

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 697.34:696.4

*КРИВОШЕИН ЮРИЙ ОЛЕГОВИЧ, аспирант,
yurak89@list.ru*

*ЦВЕТКОВ НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, докт. техн. наук, профессор,
nac.tsuab@yandex.ru*

*ХУТОРНОЙ АНДРЕЙ НИКОЛАЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент,
khantgs@mail.ru*

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2*

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ДУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ СОЛНЦА И ГАЗОВОГО КОТЛА*

Разработана, спроектирована и внедрена в 8 жилых энергоэффективных домах и детском саду (г. Якутск) система горячего водоснабжения с использованием трех групп солнечных коллекторов, трех теплообменников и газового котла, который служит для догрева воды перед подачей в систему. Представлены результаты исследования эффективности реального теплоснабжения системой с долями выработки теплоты от солнечных трубчатых коллекторов и газового котла. Разработан и представлен автоматизированный экспериментальный комплекс с внешним доступом, позволяющий выполнять мониторинг выработки и потребления тепловой энергии, анализ температурных и тепловых режимов работы системы.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии; солнечные коллекторы; система горячего водоснабжения; газовый котел; автоматизация; тепловой баланс выработки теплоты.

*YURIY O. KRIVOSHEIN, Research Assistant,
yurak89@list.ru*

*NIKOLAY A. TSVETKOV, DSc, Professor,
nac.tsuab@yandex.ru*

*ANDREY N. KHUTORNOI, PhD, A/professor,
khantgs@mail.ru*

*Tomsk State University of Architecture and Building,
2, Solyanaya Sq, 634003, Tomsk, Russia*

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 16-48-700367).

AUTOMATED DUAL SYSTEM OF HOT WATER SUPPLY PROVIDED WITH SOLAR ENERGY AND GAS BOILER

The paper describes the design and implementation of the hot water supply system in eight residence buildings and a kindergarten (Yakutsk). This system includes three groups of solar collectors, three heat exchangers and a gas boiler for water heating finishing before it enters the system. The research results are presented for the effectiveness of the real heat consumption by the system with heat partially generated by solar tube collectors and the gas boiler. The designed automated experimental system is provided with the external access allowing to monitor the production and consumption of thermal energy, thermal analysis, and thermal conditions of the system operation.

Keywords: renewable energy sources; solar collectors; hot-water supply system; gas boiler; automation; heat balance of heat production.

Малая плотность населения и слабая хозяйственная деятельность на значительных территориях России определяют автономный характер энергообеспечения потребителей. В качестве наиболее яркого примера децентрализованного энергообеспечения потребителей на громадных территориях можно привести Якутию, где 2,2 млн кв. км территории с населением 150 тыс. чел. обеспечивается электроэнергией и теплом от 129 автономных дизельных электростанций [1].

Многолетними исследованиями (рис. 1) Института высоких температур Российской академии наук (ИВТ РАН) установлено [2], что в сегодняшних границах России наиболее «солнечными» являются не районы Северного Кавказа, как предполагают многие, а регионы Приморья и Юга Сибири (от 4,5 до 5,0 кВт·ч/м² в день). Интересно, что Северный Кавказ, включая известные российские черноморские курорты (Сочи и др.), по среднегодовой солнечной радиации относится к той же зоне, что и большая часть Сибири, включая Якутию (4,0–4,5 кВт·ч/м² в день). Более 60 % территории России, в том числе и многие северные районы, характеризуются среднегодовым поступлением солнечной энергии от 3,5 до 4,5 кВт·ч/м² в день. Это открывает широкие возможности эффективного использования солнечной энергии в системах теплоснабжения на территории России с суровым климатом.

Муниципальной адресной программой г. Якутска «Переселение граждан Городского округа «Жатай» из аварийного жилищного фонда с учетом необходимости развития малоэтажного жилищного строительства на 2013–2017 годы» было предусмотрено, в качестве пилотного проекта, строительство энергоэффективного квартала с использованием энергии солнца в системах горячего водоснабжения.

Выполняя Федеральный закон от 21.07.2007 № 185-ФЗ «О Фонде содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства» (с изменениями и дополнениями от 28 декабря 2013 года) и Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», администрацией Городского округа «Жатай» принято решение построить квартал из энергоэффективных малоэтажных многоквартирных домов с автономными системами теплоснабжения на основе использования газовых котлов и энергии солнца.

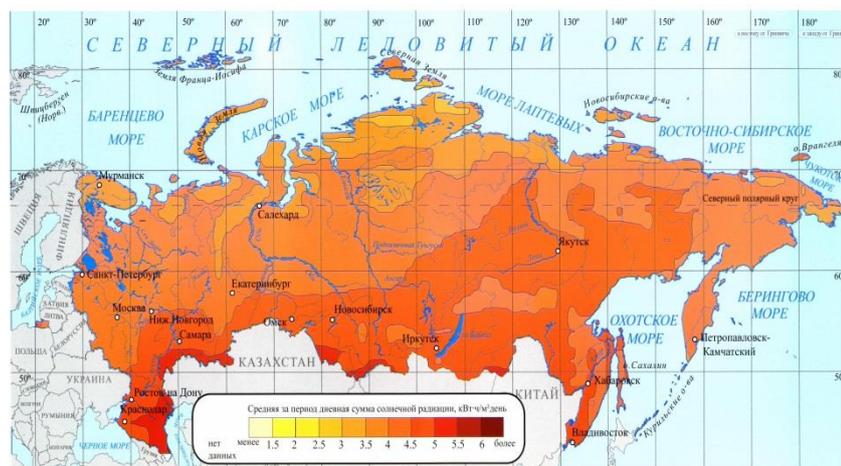


Рис. 1. Суммарная солнечная радиация на наклонную поверхность, кВт·ч/м²день (угол наклона равен широте, апрель – сентябрь [3])

За период 2013–2015 гг. в энергоэффективном квартале, на месте снежного малоэтажного жилья, построено и введено в эксплуатацию 8 новых жилых многоквартирных домов и детский сад. В проектировании этих домов приняли участие проектные организации г. Якутска, Томский государственный архитектурно-строительный университет и научно-производственное объединение «Внедрение энергосберегающих технологий» (НПО ВЭСТ, г. Томск). Монтаж и пусконаладочные работы инженерных систем, включая автоматизацию и диспетчеризацию, были выполнены НПО ВЭСТ.

Выработку тепловой энергии на цели отопления и вентиляции обеспечивают два газовых котла.

В проектах домов энергоэффективного квартала впервые в Якутии применена разработанная дуальная система горячего водоснабжения (ГВС) с использованием газового котла, трех теплообменников-накопителей и трех групп солнечных вакуумных трубчатых коллекторов.

Дуальная система горячего водоснабжения (ГВС) с использованием газового котла и вакуумных трубчатых солнечных коллекторов

Первый вариант схемы системы ГВС, реализованный в доме по ул. Матросова, 9, показан на рис. 2. Спецификация основного оборудования представлена в табл. 1 по позициям рис. 2.

Таблица 1

Спецификация основного оборудования первого варианта дуальной системы ГВС

Позиция	Наименование	Ед. измерения	Кол-во
1	Газовый конденсационный котел Vitodens 200-W WB2C 45 кВт	компл	1
2	Пластинчатый теплообменник 60 кВт, $F = 0,46 \text{ м}^2$, $N_{\text{пласт}} = 14$ шт.	шт.	1

Окончание табл. 1

Позиция	Наименование	Ед. измерения	Кол-во
3	Ёмкостный водонагреватель РТ1-304/1000 с теплоизоляцией	компл	3
4	Вакуумные трубчатые коллекторы СВК 58/1800-20	компл	16
5	Насос циркуляционный UPS 25-80 серии 100, Ду25	шт.	4
6	Насос циркуляционный UPS 25-80В серии 100, Ду25	шт.	1

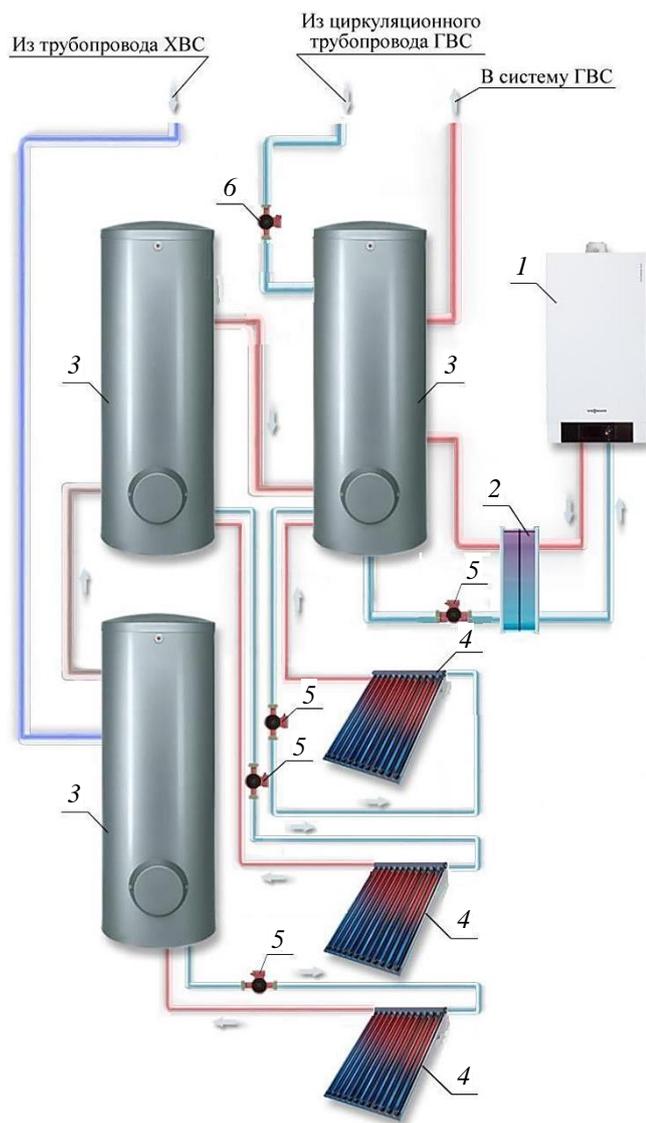


Рис. 2. Первый вариант функциональной схемы системы ГВС [2]:

1 – газовый конденсационный котел; 2 – пластинчатый теплообменник; 3 – ёмкостный водонагреватель; 4 – вакуумные трубчатые коллекторы (21 шт.); 5, 6 – насос циркуляционный

Три группы солнечных вакуумных коллекторов размещены на плоской кровле жилого дома. В каждой группе коллекторы соединены последовательно. Электропитание циркуляционных насосов обеспечивается автономной системой от солнечных батарей.

Основное оборудование системы теплоснабжения, включая систему ГВС, расположено в специальном помещении, построенном на перекрытии последнего этажа.

Эффективность дуальной системы ГВС

Эффективность первого варианта разработанной и реализованной системы ГВС на доме по ул. Матросова, 9 (г. Якутск), за период с января по сентябрь 2013 г. представлена в табл. 2.

Таблица 2

Эффективность первого варианта системы ГВС на доме по ул. Матросова, 9

Месяц	Теплота на ГВС от газового котла, Гкал	Теплота на ГВС от солнечных коллекторов, Гкал	Теплота на ГВС всего, Гкал	Доля теплоты на ГВС от солнечных коллекторов, %
Январь	2,44	0,18	2,62	6,87
Февраль	3,86	0,21	4,07	5,16
Март	2,56	2,44	5,00	48,80
Апрель	1,48	5,07	6,55	77,40
Май	0,93	6,89	7,82	88,11
Июнь	0,54	7,73	8,27	93,47
Июль	0,38	7,48	7,86	95,17
Август	0,00	6,23	6,23	100,00
Сентябрь	1,60	5,18	6,78	76,40
Всего	13,79	41,41	55,20	75,02

Опыт эксплуатации первого варианта системы ГВС показал ее приемлемую эффективность на уровне мировых достижений.

Вместе с тем обнаружены недостатки: вскипание горячей воды в последнем теплообменнике-накопителе перед подачей в систему ГВС в летнее время; снижение температуры горячей воды более чем на 5 °С от требуемой в утренние часы. Эти недостатки устранены во втором варианте системы ГВС (рис. 3).

Первый недостаток связан с завышенным числом коллекторов (7 шт.) в последней группе. Их число было снижено до пяти. Вторым недостатком связан с тем, что после водоразбора в вечерние часы к утреннему разбору горячая вода, за счет энергии газового котла, нагревается до требуемой температуры только в последнем теплообменнике-накопителе перед подачей в систему ГВС. По мере её разбора в утренние часы мощности газового котла (45 кВт) не хватает для поддержания требуемой температуры воды при подаче в систему ГВС. Этот недостаток устранен путем включения в схему двух электромагнитных соленоидных клапанов. В два часа ночи правый клапан 7

закрывается (рис. 3), а левый – открывается. Это позволяет увеличить в 2 раза резерв горячей воды для утреннего разбора с требуемыми параметрами при одновременном снижении необходимой мощности газового котла до 35 кВт. Более того, уменьшено число солнечных коллекторов в первой группе с 7 до 6 и во второй группе с 7 до 5. Циркуляционные насосы системы обеспечены резервным электропитанием от солнечных батарей. Схема реализована в 23-квартирном доме по ул. Комсомольской, 3. Эффективность работы второй схемы за 2015 г. приведена в табл. 3.

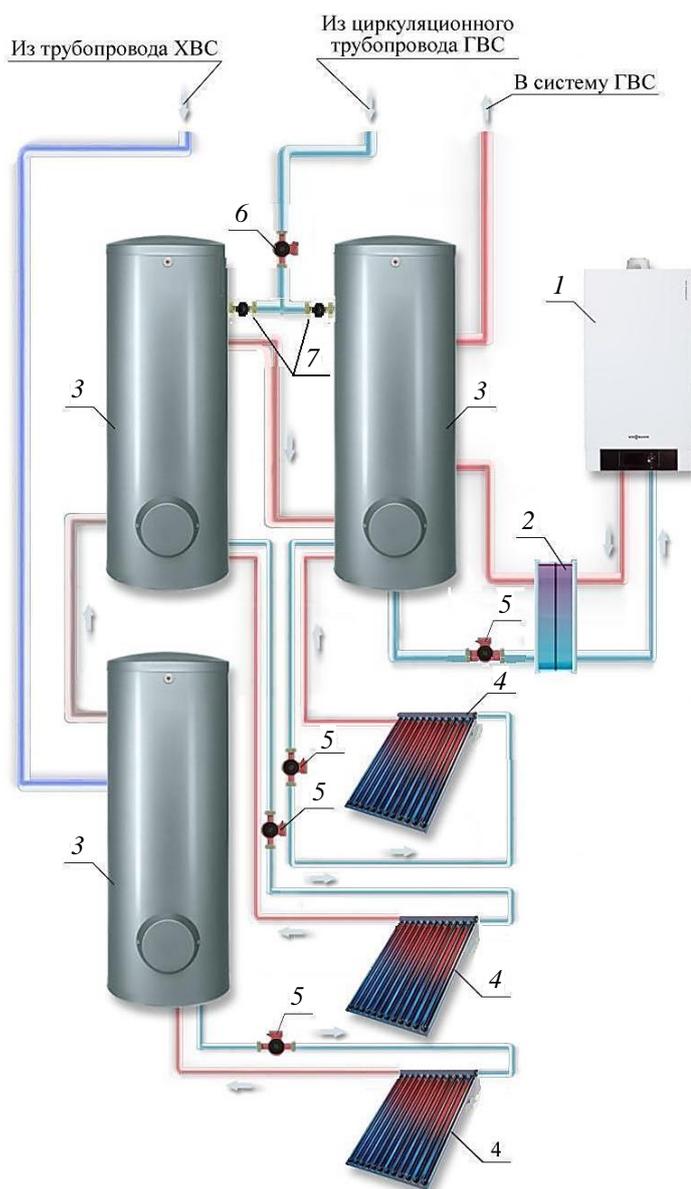


Рис. 3. Второй вариант функциональной схемы системы ГВС:
1–6 – на рис. 2; 7 – электромагнитный соленоидный клапан

Таблица 3

Эффективность работы второго варианта схемы ГВС

Месяц	Потребление горячей воды, м ³	Потребление природного газа, м ³	Удельный расход газа, м ³ /м ³	Примечание
Январь	120	872	7,27	Заметная экономия газа начинается в марте и продолжается до ноября включительно. В декабре – январе коллекторы практически не включаются, что связано с высотой солнца над горизонтом, коротким световым днем и частыми туманами. Температура воздуха на нагрев коллекторов влияет незначительно*
Февраль	105	945	9,00	
Март	124	565	4,56	
Апрель	131	476	3,63	
Май	99	458	4,62	
Июнь	112	578	5,16	
Июль	105	298	2,83	
Август	128	421	3,29	
Сентябрь	137	534	3,90	
Октябрь	123	715	5,81	
Ноябрь	136	895	6,58	
Декабрь	122	1023	8,38	
Всего	1442	7780	5,39	

*В феврале при температуре минус 42 °С наблюдаемая температура коллекторов приближается к 110 °С при отсутствии циркуляции теплоносителя.

Дальнейшее совершенствование дуальной системы ГВС будет связано с возможностью управления циркуляционным насосом с целью снижения расхода в ночное время с марта по октябрь после нагрева воды в двух теплообменниках-аккумуляторах при циркуляции через левый электромагнитный соленоидный клапан (см. рис. 3).

В последние годы во многих странах (с различными природно-климатическими условиями) выполняются экспериментальные и теоретические исследования, направленные на повышение эффективности солнечных систем для нагревания воды с использованием коллекторов с вакуумными тепловыми трубками [4, 5].

С учетом результатов этих исследований и наших работ [6–10] для детального анализа тепловой эффективности дуальной системы ГВС в 2015 г. разработан автоматизированный экспериментальный комплекс с внешним доступом, мнемосхема которого представлена на рис. 4.

По мере совершенствования и оптимизации схемы дуальной системы ГВС будет совершенствоваться и измерительный комплекс.

Внешний доступ с использованием разработанных программ [7, 8] позволил получить в январе 2016 г. в Томске первые результаты детального исследования параметров работы системы ГВС в доме по ул. Комсомольской, 3, Городского округа «Жатай» г. Якутска (табл. 4, 5).

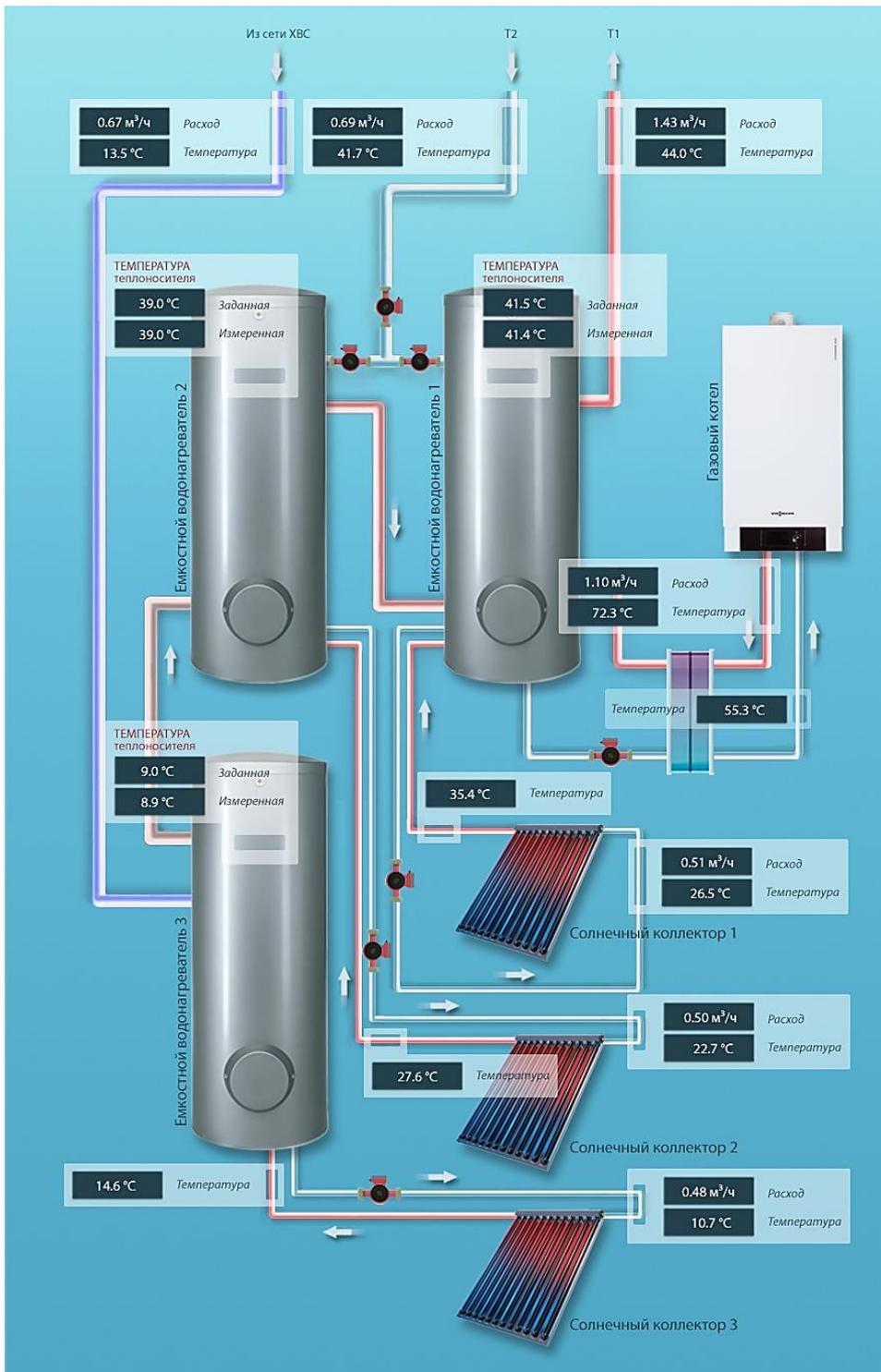


Рис. 4. Мнемосхема автоматизированного комплекса для исследования дуальной системы ГВС

Таблица 4

**Отчет о суточных параметрах работы системы ГВС в январе 2016 г.
на доме по ул. Комсомольской, 3 (г. Якутск)**

Дата	t_1	t_2	$t_{хв}$	Δt	V_1	V_2	$V_{ГВС}$	$Q_{ЦК}$	$Q_{ГВС}$
01.01.16	54,55	49,79	15,71	4,76	21,63	19,60	2,49	0,201	0,100
02.01.16	55,32	50,73	14,35	4,59	22,27	18,79	3,94	0,276	0,175
03.01.16	55,57	50,83	13,87	4,74	22,08	18,86	3,68	0,268	0,164
04.01.16	53,83	49,59	13,05	4,24	22,50	18,23	4,73	0,304	0,208
05.01.16	51,58	47,69	13,16	3,89	22,97	17,85	5,58	0,331	0,239
06.01.16	53,04	48,97	12,89	4,07	22,75	18,38	4,86	0,306	0,212
07.01.16	53,68	49,67	13,40	4,01	22,81	18,30	5,01	0,315	0,218
08.01.16	53,22	49,07	13,22	4,15	22,53	18,50	4,53	0,293	0,195
09.01.16	54,12	49,91	13,75	4,21	22,29	18,26	4,54	0,297	0,199
10.01.16	53,26	49,79	12,69	3,47	22,76	17,75	5,44	0,327	0,235
11.01.16	54,59	50,23	14,26	4,36	21,88	18,78	3,60	0,247	0,152
12.01.16	56,16	51,31	14,72	4,85	21,46	18,79	3,16	0,240	0,137
13.01.16	55,25	51,33	14,17	4,92	21,49	18,63	3,35	0,252	0,147
14.01.16	55,02	50,45	13,97	4,57	21,84	18,41	3,95	0,271	0,172
15.01.16	55,49	50,61	14,16	4,88	21,55	18,86	3,12	0,241	0,137
16.01.16	55,51	50,96	13,69	4,55	21,83	18,44	3,83	0,271	0,172
17.01.16	53,43	49,55	12,42	3,88	22,65	17,07	5,12	0,313	0,221
18.01.16	54,34	47,77	14,12	4,57	21,76	18,66	3,58	0,253	0,154
19.01.16	54,35	49,90	13,71	4,45	21,97	18,38	4,05	0,277	0,176
20.01.16	55,07	50,23	14,58	4,84	21,63	18,51	3,64	0,261	0,159
21.01.16	56,29	51,32	14,85	4,97	21,42	18,90	3,09	0,235	0,129
22.01.16	52,99	48,79	13,51	4,20	22,53	17,69	5,29	0,329	0,233
Итого								6,108	3,934

Примечание. t_1 – температура воды, °С, подаваемой в систему ГВС; t_2 – температура циркуляционной воды, °С, из системы ГВС; $t_{хв}$ – температура холодной воды, °С; $\Delta t = t_1 - t_2$; V_1 – суммарный расход воды, м³, из системы холодного водоснабжения и в циркуляционном контуре; V_2 – расход воды, м³, в циркуляционном контуре; $V_{ГВС}$ – расход потребляемой жильцами воды, м³; $Q_{ЦК}$ – теплота, Гкал, потребляемая циркуляционным контуром; $Q_{ГВС}$ – теплота, Гкал, расходуемая на нагрев потребляемой жильцами дома горячей воды из системы ГВС.

Из данных табл. 4 видно, что потребление тепловой энергии циркуляционным контуром (6,108 Гкал) в среднем в 1,55 раза больше, чем потребление тепловой энергии на нагрев потребляемой жильцами дома горячей воды из системы ГВС (3,934 Гкал). В этой связи дальнейшее совершенствование системы будет направлено на ограничение расхода воды в циркуляционном контуре в ночное время после детального исследования часовых режимов работы системы ГВС. За этот же период выработка тепловой энергии газовым котлом составила 7,317 Гкал (табл. 5) при средних температурах теплоносителя на выходе из котла 74,53 °С и на входе в котел 61,81 °С.

Таблица 5

**Отчет о суточных параметрах работы газового котла системы ГВС
в январе 2016 г. на доме по ул. Комсомольской, 3 (г. Якутск)**

Дата	$t_{ГК}$	$t_{2ГК}$	$V_{ГК}$	$Q_{ГК}$	Дата	$t_{ГК}$	$t_{2ГК}$	$V_{ГК}$	$Q_{ГК}$	
01.01.16	74,53	62,08	26,99	0,325	12.01.16	74,58	62,82	26,85	0,309	
02.01.16	74,54	62,32	27,01	0,322	13.01.16	74,52	62,88	26,86	0,305	
03.01.16	74,52	62,49	27,02	0,315	14.01.16	74,54	62,15	26,85	0,326	
04.01.16	74,56	61,38	27,00	0,347	15.01.16	74,49	62,38	26,88	0,317	
05.01.16	74,47	60,09	26,96	0,379	16.01.16	74,54	62,47	26,84	0,317	
06.01.16	74,58	60,97	26,95	0,358	17.01.16	74,53	61,19	26,75	0,348	
07.01.16	74,51	61,38	26,96	0,341	18.01.16	74,55	61,77	26,77	0,332	
08.01.16	74,57	61,09	26,85	0,351	19.01.16	74,54	61,72	26,77	0,336	
09.01.16	74,49	61,59	26,81	0,337	20.01.16	74,51	62,18	26,79	0,319	
10.01.16	74,57	61,24	26,82	0,347	21.01.16	74,55	62,93	26,80	0,303	
11.01.16	74,52	62,01	26,81	0,328	22.01.16	74,45	60,75	26,73	0,355	
Итого				3,750	Итого				3,567	
Выработано тепловой энергии газовым котлом с 01.01.2016 по 22.01.16 – 7,317 Гкал										

Примечание. $t_{ГК}$ – температура теплоносителя на выходе из котла, °С; $t_{2ГК}$ – температура теплоносителя на входе в котел, °С; $V_{ГК}$ – расход теплоносителя, м³; $Q_{ГК}$ – выработанная котлом тепловая энергия, Гкал.

От солнечных коллекторов, с учетом тепловых потерь, поступило в дуальную систему ГВС (6,108 + 3,934) – 7,317 = 2,725 Гкал. Выработка тепловой энергии солнечными коллекторами за рассматриваемый период с 1 по 22 января 2016 г. составила 27,14 % от общего потребления теплоты системой ГВС и 69,27 % от тепловой энергии, расходуемой на нагрев потребляемой жильцами дома горячей воды из системы ГВС.

Выводы

1. Разработана новая схема дуальной системы горячего водоснабжения (ГВС) с использованием энергии солнца и природного газа (схема 1), состоящая из трех теплообменников-накопителей, трех групп вакуумных трубчатых коллекторов и газового котла. Циркуляционные насосы системы обеспечены резервным электропитанием от солнечных батарей.

2. Выполнена оценка эффективности помесячного замещения природного газа за счет использования солнечной энергии на доме по ул. Матросова, 9, в г. Якутске. Показано, что за 9 месяцев 2013 г. (январь – сентябрь) доля выработанной тепловой энергии солнечными коллекторами составила 75 %.

3. Установлено, что требуемый объем горячей воды с нормативными параметрами системой по схеме 1 в утренние часы обеспечивается не всегда. Для устранения этого недостатка система ГВС усовершенствована (схема 2) путем ночного включения в циркуляционный контур двух из трех теплообменников-накопителей.

4. На основе разработанных программ [7, 8] создан автоматизированный экспериментальный комплекс с внешним доступом для исследования режимов и параметров работы дуальной системы ГВС. Комплекс внедрен в декабре 2015 г. на доме по ул. Комсомольской, 3, в г. Якутске.

5. Выполнено масштабное внедрение дуальной системы ГВС в детском саду и 8 многоквартирных жилых домах энергоэффективного квартала Городского округа «Жатай» в г. Якутске. Установлено, что потребление тепловой энергии циркуляционным контуром в среднем в 1,5 раза больше, чем потребление тепловой энергии на нагрев расходуемой горячей воды.

6. Дальнейшее повышение эффективности дуальной системы ГВС возможно при подключении всех трех групп коллекторов к первому теплообменнику-накопителю в зимнее время и регулировании расходов теплоносителя через них в летнее время. Необходимо ограничить расход воды в циркуляционном контуре в ночное время после детального исследования часовых режимов работы системы ГВС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кривошеин, Ю.О.* Разработка и реализация системы горячего теплоснабжения с использованием солнечной энергии / Ю.О. Кривошеин, Ф.В. Саврасов, Н.А. Цветков // Молодежь, наука, технологии: новые идеи и перспективы : материалы I Международной конф. студентов и мол. ученых, Томск, 11–12 ноября 2014 г. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – С. 152–153.
2. *Цветков, Н.А.* Автономное теплоснабжение малоэтажных зданий в Республике САХА (Якутия) (п. Жатай) с использованием газовых котлов и энергии солнца / Н.А. Цветков, Ю.О. Кривошеин // Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий : сб. материалов II Всероссийской научной конференции с международным участием, ИТФ СО РАН, 24–26 марта 2015 г. – С. 252–259.
3. *Атлас ресурсов солнечной энергии* на территории России / О.С. Попель, С.Е. Фрид, Ю.Г. Коломиец, С.В. Киселева, Е.Н. Терехова. – М. : Изд-во ОИВТ РАН, 2010. – 82 с.
4. *Hernández, E.* Comparison of three systems of solar water heating by thermosiphon / E Hernández, R.E. Guzmán // Journal of Physics: Conference Series. – 2016. – 687. – 012007. – doi:10.1088/1742-6596/687/1/012007.
5. *Ayompe, L.* Thermal performance analysis of a solar water heating system with heat pipe evacuated tube collector using data from a field trial / L. Ayompe, A. Duffy // Solar Energy. – 2013. – V. 90. – P. 17–28.
6. *Цветков, Н.А.* Технология управления параметрами работы инженерных систем строительных объектов с удаленным доступом (на примере ТГАСУ) / Н.А. Цветков, Ю.О. Кривошеин, О.Ю. Кривошеин // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2013. – № 2. – С. 326–336.
7. *Шилин, А.А.* Программы обеспечения связи с GPRS модемами и TCP коммутаторами / А.А. Шилин, Ю.О. Кривошеин. – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013619333. – Дата регистрации 2 октября 2013 г.
8. *Диспетчерский программный комплекс* доставки, хранения, анализа и представления данных / А.А. Шилин, А.В. Малянов, Ю.О. Кривошеин, К.И. Койков. – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013619668. – Дата регистрации 11 октября 2013 г.
9. *Автоматизированная гетерогенная система* диспетчеризации и управления потреблением энергоресурсов / Н.А. Цветков, Ю.О. Кривошеин, А.Н. Хуторной, А.В. Колесникова, Ф.В. Саврасов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 3. – С. 138–150.
10. *Хуторной, А.Н.* Эффективность использования солнечных вакуумных трубчатых коллекторов в природно-климатических условиях Якутии / А.Н. Хуторной, Н.А. Цветков,

Ю.О. Кривошеин // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2016. – № 3. – С. 156–165.

REFERENCES

1. *Krivoshein Y.O., Savrasov F.V., Tsvetkov N.A.* Razrabotka i realizatsiya sistemy goryachego teplosnabzheniya s ispol'zovaniem solnechnoy energii [Development and implementation of hot heating system using solar energy]. *Proc. 1st Int. Sci. Conf. 'Youth, Science, Solutions: Ideas and Prospects'*, Tomsk: TSUAB Publ., 2014. Pp. 152–153. (rus)
2. *Tsvetkov N.A., Krivoshein Y.O.* Avtonomnoe teplosnabzhenie maloetazhnykh zdaniy v respublike SAKhA Yakutiya (p. Zhatay) s ispol'zovaniem gazovykh kotlov i energii solntsa [Independent heating of low-rise buildings with gas boilers and solar energy in the Republic of Sakha Yakutia]. *Proc. 2nd All-Rus. Sci. Conf.* 24–26 March, 2015. Pp. 252–259. (rus)
3. *Popel' O.S., Frid S.E., Kolomiets Y.G., Kiseleva S.V., Terekhova E.N.* Atlas resursov solnechnoy energii na territorii Rossii [Solar energy resources in Russia]. Moscow: MFTI Publ., 2010. 81 p. (rus)
4. *Hernández E.R.E. Guzmán* Comparison of three systems of solar water heating by thermosiphon. *Journal of Physics: Conference Series*. 2016. V. 687. P. 012007.
5. *Ayompe L., Duffy A.* Thermal performance analysis of a solar water heating system with heat pipe evacuated tube collector using data from a field trial. *Solar Energy*. 2013, V. 90. Pp. 17–28.
6. *Tsvetkov N.A., Krivoshein Y.O., Krivoshein O.Y.* Tekhnologiya upravleniya parametrami raboty inzhenernykh sistem stroitel'nykh ob'ektov s udalennym dostupom (na primere TGASU) [Parameter control technology of engineering systems of construction sites with remote access (in the example of TSUAB)]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2013. No. 2. Pp. 326–336. (rus)
7. *Shilin A.A., Krivoshein Y.O.* Programmy obespecheniya svyazi s GPRS modemami i TCP kommunikatorami. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EVM N 2013619333. 2013. (rus)
8. *Shilin A.A., Malyanov A.V., Krivoshein Y.O., Koykov K.I.* RF State Registration Certificate of Software N 2013619668 'Dispatcherskiy programmnyy kompleks dostavki, khraneniya, analiza i predstavleniya dannykh' [Dispatch software package for delivery, store, and analysis of data representation]. 2013.
9. *Tsvetkov N.A., Krivoshein Y.O., Khutornoy A.N., Kolesnikova A.V., Savrasov F.V.* Avtomatizirovannaya geterogennaya sistema dispetcherizatsii i upravleniya potrebleniem energoresursov [Automated heterogeneous system for scheduling and management of energy consumption]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2015. No. 3. Pp. 138–150. (rus)
10. *Khutornoy A.N., Tsvetkov N.A., Krivoshein Y.O.* Effektivnost' ispol'zovaniya solnechnykh vakuumnykh trubchatykh kollektorov v prirodno-klimaticheskikh usloviyakh Jakutii [Effective utilization of vacuum tube solar collectors in climatic conditions in Yakutia]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2016. No. 3. Pp. 156–165. (rus)