ, экономическое использование которой целесообразно путём применения теплового насоса.

При проектировании следует принимать только один из них, исходя конкретных исходных условий.

Тепловой насос и тепловые сети следует рассматривать равноценными с точки зрения эксплуатационных затрат. Учитывая существующие тарифы на тепловую и электрическую энергию, стоимость электроэнергии для теплового насоса за год его эксплуатации будет не менее стоимости тепловой энергии тепловых сетей. При этом капитальные затраты на тепловой насос и его техническое обслуживание в сотни раз превышают затраты на оборудование теплового пункта от тепловых сетей. Поэтому экономический показатель годовые совокупные дисконтированные затраты (СДЗ) для теплового насоса значительно выше СДЗ тепловых сетей. Таким образом, тепловой насос следует рассматривать только в качестве альтернативы тепловых сетей (или котельной) при отсутствии тепловых сетей (или котельной). Указанные приоритеты являются прагматичными проектными вариантами для застройщика и представлены схематично на рис.7б, 7в, 7г.

Возобновляемыми источниками тепловой энергии являются:

- утилизируемая теплота сбросов, в данном случае от сточных вод;
- солнечная энергия от гелиосистемы.

Вариант целесообразного приоритетного использования источников тепловой энергии для системы горячего водоснабжения показаны на рис.7.

## 4. Выводы

В представленной работе согласно заданию выполнен анализ состояния дел в области использования гелиосистем горячего водоснабжения и разработан проект рекомендаций для проектирования гелиосистем горячего водоснабжения многоквартирных жилых домов в Республике Беларусь, значительно упрощающий в сравнении с европейскими аналогами проектное решение в части его реализации, а также и в части предстоящей эксплуатации. При этом предлагаются технические решения, повышающие годовую тепловую эффективность гелиосистемы горячего водоснабжения при снижении капитальных затрат. При разработке проекта рекомендаций в максимальной степени принята ориентация на производителей и сервис специалистов Республики Беларусь. По представленному проекту рекомендаций можно сделать следующие выводы:

1. Выбор гелиоколлекторов для данного проекта ПРООН следует ограничить областью плоских коллекторов с одинарным остеклением. Следует принять к проектированию гелиоколлекторы плоского типа с оптимальным соотношением цена-качество с цельнометаллическим штампованным корпусом словацко-германской компании Thermo|solar Žiar s.r.o. Компания предоставляет на свои солнечные коллекторы гарантию качества на 12 лет. Период эксплуатации установок коллекторов Термосолар длится до 35 лет.

2. Буферный бак-аккумулятор емкостью 12м<sup>3</sup> следует изготовить на заводе в Беларуси по индивидуальному проекту. Бак следует изготавливать из котловой или обычной стали. Внутренние элементы бака, предназначенные для поддержания температурного расслоения, следует изготовить из нержавеющей стали. Бак работает под атмосферным давлением, заполняется водой из тепловой сети по датчику уровня, имеет систему аварийной сепарации и сброса пара в атмосферу в случае аварийного закипания воды в баке.

3. Теплообменники пластинчатые с высокими теплотехническими характеристиками следует принять к проектированию от Гомельского завода сантехзаготовок, использующего высококачественные основные комплектующие (пластины и прокладки) германского производителя. При этом размеры теплообменников меньше и цена ниже аналогов белорусского и зарубежного производства.

4. Системы автоматического регулирования (контроллер, датчики температуры, регулирующие клапаны, исполнительные механизмы), а также системы учета тепловой энергии следует заказать белорусского производства - у фирмы «ГРАН-СИСТЕМА С», технический уровень производства которой выше многих зарубежных производителей. При этом решается также чрезвычайно важная проблема систематизированного обслуживания, ремонта и обновления морально устаревающего оборудования.

5. Запорно-регулирующую арматуру и другие устройства высокотемпературного циркуляционного контура коллекторов гелиосистемы следует

принять к проектированию от итальянской фирмы Caleffi. Фирма выпускает специальные запорно-регулирующие и др. устройства для гелиосистем с эксплуатационной температурой до 2000С, и является лидером как по качеству, так и по номенклатуре в данной технической области.

6. Запорно-регулирующую арматуру других контуров следует принять к проектированию от австрийской фирмы HERZ, которая на фоне других фирм отличается наличием новых изделий: термостатические клапаны повышенного сопротивления, компактные регуляторы расхода на малые расходы теплоносителя, компактные регуляторы фиксированного перепада давления, компактные термостаты и др. Оптимальной является также и цена изделий.

7. С точки зрения приоритетного использования источников тепловой энергии следует предусмотреть в проекте следующую последовательность их применения для системы горячего водоснабжения:

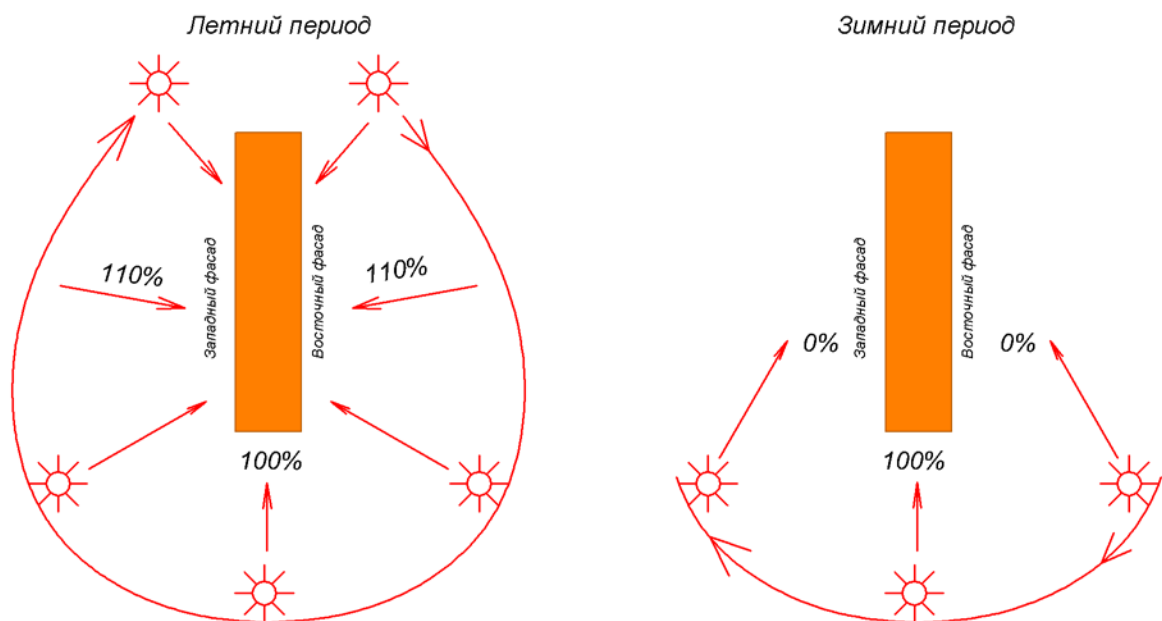
- утилизатор теплоты сточных вод;
- гелиосистема с гелиоколлекторами тепловой энергии;
- тепловой насос от свайных грунтовых теплообменников;
- теплообменник тепловых сетей.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ***П.1. Рекомендации по значительному снижению капитальных затрат и эксплуатационных расходов в летний и зимний периоды эксплуатации жилых зданий за счёт применения «солнечной архитектуры» при проектировании в Беларуси энергоэффективных жилых домов***

Проблемы энергосбережения в Беларуси всегда связывают только с зимним периодом, забывая, что и в летний период года жильцы также должны иметь комфортные условия проживания без дополнительных капитальных и эксплуатационных затрат. Но традиционные архитектурные принципы наших архитекторов вынуждают приобретать холодильную и вентиляционную технику, на эксплуатацию которой расходуется значительное количество электроэнергии и денег. Проблему перегрева помещений архитекторы создают безнаказанно из-за нежелания признать собственную безграмотность, ликвидировать её и ответственно отнестись к проблемам Родины в процессе проектирования жилых зданий. Созданную архитекторами проблему приходится решать сантехникам за счёт средств застройщиков. Можно выделить хотя бы некоторые наиболее грубые ошибки, связанные с незнанием особенностей климата Беларуси.

Летом в течение дня на окна как восточного, так и западного фасадов поступает солнечной энергии в 1,1 раза больше, чем на южный фасад, то есть за сутки на восточный и западный фасады теплопоступления в 2.2 раза выше, чем на южный. Так как в жилой застройке превалируют здания меридианальной ориентации, то исходный радиационный перегрев им изначально обеспечен (рис.П.1).



*Рис.П.1. Схема поступления солнечной энергии на фасады многоэтажного жилого дома меридианальной ориентации в летний и зимний периоды года*

Летний перегрев для таких зданий через окна можно исключить путём формирования фасадов (восточного и западного) в соответствии с простейшими принципами солнечной архитектуры. На рис.П.2а показаны причины перегрева из-за поступления излучения в объем помещения, а на рис.П.2б, П.2в, показаны классические конструкции формирования прагматичных энергоэффективных решений для восточного и западного фасадов.

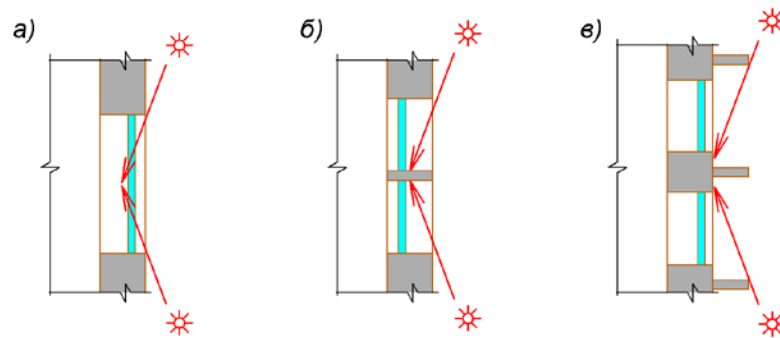


Рис.П.2. Схемы инсоляции окон восточного (западного) фасада:

- а) перегрев помещения через окно при традиционном решении фасада;
- б) вариант солнцезащитного решения путём «заглубления» узких окон;
- в) вариант солнцезащитного решения путём с помощью вертикальных солнцезащитных устройств.

Варианты подобного оформления фасадов можно встретить на известных зданиях г. Минска, например, на корпусе №15 БНТУ на его южном фасаде вместо западного, что является глупостью, в результате которой значительно перегреваются помещения здания, так как южный фасад следует оформлять не вертикальными, а горизонтальными солнцезащитными устройствами.

Отопление солнечным отоплением решается только для зданий широтной ориентации с возможным отклонением на  $+350$  или  $-350$  без изменения теплового эффекта. На основании анализа климата совместно с архитектором А.В.Осененко для условий Беларуси была разработана и опубликована энергоэффективная градостроительная ячейка с домами солнечного пассивного отопления, в которой исключены дороги меридианального направления, дорожное полотно затенено придорожными постройками, а дворы инсолируются в течение всего года (рис.П.3).

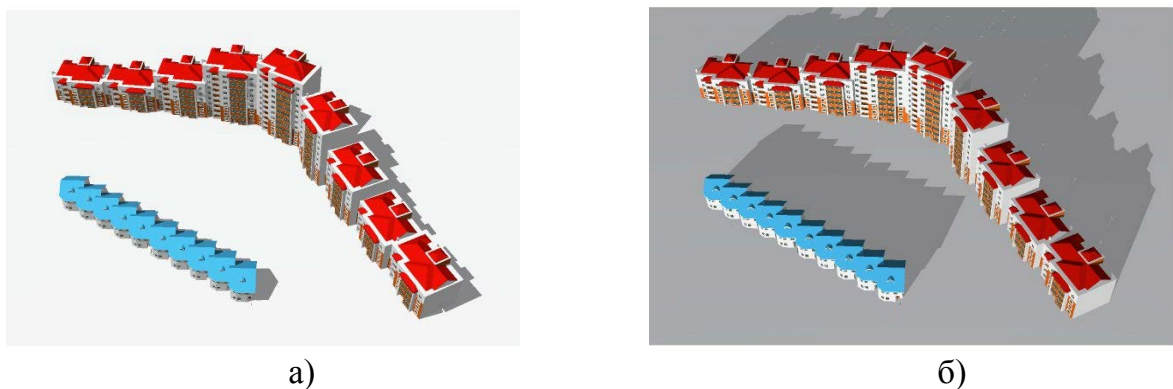
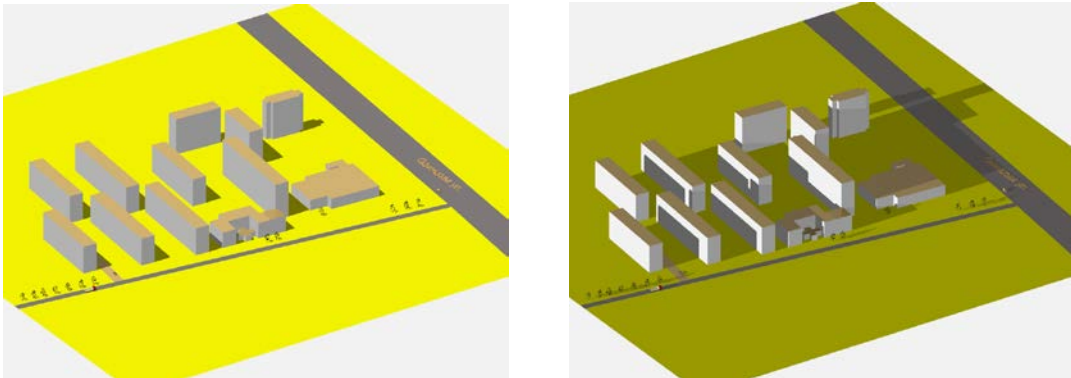


Рис.П.3. Энергоэффективная градостроительная ячейка с домами солнечного пассивного отопления:

- а) характер инсоляции в летний период; б) характер инсоляции в зимний период.



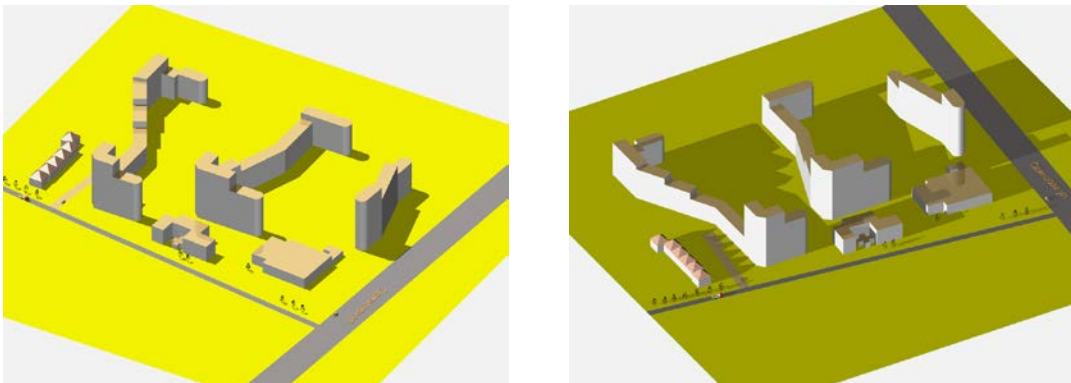
В г.Минске имеются кварталы застройки жилыми домами широтной ориентации, например, по улице Одинцова микрорайона Запад. Совместно с магистрантом А.В.Лариным мы выполнили графический анализ характера инсоляции места застройки, показанный на рис.П.4.



*Рис.П.4. Характер инсоляции квартальной застройки в летний и зимний периоды*

Несмотря на широтную ориентацию зданий, практически исключается использование ими солнечной энергии в зимний период из-за взаимозатененности южных фасадов зданий. Дворы затенены даже в летний период. Явно проявляется непродуманность планировочной застройки, так как жилые здания затеняют не только фасады соседних домов, но и перекрывают доступ солнечному облучению для зданий культурно-образовательного назначения и на прилегающие к ним площадки.

Мы сделали попытку «преобразовать» квартал в направлении создания энергоэффективной солнечной квартальной застройки без изменения её экономических и планировочных удельных показателей (рис.П.5).



*Рис.П.5. Альтернативный вариант квартальной застройки рис.П.4 и характер инсоляции в летний и зимний периоды*

На рис.П.5 представлен альтернативный вариант квартальной застройки того же района Запад, исключая взаимное затенение домов в зимнее время при одновременном сохранении полезной площади застройки. Мы стремились показать необходимость энергоэффективного подхода в градостроении и архитектуре непосредственно самих зданий, что позволяет без дополнительных капитальных затрат получать значительную экономию теплоты и комфортный объём квартала.

## П.2. Рекомендации по проектированию квартирных экономических систем водяного отопления жилых зданий

Практика эксплуатации квартирных систем отопления при всех положительных их качествах выявила серьезные монтажные, пусковые и эксплуатационные проблемы. В совместных исследованиях с инженером А.Г.Рутковским и руководителями компании HERZ Armaturen (Вена) Герхардом Глинцерером и Клаус-Д.Фурманом мы поставили себе целью создать такую технологию проектирования, монтажа и наладки поквартирных систем отопления, которая исключает все существующие вышеуказанные недостатки. Реализация поставленной задачи стала возможной благодаря новым оригинальным разработкам компании HERZ Armaturen, которые появились в последние годы.

Мы разработали проектные и технологические мероприятия отдельно для двухтрубных и для однотрубных горизонтальных поквартирных систем отопления. На рис.П.6 показан поэтажный шкаф управления, состоящий из элементов: РПД 4002FIX и вентили балансовые с измерительной диафрагмой 4017MLF или 4017MMF.

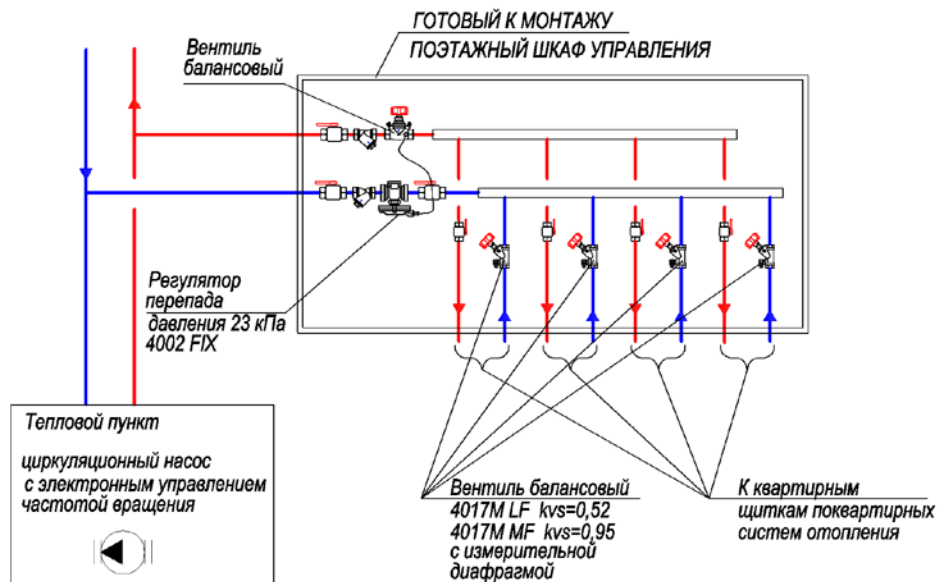


Рис.П.6. Вариант двухтрубной поквартирной системы водяного отопления

Стоимость указанных элементов значительно ниже существующих аналогов. Но основные их достоинства заключаются в гидравлических характеристиках. РПД 4002FIX имеет фиксированную заводскую настройку, в которую невозможно вмешаться. Вентили балансовые с измерительной диафрагмой 4017MLF и 4017MMF предназначены для ограничения расхода теплоносителя на квартиру.

На рис.П.7а показан пример анализа ситуации несанкционированного вмешательства в настройку балансового вентиля. Допустим, для двухкомнатной квартиры расчетный расход составил 80кг/ч. Необходима настройка вентиля на  $n=2,5$ . Если изменить его настройку до полного открытия, то расход увеличится до 120 кг/ч, т.е. в 1,5 раза и не сможет увеличиться до 140 кг/ч с сопротивлением 10кПа, так как РПД 4002FIX ограничивает общие потери давления величиной 23кПа.

На рис.П.7б показан анализ гидравлических характеристик балансового вентиля 4017MMF. Допустим, для четырехкомнатной квартиры расчетный расход составил 150кг/ч. Необходима настройка вентиля на  $n=2,5$ . Если изменить его настройку до полного открытия, то расход увеличится до 210 кг/ч, т.е. в 1,4 раза и не сможет увеличиться до 270 кг/ч с сопротивлением 10кПа, так как РПД 4002FIX ограничивает общие потери давления величиной 23кПа.

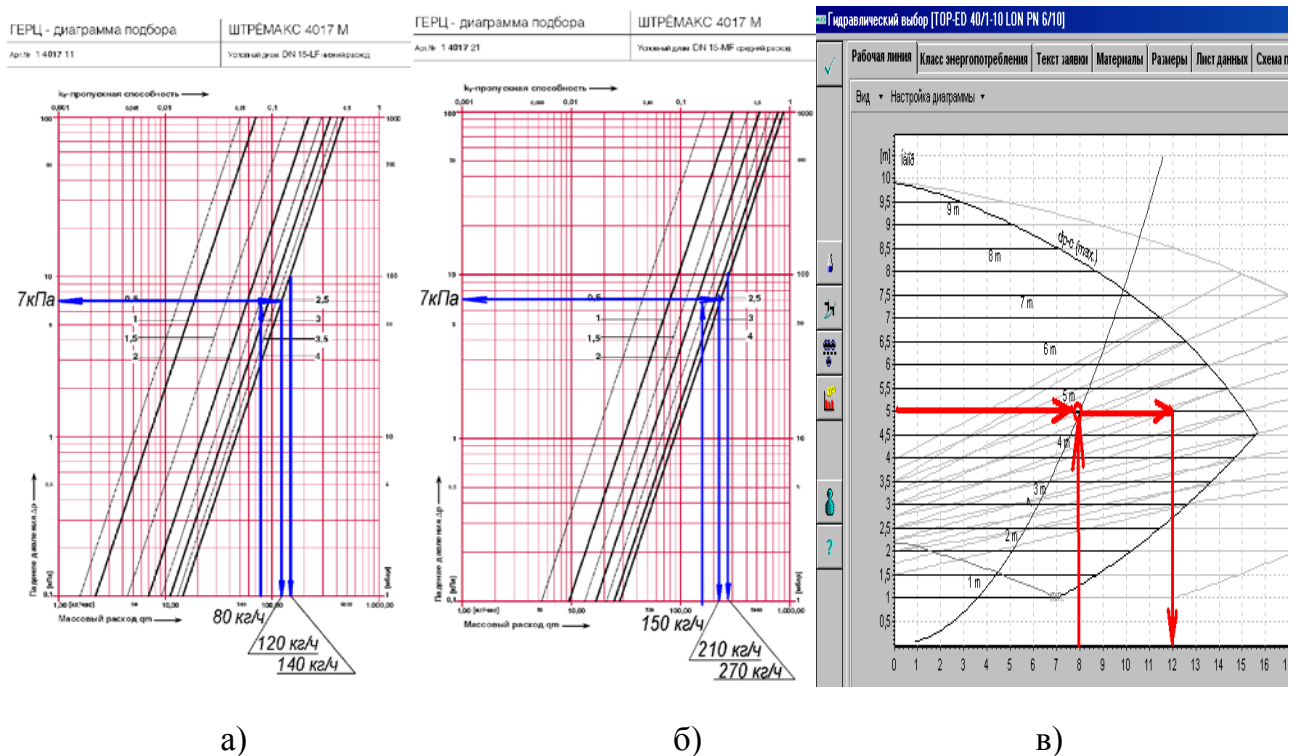


Рис.П.7. Анализ изменения гидравлических характеристик оборудования при несанкционированном вмешательстве жильцов:

- а) характеристики балансового вентиля 4017MLF с измерительной диафрагмой;
- б) характеристики балансового вентиля 4017MMF с измерительной диафрагмой;
- в) реакции циркуляционного насоса с электронным управлением частотой вращения на изменение гидравлической характеристики системы отопления.

Таким образом, при использовании предлагаемого узла управления устраняются все недостатки существующих поквартирных систем: упрощается монтаж из унифицированных поэтажных шкафов управления, исключается влияние несанкционированного вмешательства на работоспособность системы, снижается стоимость системы, сокращаются сроки ее монтажа и наладки.

Экономичность и надежность двухтрубной системы отопления мы рекомендуем обеспечить применением нестандартного по своим гидравлическим характеристикам термостатического клапана ГЕРЦ-TS-FV, выпускаемого в виде проходного и углового клапана (рис.П.8а). Анализ гидравлических характеристик клапана ГЕРЦ-TS-FV показан в виде примера на рис.П.8б. Клапан имеет возможность гидравлической преднастройки на заданный расчетный расход теплоносителя. Показан пример определения его преднастройки при расчетных расходах через радиатор 32кг/ч ( $n=4,3$ ) и 47кг/ч ( $n=5,5$ ). Уникальность клапана ГЕРЦ-TS-FV

заклучается в его очень низкой пропускной способности и, соответственно высоком сопротивлении даже при полном открытии преднастройки. На рис.П.8б показано, что при полном открытии преднастройки расход теплоносителя увеличится до 60кг/ч, т.е. не более, чем в 1,5 раза. Максимально возможный расход можно характеризовать величиной 120 кг/ч.

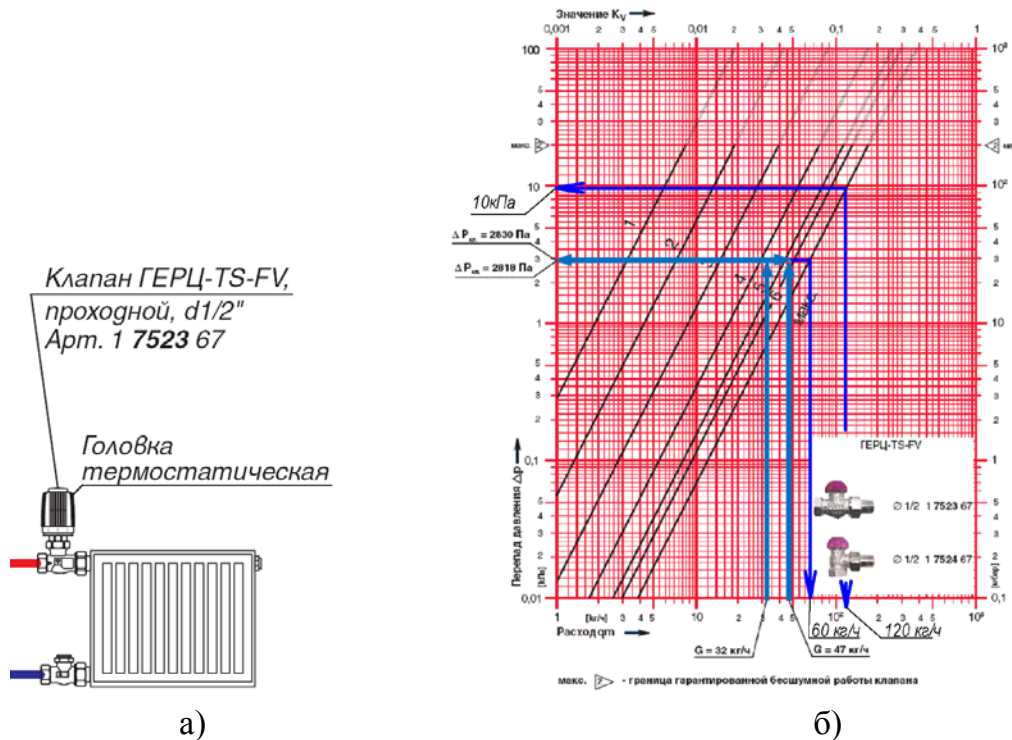


Рис.П.8. Применение клапана ГЕРЦ-TS-FV для двухтрубной системы отопления:  
 а) обвязка радиатора двухтрубной системы отопления с применением клапана ГЕРЦ-TS-FV;  
 б) анализ гидравлических характеристик термостатического радиаторного клапана ГЕРЦ-TS-FV

При наличии в квартире не более 5...6-ти отопительных приборов рекомендуем применять однотрубную систему квартирного отопления как наиболее простую в монтаже, очень простую в наладке и устойчивую по своим тепловым и гидравлическим характеристикам.

На рис.П.9 показан предлагаемый вариант однотрубной поквартирной системы отопления. Применяется разработанное нами изделие – готовый к монтажу унифицированный поэтажный шкаф управления с использованием квартирных расходов регуляторов расхода 4006MLF (20-100кг/ч), 4006MF (40-200кг/ч), 4006DN15 (80-400кг/ч)

Такой вариант готового к монтажу поэтажного шкафа управления полностью исключает возможность гидравлической разрегулировки системы отопления, так как автоматические регуляторы расхода при любых обстоятельствах обеспечивают расчетные расходы теплоносителя на каждую из квартир.

Система обеспечивает качественную гидравлическую наладку и устойчивый энергоэффективный режим работы системы отопления.

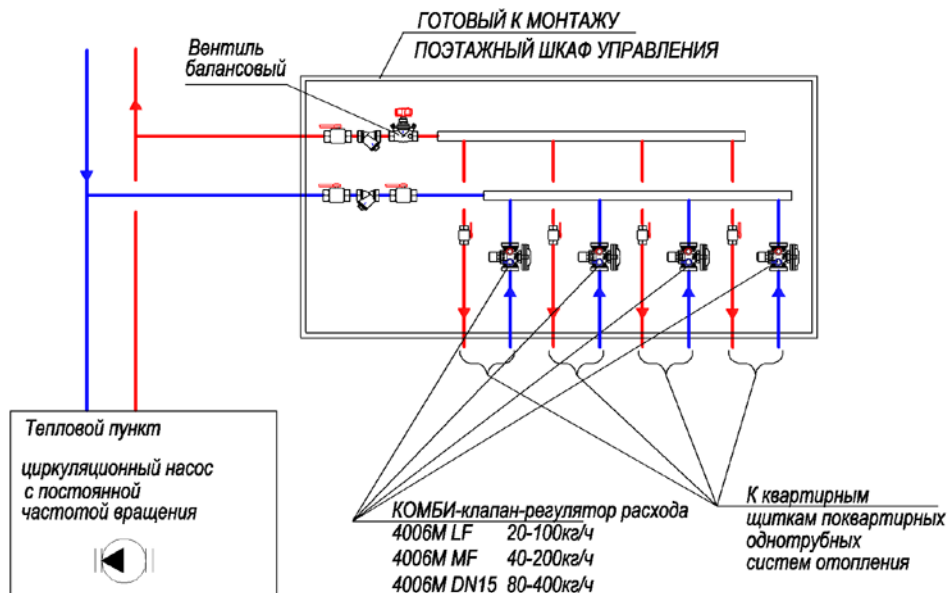


Рис.П.9. Однотрубная поквартирная система водяного отопления

### П.3. Рекомендации по проектированию квартирных экономичных систем воздушного отопления жилых зданий с утилизацией теплоты удаляемого воздуха

Среди тиражируемых проектировщиками ошибок можно выделить следующие:

**Ошибка 1.** Расчётные максимальные расходы воздуха принимаются равными минимальному требуемому воздухообмену. В результате, расчетные расходы получаются заниженными почти в 2 раза. Такая ошибка приводит к завышенному расходу электроэнергии или тепловой энергии, расходуемой системой отопления. Расчётный максимальный расход воздуха следует определять, задаваясь требуемым тепловым потоком и температурой приточного воздуха не более 40<sup>0</sup>С. В качестве примера на рис.П.10 приведен пример проекта с ошибками, а на рис.П.11 пример предлагаемого варианта проекта.

**Ошибка 2.** Не уделяется должного внимания техническим приёмам по созданию неразрывности потока. Следует применять специальные переточные устройства, устанавливаемые в перегородках между комнатами. Такие устройства не передают звук и свет из соседнего помещения и обеспечивают переток воздуха при «герметичном» дверном полотне (рис.П.10, П.11).

**Ошибка 3.** Не обеспечивается самостоятельной механической вентиляцией ванная комната, что допускается при естественной вентиляции и недопустимо при проектировании механической вентиляции (рис.П.10, П.11).

**Ошибка 4.** Следует применять окна только с поворотными завесами без устройства микропроветривания и без возможности открывания верхней части полотна.

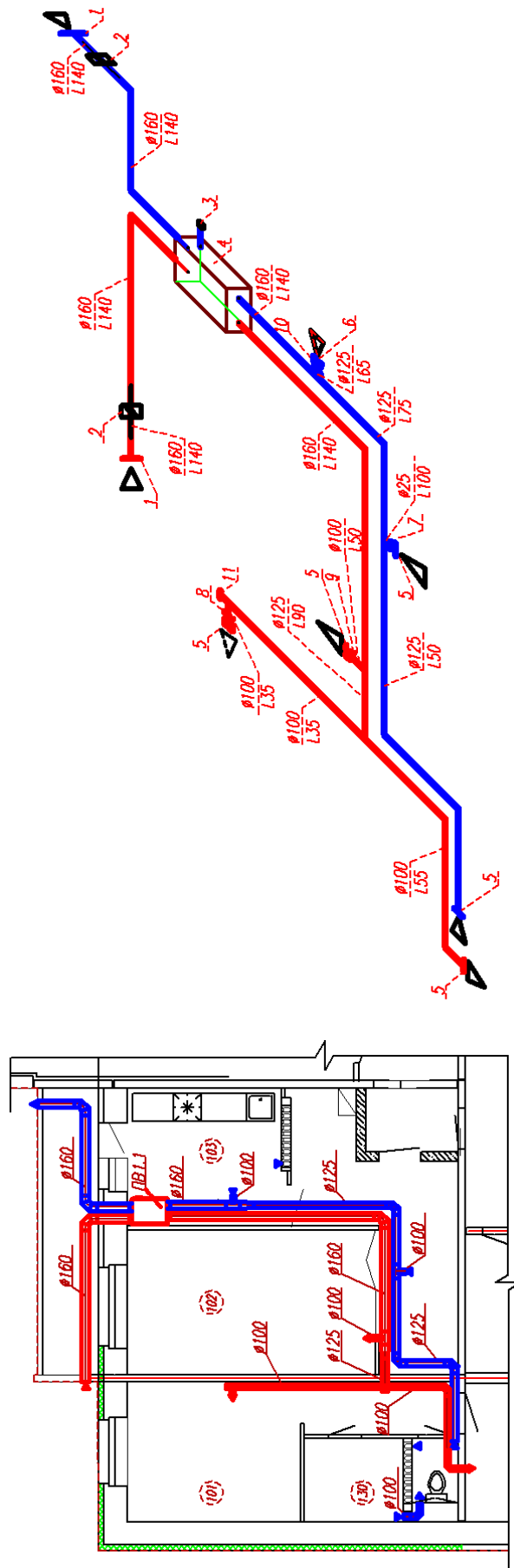


Рис.П.10. Пример проекта отопления квартиры с тиражируемыми ошибками

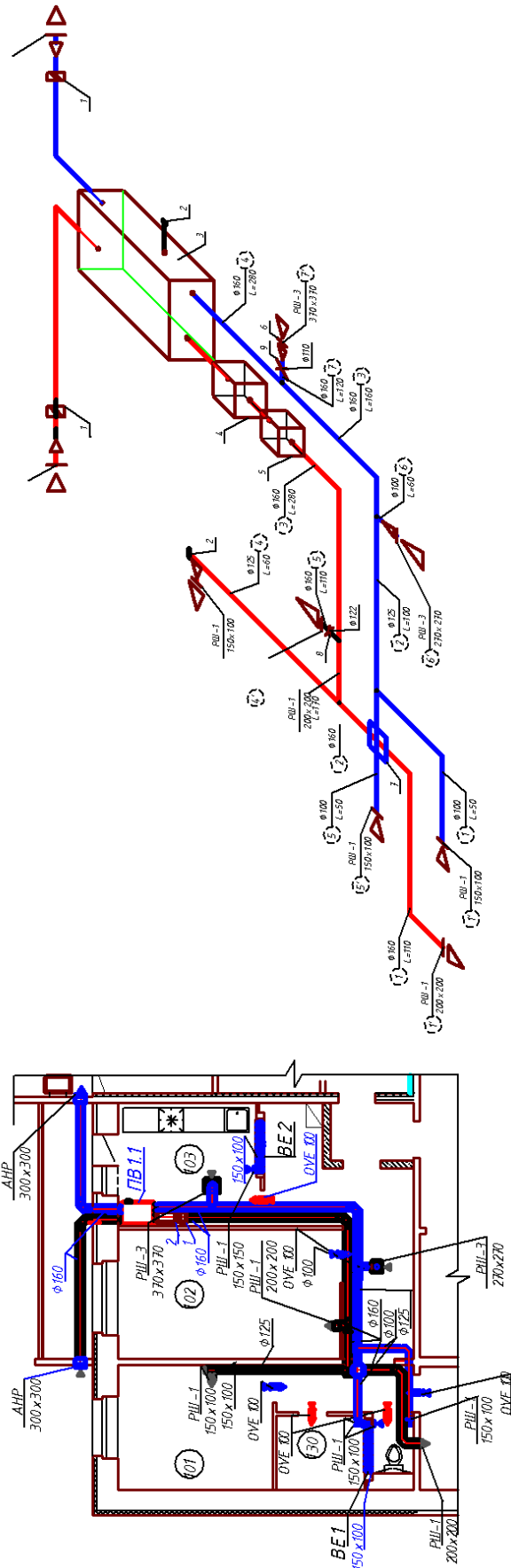
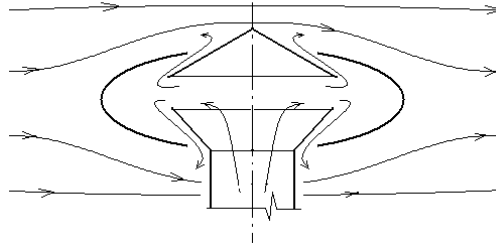


Рис.П.11. Пример предлагаемого варианта проекта отопления квартиры

#### ***П.4. Рекомендации по проектированию элементов эффективной системы естественной вентиляции жилых зданий***

Проблемой естественной вентиляции является её отсутствие в летний период и значительное увеличение воздухообмена, в 2..3 раза превышающее требуемый воздухообмен – зимний период.

Проблема решается путем применения дефлектора аэродинамического обтекания (рис.П.12).



*Рис.П.12. Схема дефлектора аэродинамического обтекания для удаления воздуха из здания.*

Дефлектор монтируется на вертикальных вытяжных шахтах. Предлагаемое решение неоднократно применялось в проектной практике автора. Прогнозируемый эффект имел место во всех реализованных решениях без использования комнатных вентиляторов в любой период года.