

ПРООН/ГЭФ
Проект №00077154

«Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике
Беларусь»

**Предпроектные исследования в плане применимых архитектурно-
планировочных решений зданий, технических и конструктивных
решений, технических устройств, установок и оборудования для
повышения энергоэффективности отопления и горячего водоснабжения
с использованием солнечных нагревателей в пилотных жилых зданиях
г.г. Гродно и Минска**

(этап 1.2)

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

В.В. Покотилов

Минск
июль 2014

Содержание

	стр.
1.Предпроектные исследования в плане применимых технических и конструктивных решений, технических устройств, установок и оборудования с использованием солнечных нагревателей	3
1.1 Гелиоколлектор	3
1.2 Оборудование гелиосистемы	4
1.3 Узел врезки гелиосистемы	6
2.Предпроектные исследования в плане применимых архитектурно-планировочных решений зданий и систем теплоснабжения	7
2.1 Результаты теплового расчета здания	8
2.2 Обоснование выбора инженерных систем микроклимата	11
2.3 Подбор оборудования системы отопления	11
2.4 Гидравлический расчет системы отопления	13
2.5 Подбор отопительных приборов	17
2.6 Подбор оборудования гелиосистемы горячего водоснабжения	18
2.7 Расчет поступления солнечной радиации через окна	21

1.Предпроектные исследования в плане применимых технических и конструктивных решений, технических устройств, установок и оборудования с использованием солнечных нагревателей

Гелиосистему многоквартирного энергоэффективного жилого дома рассмотрим в трёх её составляющих с точки зрения предпроектного анализа с целью выбора к проектированию оптимального варианта по единовременным и эксплуатационным расходам. Этими составляющими примем:

- 1.Тепловоспринимающий комплект солнечных коллекторов.
- 2.Оборудование гелиосистемы, в том числе трубопроводы и автоматика.
- 3.Узлы врезки гелиосистемы в теплопотребляющие узлы энергоэффективного жилого дома.

1.1.Гелиоколлектор

Для рассматриваемых домов предусматривается расположение плоских гелиоколлекторов на кровле здания. Угол наклона коллектора является оптимальным:

- для гелиосистемы тёплого периода года 40...45град.
- для гелиосистемы круглогодичного применения 50...55град.

На рис.1 показаны варианты размещения тепловых гелиоколлекторов на плоской кровле здания при углах наклона 40 град. и 55 град.

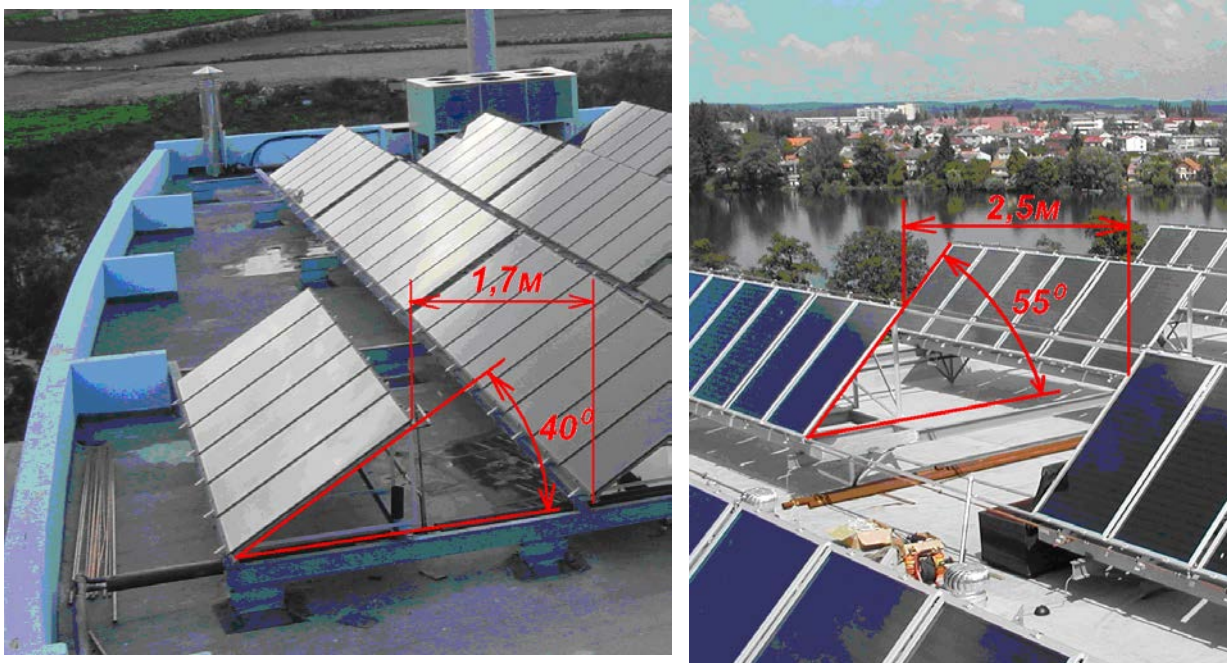


Рис.1. Варианты размещения тепловых гелиоколлекторов на плоской кровле здания при углах наклона 40 град. и 55 град.

Ранее проведенный сравнительный анализ характеристик плоских и трубчатых гелиоколлекторов, обычных и с теплоизолирующим светопрозрачным покрытием, а также построения, показанные на рис.1, позволяют сделать следующие выводы:

1.Требуемая площадь кровли для размещения плоских гелиоколлекторов при угле наклона 40 град. в **1,5 раза меньше**, чем при угле наклона 55 град.

2.Требуемая площадь кровли для размещения плоских гелиоколлекторов при угле наклона 40 град. в **2,2 раза меньше** в сравнении с вакуумированными трубчатыми коллекторами, установленными под углом 55 град.

3.Оптимальным для рассматриваемого проекта является вариант размещения на кровле плоских гелиоколлекторов с углом наклона 40 град.

1.2.Оборудование гелиосистемы

На рис.2 показана тепловая схема гелиосистемы для проектируемых жилых домов в г.г. Гродно и Минске.

В данном проектном решении решены традиционные проблемы, возникающие при проектировании и эксплуатации подобных систем без ущерба для характеристик системы. Более того, годовая теплопроизводительность гелиосистемы может быть почти в 1,5 раза выше за счёт эффективного использования малой интенсивности излучения в облачный период, а также в утренние и вечерние часы. Циркуляционные насосы P1.1 и P1.2 приняты с электронным управлением частотой вращения с корпусом из нержавеющей стали, с «мокрым ротором». Максимальная расчётная подача насоса 11м³/ч (50л/ч на 1м²)с изменением этого расхода в диапазоне 11...5 м³/ч под воздействием пропорционального регулятора и клапана поз.8. (см. характеристику насоса на рис.2).

Насосы P2 и P3 принимаются с постоянной частотой вращения с корпусом из чугуна, с «мокрым ротором». Буферный бак-аккумулятор поз.2 ёмкостью 12м³ следует изготовить из стали с холодным оцинкованием внутренних поверхностей или из нержавеющей стали толщиной 2мм. Внутренние элементы бака изготовить из нержавеющей стали. Размеры бака без теплоизоляции диаметром 2,4м и высотой 2,5м вписываются в размеры габаритных грузов для перевозки автотранспортом. Расширительный бак ёмкостью 1000литров поз.10 изготовить из нержавеющей стали с размерами 1200x800x1000мм.

Теплообменник поз.11 располагается в тепловом узле горячего водоснабжения жилого дома и служит для врезки гелиосистемы в тепловой узел жилого дома.

1.3. Узел врезки гелиосистемы

На рис. 3 показано проектное решение схемы врезки теплоснабжения от теплового насоса в тепловой узел к системе горячего водоснабжения.

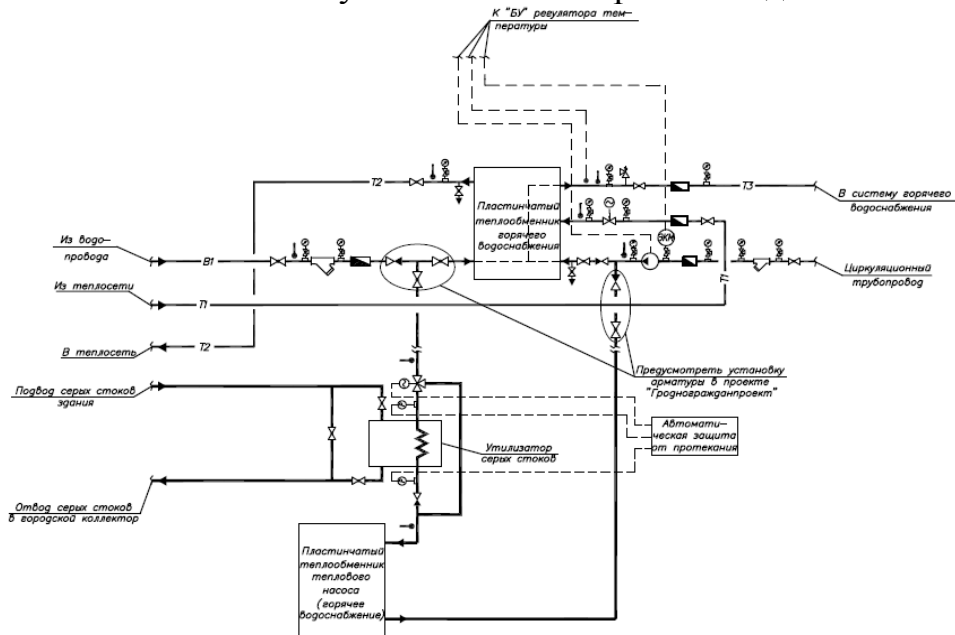


Рис.2. Проектное решение схемы врезки теплоснабжения от теплового насоса в тепловой узел к системе горячего водоснабжения жилого дома

По аналогии с данным решением предлагается изменённая схема врезки с применением гелиосистемы горячего водоснабжения (рис.3).

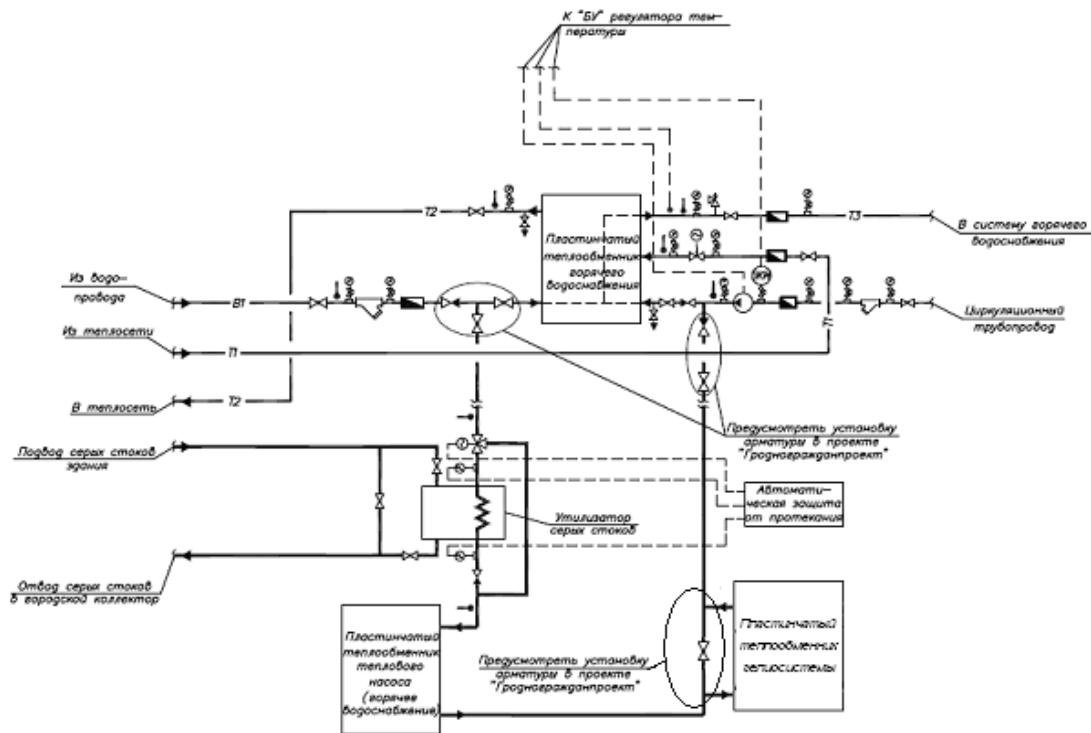
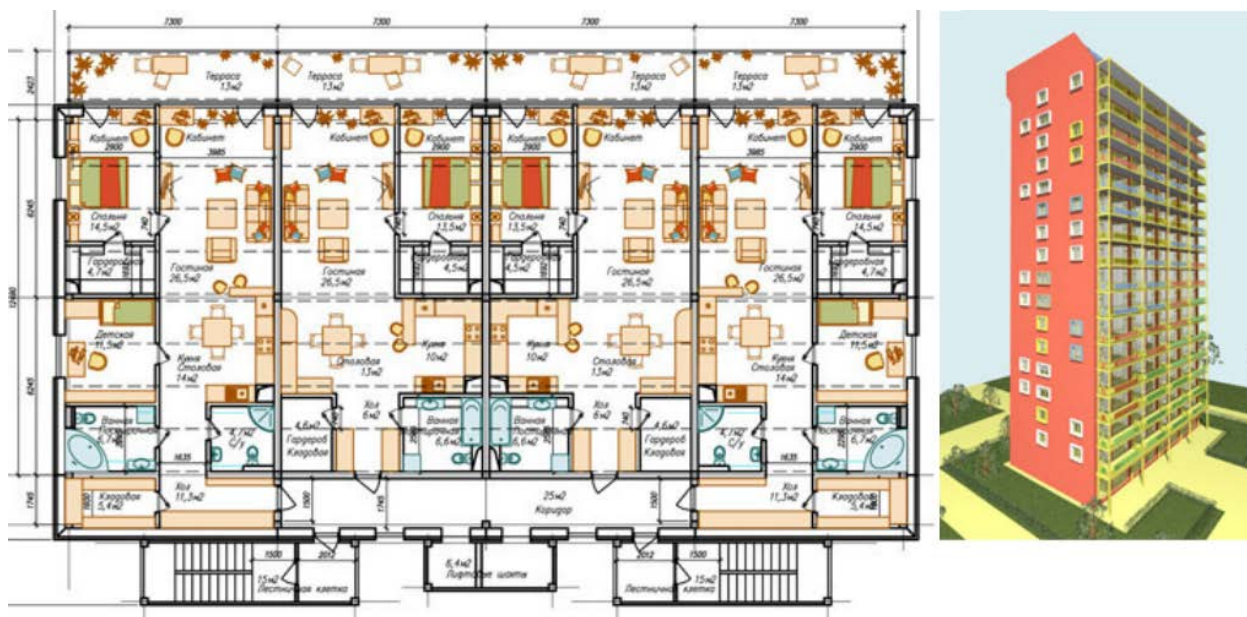


Рис.3. Изменённая схема врезки с гелиосистемой горячего водоснабжения

2. Предпроектные исследования в плане применимых архитектурно-планировочных решений зданий и систем теплоснабжения

Энергоэффективный подход в градостроении и особенно в архитектуре непосредственно самих зданий позволяет без дополнительных капитальных затрат получать значительную экономию теплоты и комфортный объём квартала.

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. Из близких для Беларуси стран ярко выделяется своими работами в данной области архитектор из Киева Татьяна Эрнст. По сути она создаёт шедевры в области солнечной архитектуры как в виде проектов, так и в широкой реализации в Украине, России, Казахстане и др. Чтобы опробовать разработанные нами методики теплотехнического, гидравлического расчетов и предлагаемых нами методологий проектирования мы выполнили проектные работы для условий г. Минска на базе эскизов дома солнечной архитектуры архитектора Татьяны Эрнст.



В здании солнечной архитектуры все жилые комнаты ориентированы на юг, с этой стороны есть приставные террасы, которые защищают от высокого летнего солнца, а зимой солнечная энергия хорошо проникает в помещения, через остекление максимально возможного размера. На плоской кровле, а также на наклонной части крыши с южной стороны дома размещены гелиоколлекторы.

С северной стороны располагается коридор-холл с минимальным остеклением, который защищает дом от северных ветров. Также с северной

стороны к дому приставляются неотапливаемые лестничные клетки и лифтовая шахта. В конструктивных узлах здания отсутствуют теплопроводные «мостики».

Внутренние стены в квартирах выполнены из кирпича и покрыты мокрой штукатуркой для аккумуляции теплоты. Перегородки между квартирами сделаны из кирпича и минваты между ним для звукоизоляции.

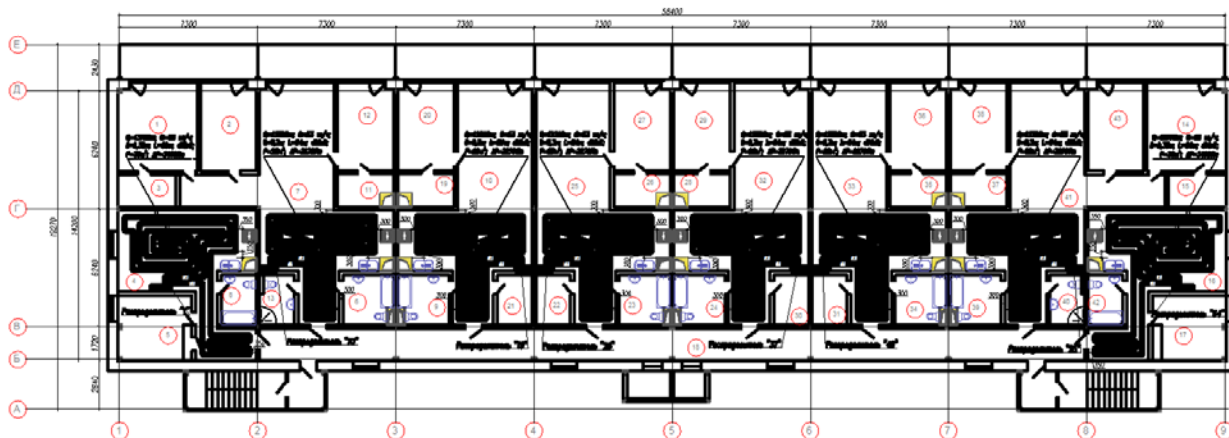
Под окнами сделаны широкие бетонные подоконники для аккумуляции теплоты. На них так же жильцы могут размещать цветы в горшках, которые так же будут аккумулировать теплоту.

2.1. Результаты теплового расчета здания

Теплоснабжение системы отопления осуществляется от тепловых насосов и тепловых сетей. Запроектирована низкотемпературная система отопления с параметрами теплоносителя 50/40°C. Система низкотемпературного водяного отопления позволяет использовать низкотемпературные источники тепла, например, тепло грунта или сточных вод с помощью тепловых насосов.

Для горячего водоснабжения используется теплота солнца, преобразованная в гелиоколлекторах, расположенных на крыше здания.

План 1 этаж. Напольное отопление



План 1 этаж. Конвективное отопление



Рис.4. Планы 1 этажа с системами отопления напольной и конвективной

Таблица 1– Расчет реальной суммарной солнечной радиации, поступающей в помещение

	Месяцы года											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Суммарная солнечная радиация (СНБ), МДж/м ²	128	196	339	295	345	345	339	334	290	182	84	71
Радиация, поступающая в помещение через 1 м ² площади остекления без учета затененности, МДж/м ²	101	155	268	233	273	273	268	264	229	144	66	56
Радиация, поступающая через остекление южного фасада без учета затененности (окна и двери), МДж	830 6	1274 7	2204 0	1916 2	2245 2	2245 2	2204 0	2171 1	1883 3	1184 3	542 8	460 5
Радиация, поступающая через остекление южного фасада с учетом затененности, МДж	825 8	1249 0	1959 8	1360 7	1152 2	8519	9563	1355 4	1537 2	1138 4	537 1	459 4

Таблица 2 – Результаты теплового расчета

Город	Обозначение	Месяц												За год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Минск 54 ⁰ сш	t _{ni}	-6,9	-6,4	-2,2	5,3	12,6	16	17,8	16,2	11,6	5,6	0	-4,5	5,5
N=202сут, t ₅ =-24 ⁰ С	D _{+8С}	772	683	626	381	-	-	-	-	-	384	540	698	4084
	Q, МДж						-	-	-					
Суммарная солнечная радиация (СНБ), МДж/м ²		128	196	339	295	345	345	339	334	290	182	84	71	2948
Радиация, поступающая в помещение через 1 м ² площади остекления без учета затененности, МДж/м ²		101	155	268	233	273	273	268	264	229	144	66	56	2330
Радиация, поступающая через остекление южного фасада без учета затененности (окна и двери), МДж		8306	12747	22040	19162	22452	22452	22040	21711	18833	11843	5428	4605	191619
Радиация, поступающая через остекление южного фасада с учетом затененности, МДж		8258	12490	19598	13607	11522	8519	9563	13554	15372	11384	5371	4594	133832
Суммарный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию Q _s , МДж		172330	151131	126122	50904	-	-	-	-	-	49531	101226	148910	800152
Разность между теплопотерями и теплопоступлениями от солнца, МДж		164072	138641	106524	37297	-	-	-	-	-	38147	95855	144316	724850

2.2. Обоснование выбора инженерных систем микроклимата

Систему отопления принимаем двухтрубную с нижней разводкой магистралей, так как она более гидравлически устойчива и удобнее в эксплуатации в связи с размещением запорно-регулирующей и спускной арматуры на одном этаже.

Поквартирное водяное отопление многоэтажного здания реализуем в виде горизонтальных двухтрубных систем отопления каждой квартиры, присоединяемых через квартирные распределители к поэтажному распределителю, подключаемому к транзитным стоякам отопления. Присоединение отопительных приборов боковое двухстороннее. Трубопроводы прокладываем в полу, а при подводке к отопительным приборам, они проходят в стене.

Принимаем низкотемпературную систему отопления с температурой теплоносителя 50/40С. Это позволяет использовать низкопотенциальные, возобновляемые источники энергии, например, тепловые насосы.

Низкотемпературная система отопления в сравнении с другими системами имеет значительные преимущества:

- ввиду более высокой радиационной температуры помещения повышается качество теплового комфорта для человека, при этом снижается температура воздуха и, соответственно, снижаются теплопотери через наружные ограждения;

- из-за более низкой температуры поверхностей отопительных приборов значительно снижается скорость свободноконвективных потоков и, как следствие, значительно снижается запылённость воздуха в помещении;

- использование низкотемпературной системы отопления позволяет увеличить энергоэффективность применяемых невозобновляемых и возобновляемых источников тепловой энергии. Востребованность возобновляемых источников энергии связана с экологическими проблемами, с непрерывным ростом стоимости невозобновляемых источников, а также и с осознанием конечности их добычи.

Систему вентиляции принимаем механическую с утилизацией тепла уходящего воздуха. Теплый воздух, удаляемый из помещения, в теплообменнике отдает большую часть своего тепла холодному приточному воздуху. Принимаем приточно-вытяжные агрегаты с пластинчатым теплообменником, так как отсутствует переток воздуха.

2.3 Подбор оборудования системы отопления

Квартирный распределитель, показанный на рис.5, включает в себя запорную арматуру для системы отопления квартиры, квартирный теплосчетчик ультразвуковой Струмень ТС-07-К6. На обратке устанавливается вентиль балансировочный с измерительной диафрагмой 4017ММФ.

На обратном трубопроводе контура напольного отопления установлен термостатический клапан ГЕРЦ TS-90с головкой-ограничителем ГЕРЦ-

4002FIX ограничивает общие потери давления величиной 23кПа. При правильном подборе циркуляционного насоса с электронным управлением частоты вращения по задаваемому перепаду давления, произойдет перемещение рабочей точки с изменением подачи насоса. Таким образом, исключается влияние несанкционированного вмешательства на работоспособность системы.

Отопительные приборы размещены открыто, под световыми проемами, в некоторых местах они размещены и у стен. В качестве отопительных приборов в проекте приняты стальные панельные радиаторы «Лидея». Для индивидуальной регулировки теплоотдачи отопительного прибора на подводках предусматривается установка термостатических клапанов ГЕРЦ-TS-90-V.

2.4. Гидравлический расчет системы отопления

Гидравлический расчет выполняем отдельно для систем отопления от поэтажных распределителей (между распределителем и отопительными приборами) и отдельно для системы теплоснабжения поэтажных распределителей (между тепловым пунктом и распределителями).

Система теплоснабжения поэтажных распределителей выполняется из труб стальных водогазопроводных (при $d \leq 50$ мм) и электросварных (при $d > 50$ мм), системы отопления от распределителей - из труб металлополимерных.

Гидравлический расчет системы теплоснабжения поэтажного распределителя «И» производим в следующем порядке:

Расчетное циркуляционное кольцо разбиваем на участки.

Для участков расчетного циркуляционного кольца определяем тепловые нагрузки $Q_{уч}$, Вт, и длины $l_{уч}$, м.

По номограмме гидравлического расчета принимаем диаметры участков $d_{уч}$, мм, исходя из того, чтобы величина скорости воды в трубопроводе w находилась в пределах от 0,3 до 0,5 м/с, и удельные потери на трение R не более 100Па/м.

Гидравлический расчет системы отопления от поэтажного распределителя «И» приведен в таблице 3, а расчетная схема на рис.6.

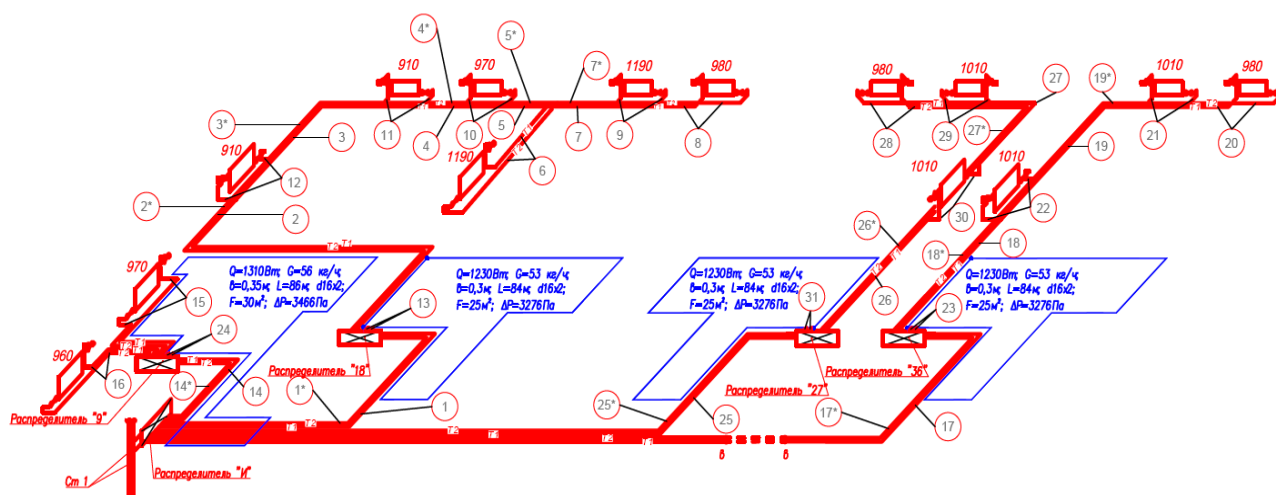


Рис.6 Схема системы отопления от поэтажного распределителя «И»

Таблица 3– Гидравлический расчет системы отопления от поэтажного распределителя «И»

№ уч.	Q _t , Вт	G _{уч.} , кг/ч	l _{уч.} , м	d _{у.} , мм	v, м/с	R, Па/м	Rl _{уч.} , Па	Σξ	R _д , Па	Z, Па	ΔP _{уч.} , Па
Основное циркуляционное кольцо через напольное отопление Q=1310Вт, распределителя "9"											
14	3 240	279	4,9	20x2	0,35	120	588	6,0	61,3	368	5956
24	1 310	56	86	16x2	0,14	31	3466				11173
14*	3 240	279	4,2	20x2	0,35	120	504	6,0	61,3	368	5872
Общее сопротивление основного циркуляционного кольца ΣΔP _{руч}											23000
Циркуляционное кольцо через прибор Q=970Вт, распределителя "9"											
Расп.уч.15 = ΔP _{руч.24} =11173 Па											
15	970	83	8,3	16x2	0,19	62	515	18,0	18,1	325	840
потери давления в трубопроводах ΣΔp _{руч.}											840
Требуемое значение (ΣΔP _{кл})рег.уч.15 = 11173-840=10333 Па											
Циркуляционное кольцо через прибор Q=960Вт, распределителя "9"											
Расп.уч.16 = ΔP _{руч.24} =11173 Па											
16	960	83	6,7	16x2	0,19	62	415	18,0	18,1	325	740
потери давления в трубопроводах ΣΔp _{руч.}											740
требуемое значение (ΣΔP _{кл})рег.уч.16 =11173 - 740 = 10433 Па											
Циркуляционное кольцо через прибор Q=1190Вт, распределителя "18"											
Расп.уч.1,1*,2,2*,3,3*,4,4*,5,5*,6 = ΔP _{руч.14,14*} ,24=23000 Па											
1	7 380	635	11,9	40x3,5	0,23	23	274	4,5	26,5	119	5393
2	6 150	529	13,3	32x3	0,31	54	718	4,0	48,1	192	910
3	5 240	451	4,9	32x3	0,27	41	201	1,0	36,5	36	237
4	4 330	372	2,6	32x3	0,22	31	81	1,0	24,2	24	105
5	3 360	289	3,3	26x3	0,28	58	191	1,0	39,2	39	231
6	1 190	102	7,0	18x2	0,18	45	315	15,0	16,2	243	558

5*	3 360	289	2,3	26x3	0,28	58	133	1,0	39,2	39	173
4*	4 330	372	2,6	32x3	0,22	31	81	1,0	24,2	24	105
3*	5 240	451	5,1	32x3	0,27	41	209	1,0	36,5	36	246
2*	6 150	529	14,0	32x3	0,31	54	756	4,0	48,1	192	948
1*	7 380	635	11,1	40x3,5	0,23	23	255	3,5	26,5	93	5348
потери давления в трубопроводах $\Sigma\Delta_{\text{руч}}$.											14253
требуемое значение ($\Sigma\Delta_{\text{Ркл}}$)рег.уч.6 = 23000 - 14253 = 8747 Па											
Циркуляционное кольцо через прибор Q=1190Вт, распределителя "18"											
Ррасп.уч.7,7*,9 = $\Delta_{\text{Руч.6}} = 558+8747 = 9305$ Па											
7	2 170	187	1,4	20x2	0,27	70	98	1,0	36,5	36	134
9	1 190	102	0,9	18x2	0,18	45	41	13,5	16,2	219	259
7*	2 170	187	2,4	20x2	0,27	70	168	1,0	36,5	36	204
потери давления в трубопроводах $\Sigma\Delta_{\text{руч}}$.											598
Требуемое значение ($\Sigma\Delta_{\text{Ркл}}$)рег.уч.9 = 9305-598 = 8707 Па											
Циркуляционное кольцо через прибор Q=980Вт, распределителя "18"											
Ррасп.уч.8 = $\Delta_{\text{Руч.9}} = 8707+259 = 8966$ Па											
8	980	84	5,1	16x2	0,2	62	316	12	19,7	237	553
потери давления в трубопроводах $\Sigma\Delta_{\text{руч}}$.											553
Требуемое значение ($\Sigma\Delta_{\text{Ркл}}$)рег.уч.8 = 8966-553= 8413 Па											
Циркуляционное кольцо через прибор Q=970Вт, распределителя "18"											
Ррасп.уч.10 = $\Delta_{\text{Руч.6,5,5}^*} = 231+558+173+8747 = 9708$ Па											
10	970	83	0,9	16x2	0,19	62	56	10,5	17,8	187	243
потери давления в трубопроводах $\Sigma\Delta_{\text{руч}}$.											243
Требуемое значение ($\Sigma\Delta_{\text{Ркл}}$)рег.уч.10 = 9708-243 = 9465 Па											
Циркуляционное кольцо через прибор Q=910Вт, распределителя "18"											
Ррасп.уч.11 = $\Delta_{\text{Руч.6,5,5}^*,4,4}^* = 9708+105+105 = 9918$ Па											
11	910	78	0,9	16x2	0,18	55	50	10,5	16,0	168	217
потери давления в трубопроводах $\Sigma\Delta_{\text{руч}}$.											217
Требуемое значение ($\Sigma\Delta_{\text{Ркл}}$)рег.уч.11 = 9918-217 = 9700 Па											
Циркуляционное кольцо через прибор Q=910Вт, распределителя "18"											
Ррасп.уч.12 = $\Delta_{\text{Руч.6,5,5}^*,4,4}^*,3,3}^* = 9918+237+246 = 10401$ Па											
12	910	78	0,9	16x2	0,18	55	50	10,5	16,0	168	217
потери давления в трубопроводах $\Sigma\Delta_{\text{руч}}$.											217
Требуемое значение ($\Sigma\Delta_{\text{Ркл}}$)рег.уч.12 = 10401-217 = 10183 Па											
Циркуляционное кольцо через напольное отопление, распределителя "18"											
Ррасп.уч.13 = $\Delta_{\text{Руч.6,5,5}^*,4,4}^*,3,3}^*,2,2}^* = 10401+910+948 = 12259$ Па											
13	1 230	53	84	16x2	0,14	30	3276				3276
потери давления в трубопроводах $\Sigma\Delta_{\text{руч}}$.											3276
Требуемое значение ($\Sigma\Delta_{\text{Рбал. вент}}$)рег.уч.13 = 12259-3276 = 8983 Па											
Циркуляционное кольцо через прибор Q=980Вт, распределителя "36"											
Ррасп.уч.17,17*,18,18*,19,19*,20 = $\Delta_{\text{Руч.24,14,14}^*} = 23000$ Па											
17	4 230	364	26,3	32x3	0,21	30	789	6,0	22,1	132	5921
18	3 000	258	5,7	26x3	0,25	50	285	2,0	31,3	63	348
19	1 990	171	5,1	20x2	0,23	55	281	2,5	26,5	66	347
20	980	84	5,9	16x2	0,20	62	366	14,0	20,0	280	646
19*	1 990	171	5,4	20x2	0,23	55	297	2,5	26,5	66	363
18*	3 000	258	6,8	26x3	0,25	50	340	2,0	31,3	63	403

17*	4 230	364	25,7	32x3	0,21	30	771	6,0	22,1	132	5903
потери давления в трубопроводах $\Sigma\Delta_{руч}$.											13930
Требуемое значение ($\Sigma\Delta_{Ркл}$)рег.уч.20 = 23000-13930 = 9070 Па											
Циркуляционное кольцо через напольное отопление, распределителя "36"											
Ррасп.уч.23 = $\Delta_{Руч.18,18^*,19,19^*,20}$ = 348+347+646+363+403+9070 = 11175 Па											
23	1 230	53	84	16x2	0,14	30	3276				3276
потери давления в трубопроводах $\Sigma\Delta_{руч}$.											3276
Требуемое значение ($\Sigma\Delta_{Рбал. вент}$)рег.уч.23 = 11175 - 3276 = 7899 Па											
Циркуляционное кольцо через прибор Q=1010Вт, распределителя "36"											
Ррасп.уч.21 = $\Delta_{Руч.20}$ = 646+9070 = 9715 Па											
21	1 010	87	0,9	16x2	0,2	65	59	10,5	19,7	207	266
потери давления в трубопроводах $\Sigma\Delta_{руч}$.											266
Требуемое значение ($\Sigma\Delta_{Ркл}$)рег.уч.21 = 9715-266= 9450 Па											
Циркуляционное кольцо через прибор Q=1010Вт, распределителя "36"											
Ррасп.уч.22 = $\Delta_{Руч.20,19,19^*}$ = 9715+347+363 = 10425 Па											
22	1 010	87	0,9	16x2	0,2	65	59	10,5	19,7	207	266
потери давления в трубопроводах $\Sigma\Delta_{руч}$.											266
Требуемое значение ($\Sigma\Delta_{Ркл}$)рег.уч.22 = 10425-266 = 10159 Па											

Подбор клапанов обвязки отопительных приборов от поэтажного распределителя «И» приводим в таблице 4

Таблице 4 – Подбор клапанов обвязки отопительных приборов от поэтажного распределителя «И»

№ Уч.	G, кг/ч	($\Sigma\Delta_{Ркл}$)рег.уч.= $\Delta_{Ркл}$, Па	Характеристики клапана ГЕРЦ-TS-90-V	
			Kv, м3/ч	n
1	2	3	4	5
15	83	10333	0,26	6,0
16	83	10433	0,26	5,9
6	102	8747	0,35	7,2
9	102	8707	0,35	7,2
8	84	8413	0,3	6,8
10	83	9465	0,28	6,4
11	78	9700	0,26	6,0
12	78	10183	0,25	5,9
20	84	9070	0,28	6,3
21	87	9450	0,29	6,5
22	87	10159	0,28	6,2
28	84	9325	0,28	6,2
29	87	9705	0,28	6,5
30	87	10414	0,27	6,2

2.5. Подбор отопительных приборов

Для двухтрубной горизонтальной системы отопления подбираем стальные панельные радиаторы Лидея высотой 300мм.

Расчетные параметры системы отопления $t_g=50^{\circ}\text{C}$, $t_o=40^{\circ}\text{C}$, $t_p=18^{\circ}\text{C}$.

Номинальный тепловой поток радиатора Лидея определяем по каталогу, при номинальной средней разности температур $\Delta t_H = 50^{\circ}\text{C}$. Радиатор устанавливается под подоконной доской $B=80\text{мм}$, $\beta_4 = 1,03$. Расчет приведем для радиатора $Q_{пр}=1190\text{Вт}$ от распределителя “И”.

Суммарное понижение температуры воды $\sum \Delta t_m = 0$, так как магистральные теплопроводы не проложены в неотапливаемой части здания.

Определяем среднюю температуру отопительного прибора и среднюю расчетную разность температур:

$$t_{cp} = \frac{t_1 + t_0}{2} = \frac{50 + 40}{2} = 45^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{cp} = t_{cp} - t_p = 45 - 18 = 27^{\circ}\text{C}$$

Тепловой поток $Q_3=0$ от трубопроводов, открыто проходящих в рассматриваемом помещении, так как трубопроводы проложены скрыто в конструкции пола в защитной трубе. Поэтому расчетный требуемый тепловой поток отопительного прибора $Q_1=Q_{пр}=1190\text{ Вт}$.

Определяем требуемый номинальный тепловой поток отопительного прибора (при показателе $p=0,00$; $n=0,3$, так как схема присоединения прибора сверху-вниз, а расход теплоносителя более 50кг/ч):

$$\varphi = \left(\frac{\Delta t_{cp}}{\Delta t_n} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{np}}{360} \right)^p = \left(\frac{27}{50} \right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{102}{360} \right)^{0,00} = 0,449$$

$$Q_{н.т.} = \frac{Q_1 \cdot \beta_4}{\varphi} = \frac{1190 \cdot 1,03}{0,449} = 2731\text{Вт}$$

По требуемой величине $Q_{н.т.}$ подбираем по каталогу производителя отопительный прибор, номинальный тепловой поток которого Q_n должен быть близким к значению $Q_{н.т.}$, а также может быть меньше требуемого, но не более, чем на 5% или на 60Вт. Для данного прибора наиболее подходит радиатор ЛК33-322 с $Q_n=2809\text{Вт}$. Тепловой расчет остальных приборов приводим в таблице 1.12.

Таблица 5– Тепловой расчёт отопительных приборов

2 этаж										
950	82	0,3	0,00	1,03	0,449	2180	2171	ЛК33-317	300	1700
870	75	0,3	0,00	1,03	0,449	1996	2043	ЛК33-316	300	1600
860	74	0,3	0,00	1,03	0,449	1973	1915	ЛК33-315	300	1500
850	73	0,3	0,00	1,03	0,449	1950	1915	ЛК33-315	300	1500
840	72	0,3	0,00	1,03	0,449	1928	1915	ЛК33-315	300	1500
810	70	0,3	0,00	1,03	0,449	1859	1915	ЛК33-315	300	1500
790	68	0,3	0,00	1,03	0,449	1813	1788	ЛК33-314	300	1400
670	58	0,3	0,00	1,03	0,449	1537	1532	ЛК33-312	300	1200
660	57	0,3	0,00	1,03	0,449	1514	1532	ЛК33-312	300	1200
1 этаж										
1150	99	0,3	0,00	1,03	0,449	2639	2809	ЛК33-322	300	2200
980	84	0,3	0,00	1,03	0,449	2249	2298	ЛК33-318	300	1800
970	83	0,3	0,00	1,03	0,449	2226	2171	ЛК33-317	300	1700
960	83	0,3	0,00	1,03	0,449	2203	2171	ЛК33-317	300	1700
950	82	0,3	0,00	1,03	0,449	2180	2171	ЛК33-317	300	1700
920	79	0,3	0,00	1,03	0,449	2111	2171	ЛК33-317	300	1700
910	78	0,3	0,00	1,03	0,449	2088	2043	ЛК33-316	300	1600
900	77	0,3	0,00	1,03	0,449	2065	2043	ЛК33-316	300	1600

2.6 Подбор оборудования гелиосистемы горячего водоснабжения

Солнечная энергия является возобновляемым источником тепловой энергии. Достоинством возобновляемых источников энергии является их доступность, низкая стоимость и возможность их получения непосредственно в месте локального использования.

Поэтому для получения горячей воды запроектируем гелиоколлекторы. Коллекторы расположим на наклонной части крыши, с южной стороны здания. Угол наклона коллектора для климатических условий Беларуси оптимальный 40...45°С.

Подбираем солнечные коллекторы TS300 фирмы TermoSolar, площадь коллектора 2,03м². TS 300 - плоский коллектор с трубчатым змеевиком из медных труб. Коллекторы могут соединяться друг с другом параллельно, в количестве не более 10 шт. Перепад давления в гелиоколлекторе $\Delta P_{г.к.} = 3000 \text{ Па}$.

Суммарная солнечная радиация Q_{α} за месяц на наклонный гелиоколлектор определяется в зависимости от широты местности, от угла наклона коллектора, от азимута коллектора относительно южной ориентации, от альbedo поверхности, от средней степени облачности. С использованием этих факторов выявляется коэффициент K , применяемый для пересчёта суммарной солнечной радиации Q , МДж/м², с горизонтальной поверхности на наклонную поверхность коллектора Q_{α} :

$$Q_{\alpha} = K \cdot Q$$

Коэффициент K принимаем из таблицы 6.

Таблица 6. – Коэффициент пересчета суммарной солнечной радиации с горизонтальной поверхности на наклонную поверхность коллектора

	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
К	2,90	2,02	1,48	1,15	0,99	0,94	0,96	1,07	1,31	1,78	2,52	3,21

Таблица 7. – Месячные и годовые суммы суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности, МДж/м²

	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Минск	69	133	291	393	567	624	590	478	315	154	59	41	3714

КПД гелиоколлектора приводится производителем в виде функциональной или графической зависимости КПД от интенсивности солнечного излучения q_s , от расчётной средней за световой день температуры наружного воздуха t_n , от температур теплоносителя на входе и выходе из гелиоколлектора t_v и t_k , от локальных условий теплообмена гелиоколлектора с окружающей средой и др. Для летних месяцев принимаем $\eta=0,7$, для осенне-весенних месяцев $\eta=0,5$, для мая $\eta=0,6$.

Рассчитаем теплопроизводительность 1м² плоского гелиоколлектора, установленного под углом 40...45 град (с учетом КПД). Результаты расчёта приведены в табл.1.17.3.

Таблица 8. – Теплопроизводительность за месяц и за год гелиоколлектора, установленного под углом 40...45 град, кВт*ч/м²

	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Минск	13	22	60	63	94	115	110	100	51	38	21	11	698

Основная доля полученной гелиоколлектором солнечной энергии приходится на 7«тёплых» месяцев с марта по сентябрь, и составляет 80...85% от возможной годовой теплопроизводительности. Остальные 5 месяцев, приходящиеся на отопительный сезон, являются малоэффективными из-за короткого светового дня и позволяют получить от гелиосистемы примерно 15...20% от годовой теплопроизводительности.

Принимаем за расчетный месяц июнь, так как самая большая теплопроизводительность 1м²гелиоколлектора равна $q=115\text{кВт}\cdot\text{ч}$ в июне. Потребность в тепловой энергии за июнь равна:

$$Q=Q_{\text{сут.31}}=969.30=29070\text{кВт.ч.}$$

Поэтому необходимую площадь гелиоколлектора определяем по формуле:

$F=Q/q=29070/115=254\text{м}^2$. Поэтому принимаем 2 контура по 127м^2 , по 63 коллектора.

Подберем расширительный бак. Полезный объем расширительного бака V_u существенно меньше, нежели его номинальный объем V_n .

Эта величина зависит от давления с обеих сторон перегородки. Определяется на основе номинального объема V_n , величины противодействия P_0 и окончательного давления P_k . Величины P_a и P_k определяются следующим образом:

P_a = давление газа над мембраной + гидростатическое давление;

$P_k=P_{\text{макс}}-50$ кПа ($P_{\text{макс}}$ – это давление срабатывания предохранительного клапана, 50 кПа нижний предел срабатывания предохранительного клапана).

Для оборудовании фирмы ТЕРМОСОЛАР принимаются следующие значения:

$P_0=350\text{кПа}$ (это значение совпадает с рабочим давлением) $P_k=550\text{кПа}$ (предохранительный клапан с номинальным давлением 600 кПа). Полезный объем расширительного бака получается, по формуле: $V_u=V_n[(P_k-P_0)/(P_k+100)]$

Полезный объем расширительного бака определяется исходя из 1,57л 1 коллектор.

$$V_u=1,57.63=98,9\text{л.}$$

$$V_n=98,9/[(550-350)/(550+100)]=321\text{л.}$$

Принимаем 2 расширительных бака объемом 200л.

Насосы принимаются с электронным управлением частотой вращения с корпусом из нержавеющей стали, с «мокрым ротором», с фиксированным перепадом давления. Максимальная расчётная подача насоса $8,89\text{м}^3/\text{ч}$ с изменением этого расхода в диапазоне $5...8,89$ $\text{м}^3/\text{ч}$ под воздействием пропорционального регулятора и клапана. Пропорциональный регулятор и клапан срабатывают на поддержание температуры не менее 50С при снижении теплопроизводительности гелиосистемы путём дросселирования потока вплоть до полного закрытия клапана при температуре менее 50С . При значительно более высокой температуре клапан полностью открыт, и система имеет максимальную теплопроизводительность. 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.

Условия эксплуатации насоса и клапана – температура до 100С , избыточное давление до 10бар.

Бак-аккумулятор устанавливается в помещении, защищенном от атмосферных воздействий. Бак-аккумулятор подбирается исходя из 40л и более на 1м² площади гелеоколлектора. Принимаем буферный бак-аккумулятор ёмкостью 11,3м³. Его следует изготовить из стали с холодным оцинкованием внутренних поверхностей. Внутренние элементы бака изготовить из нержавеющей стали. Размеры бака без теплоизоляции диаметром 2,4м и высотой 2,5м вписываются в размеры габаритных грузов для перевозки автотранспортом.

Открытый расширительный бак ёмкостью 700литров необходимо изготовить из нержавеющей стали с размерами 1200х600х1000мм. Следовательно буферный бак-аккумулятор работает без избыточного давления (под атмосферным давлением) и поэтому не требует специального обслуживающего персонала.

2.7 Расчет поступления солнечной радиации через окна

Важной составляющей проектирования энергоэффективного или пассивного здания является архитектурно-планировочное решение. При помощи планировки нам необходимо достигнуть того, чтобы в зимний период здание получило максимальное количество полезного солнечного тепла и сохранило это тепло в течении длительного периода времени. При анализе архитектурно-планировочного решения индивидуальных жилых домов должны учитываться следующие факторы:

- корректная ориентация здания по сторонам света, включая расположение здания на участке;
- сплошная теплоизоляция и максимальная герметичность здания;
- размещение вспомогательных помещений с более низкой расчетной температурой с северной стороны здания;
- правильное остекление, включая ориентацию и размеры остекления;
- защита светопрозрачных конструкций с южной стороны и др.

Рассматривая солнцезащитные устройства, регулирующие количество поступающего солнечного излучения, можно выделить типовое решение – использовать солнцезащитные козырьки с южной стороны фасада. В летний период такие козырьки уменьшают перегрев помещения. Это происходит из-за того, что солнце находится высоко над горизонтом, что влияет на образование тени на остеклении с южной стороны. Зимой солнце находится низко, поэтому установленные козырьки не будут препятствовать помещению получать тепло от солнца. Поэтому на протяжении года такие помещения будут получать оптимальное количество солнечной энергии. В качестве козырьков могут быть использованы балконы, террасы, различные выступы, навесы, заглубленное расположение остекления. Это является лучшим решением, так как при использовании таких элементов человеку не требуется совершать какие-либо действия. Выполним расчет 1 секции многоквартирного жилого дома, имеющего террасы с южной стороны в качестве солнцезащитного элемента.

Основанием для выполнения расчетов могут служить статистические данные, представленные в СНБ «Строительная климатология» [табл 4.19] (табл. 9). Также в расчете использованы данные производителей силикатного стекла и стеклопакетов.

Таблица 9 – Месячные и годовые суммы суммарной солнечной радиации на горизонтальную и вертикальные поверхности различной ориентации при средних условиях облачности, МДж/м²

Ориентация поверхности	Станция	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Горизонтальная	Полоцк	60	121	278	382	534	613	568	456	292	134	50	30	3518
	Минск	69	133	291	393	567	624	590	478	315	154	59	41	3714
	Василевичи	86	145	295	402	570	623	613	505	344	176	71	52	3882
	Минск	63	116	224	245	351	391	360	299	204	100	43	36	2432
	Василевичи	77	122	216	246	342	371	365	308	216	111	50	44	2468
	ЮВ	Полоцк	90	157	289	293	353	391	366	331	252	134	64	41
Ю	Минск	103	162	295	288	374	388	372	341	264	150	68	58	2863
	Василевичи	121	171	271	283	361	371	374	348	275	164	78	67	2884
	Полоцк	110	190	133	303	333	349	338	331	275	164	81	50	2855
ЮЗ	Минск	128	196	339	295	345	345	339	334	290	182	84	71	2948
	Василевичи	153	204	310	289	336	329	342	340	303	201	95	81	2983
	Полоцк	93	166	300	284	333	358	347	316	245	138	66	42	2688
ЮЗ	Минск	107	172	306	280	345	362	351	322	261	155	70	59	2790
	Василевичи	127	180	287	275	333	349	359	325	277	171	80	69	2832

В расчете учитываем справочные данные для рассматриваемого здания в зависимости от места строительства, в данном случае для Минска. Главными данными являются значения месячных и годовых сумм суммарной солнечной радиации на вертикальные поверхности южной ориентации при средних условиях облачности в городе Минске, МДж/м².

Данные по азимуту и высоте солнца над горизонтом взяты из интернет-калькулятора [Онлайн калькулятор: азимут и высота солнца над горизонтом [Электронный ресурс]. 2014 – Режим доступа: <http://planetcalc.ru/320/>].

Онлайн калькулятор: азимут и высота солнца над горизонтом (алгоритм расчета взят от шведского ученого Paul Schlyter, он утверждает и приводит расчетные данные, что ошибка в расчетах не превышает одной угловой минуты для дат в диапазоне 1900 – 2100)

Расчет производим в упрощенной форме, чтобы показать целесообразность солнцезащитных устройств.

Для определения данных вводим 15-е число каждого месяца 2014 года, 12 часов дня. Потом находим максимальную высоту над горизонтом, изменяя введенное время в пределах 12.00 +/- 3ч (по минутам). Расчетные данные по определению азимута и высоты солнца над горизонтом были взяты для 2014 года. Каждый год данные могут меняться, но эти изменения незначительны.

Результаты сводим в таблицу 10.

Таблица 10 – Определение азимута и высоты солнца над горизонтом для условий Минска

Месяц (15 число)	Азимут (град) в 12 часов	Высота над горизонтом (град) в 12 часов	Максимальная высота над горизонтом (град)
Январь	175,4	14,8	14,9
Февраль	173,7	23,1	23,3
Март	174,3	33,7	33,8
Апрель	155,9	43,6	45,8
Май	153,6	52,7	54,9
Июнь	149,8	56,7	59,4
Июль	148,6	54,6	57,7
Август	152,7	47,6	50,2
Сентябрь	159,3	37,5	39,2
Октябрь	164,6	26,6	27,7
Ноябрь	181,4	17,7	17,7
Декабрь	178,9	12,8	12,8

Суммарная солнечная радиация, поступающая в помещение, рассчитывается по формуле:

$$Q = \text{qwert} * K_{ст} * K_{перепл} * F_0 ,$$

где qwert - месячные суммы суммарной солнечной радиации на вертикальные поверхности южной ориентации при средних условиях облачности, МДж/м²;

$K_{ст}$ – безразмерный коэффициент, учитывающий отражательную и поглощательную способности используемого стекла. Для обычного силикатного стекла $K_{ст} = 0,93$;

$K_{перепл}$ – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние оконного переплета на реальную площадь стекла. Для пластиковых стеклопакетов принимается равным 0,85;

F_0 – общая площадь оконного проема, м².

Общая площадь окон без учета затенения $F_0 = 8*5,07 + 8*2,96 = 64,24$ м².

Общая площадь дверей без учета затенения $F_0 = 8*2,25 = 18$ м².

Общая площадь остекления без учета затенения $F_0 = 82,24$ м².

Учитывая солнцезащитные козырьки реальная суммарная солнечная радиация, поступающая в помещение, будет определяться по формуле:

$$Q_{реал} = \text{qwert} * K_{ст} * K_{перепл} * F_{солн.ок} ,$$

где $F_{солн.ок}$ – реальная площадь остекления, м², рассчитывается по формуле:

$$F_{солн.ок} = F_0 - F_{тени} ,$$

где $F_{тени}$ – средняя за месяц площадь затененного участка стекла, м².

$F_{тени}$ определялась исходя из максимальной высоты солнца над горизонтом 15-го числа каждого месяца. Строился соответствующий максимальный угол. По углу определялся максимальный вертикальный размер

затененного участка. Учитывая ширину верхнего оконного переплета 10 см и переменную высоту солнца в течение дня определялась искомая средняя площадь.

Найденные значения $F_{\text{тени}}$ сводим в таблицу 11

Таблица 11 – Средняя по месяцам года площадь затененного участка стекла

	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
$F_{\text{тени}}$, M^2 для окон	0	0	5.73	17.88	31.23	40.3	36.61	23.7	10.68	0.85	0	0
$F_{\text{тени}}$, M^2 для дверей	0.48	1.6	3.38	5.96	8.8	10.7	9.95	7.2	4.43	2.34	0.8	0.2

Расчет величин Q и $Q_{\text{реал}}$ показан в приложении К. После определения Q и $Q_{\text{реал}}$ для наглядности сравнения этих величин была построена диаграмма.

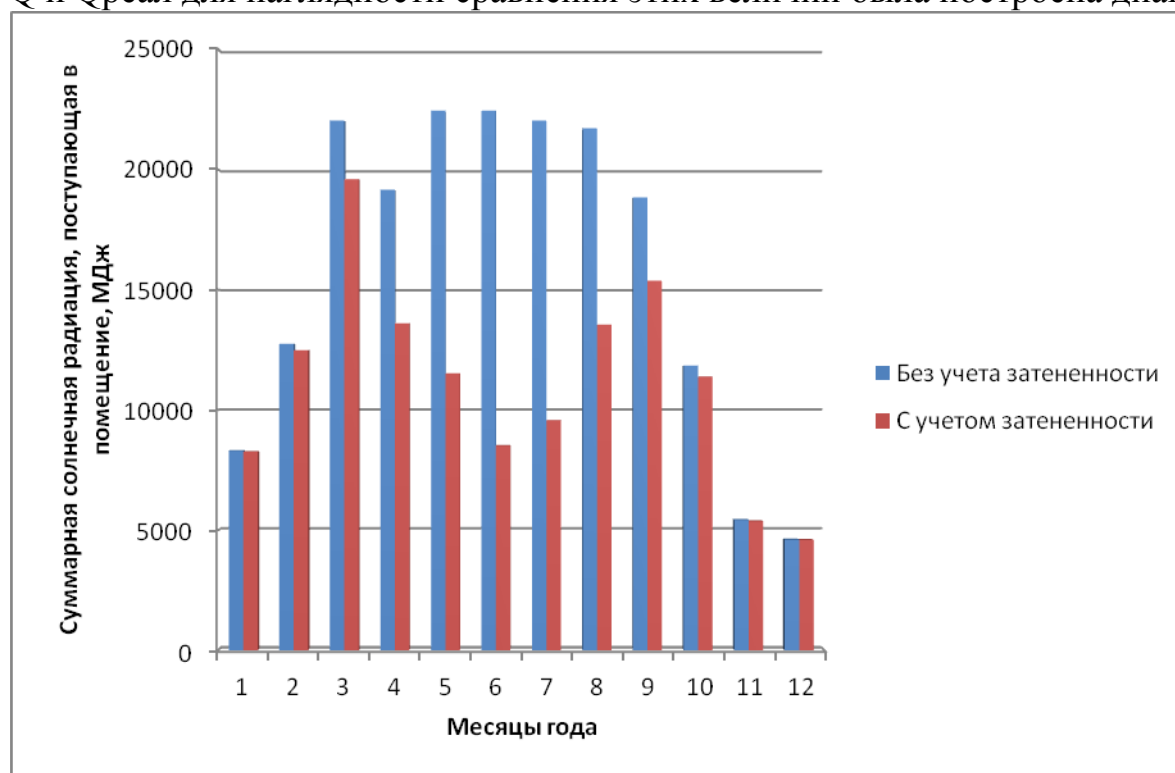


Рис.6 – Суммарная солнечная радиация, поступающая в помещение без учета и с учетом запроектированных террас

Радиация, поступающая через остекление южного фасада с учетом затененности за отопительный период равна 175302МДж, что составляет 19,5% тепловой энергии необходимой на отопление и вентиляцию за отопительный период.