

Дибиров М.Г.
С.н.с. ИПГВЭ ОИВТ РАН

Амадзиева Н.А.
С.н.с., к.э.н. ИПГВЭ ОИВТ РАН

Дибирова М.М.
Н.с., к.э.н. ИПГВЭ ОИВТ РАН
г. Махачкала, РФ

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В ДАГЕСТАНЕ

Аннотация: В статье оценивается технико-экономическая эффективность использования систем солнечного теплоснабжения жилых домов в Республике Дагестан.

Ключевые слова: солнечная инсоляция, солнечное теплоснабжение, экономико-экологическое обоснование, Республика Дагестан.

Dibirov M.G., Amadzieva N.A., Dibirowa M.M. TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE USE OF SOLAR HEAT SUPPLY SYSTEMS IN DAGESTAN

Abstract: The article evaluates the technical and economic efficiency of using solar heat supply systems for residential buildings in the Republic of Dagestan.

Keywords: solar insolation, solar heat supply, economic and environmental justification, Republic of Dagestan.

Результаты.

Получены результаты анализа радиационных условий районов Дагестана с точки зрения экономической эффективности применения солнечных тепловых установок. Приведены результаты численных исследований целесообразности использования солнечных тепловых установок для теплоснабжения индивидуальных жилых домов сельского типа в зависимости от их территориального (географического) расположения по республике.

Область применения результатов. Результаты проведенного исследования могут быть использованы при дальнейших разработках солнечных теплоэнергетических установок, которые позволят решить энергетические, социально-экономические и экологические проблемы сельских районов Республики Дагестан.

Выводы. Техничко-экономические расчеты показывают, что энергетическая и экономическая эффективность солнечных установок, используемых для отопления домов, значительно выше в горных районах Дагестана, чем в низменности. Солнечные тепловые установки, используемые в целях теплоснабжения жилых домов в Дагестане, имеют сроки окупаемости от 3,5 - 4,5 года в зависимости от стоимости традиционного топлива и климатической зоны.

Введение.

Республика Дагестан является одним из крупнейших субъектов Российской Федерации, расположенная в восточной части Северного Кавказа. Природные условия Республики разнообразны: от горных хребтов, высотой более 4 км до пологих низменностей, расположенных на отметке ниже уровня моря.

Общая площадь республики составляет 50,3 тыс. км², а численность населения составляет более 2,1 млн чел [8]. Дагестан представляет аграрную республику с населением около 60% сельского населения.

Последние 20 лет показали тенденцию, что энергопотребление увеличилось в 2 раза: с 3,3 млрд кВт/ч в 2000 году до 6,6 млрд. кВт/ч в 2019 году. Однако производство электроэнергии составило 4,1 млрд. кВт/ч, что является низким показателем, учитывая большие темпы роста населения и возрастающее потребление электроэнергии [13]. В республике складывается критическая ситуация эколого-энергетического аспекта. Потребление топливно-энергетических ресурсов в год на одного человека составляет всего 1,5 т условно взятого топлива.

Альтернативой в такой ситуации может быть использование возобновляемых источников энергии, в первую очередь – солнечных тепловых установок. Этому способствует и радиационные условия региона. Продолжительность солнечной инсоляции составляет примерно от 215 дней в году на территориях с преобладанием равнинного рельефа, и 315 дней в году – на территориях горного рельефа. [5]. Использование солнечной энергии является экономически выгодным и экологическим способом энергообеспечения Дагестана, в особенности, труднодоступных участков в горной местности.

Основная часть. Эффективность солнечных установок (как тепловых, так и электрических), напрямую связана с поступлением солнечной энергии на приемную поверхность установок. Солнечные установки эффективно работают там, где наблюдается достаточно большое количество солнечных (ясных) дней. При оценке эффективности СТУ на первый план выходит степень соответствия годового графика производства тепла солнечной установкой с годовым графиком ее потребления. А годовой график теплопроизводительности СТУ напрямую и однозначно определяется графиком распределения солнечных дней по месяцам года [17,18].

Проанализируем влияние распределения солнечных дней по месяцам на годовую производительность солнечных тепловых установок на примере Дагестана. Для этого территорию Дагестана условно разделим на три климатические зоны: равнинная зона (на севере республики), приморская зона (морское побережье) и горная зона (центральный и южный Дагестан). На эти зоны распространены климатические данные с метеостанций Южно-Сухокумск, Махачкала и Гуниб соответственно. Сведения о количестве ясных и пасмурных дней в этих трех климатических зонах Дагестана приведены в таблице 1 [3]. Количество полужасных дней (т.е. дней с переменной облачностью) определяется как разность общего количества дней в месяце и количества солнечных и пасмурных дней. Долгосрочные наблюдения за солнечными водонагревательными установками с плоскими коллекторами, проведенные на полигоне ИПГ ВЭ РАН в Махачкале показали, что в полужасные дни производительность солнечной установки в два раза меньше, чем в безоблачные дни с ясным небом. Поэтому дальнейших расчетах два полужасных дня приравниваются к одному ясному дню [4].

В равнинной зоне республики наблюдается следующая картина годового распределения солнечных дней: наибольшее количество солнечных и полужасных дней приходится на летний период года (апрель-сентябрь), а наименьшее количество - на четыре зимних месяца (ноябрь- февраль).

В приморской зоне наблюдается аналогичная картина: наибольшее количество солнечных и полужасных дней наблюдается в летние месяцы (апрель-сентябрь), а наименьшее количество – в зимние месяцы (ноябрь-март). В приморской зоне, в сравнении с равнинной зоной, количество солнечных дней в летний период примерно одинаково, но в зимний и весенний период года почти два раза меньше, чем в равнинной зоне.

В горной зоне годовое распределение солнечных дней имеет совершенно другой характер: наибольшее количество ясных дней наблюдается в зимний период года (ноябрь-февраль) и наименьшее - в летний период (июнь)

Выполнены расчеты тепловой производительности солнечной тепловой установки применительно к трем климатическим зонам Дагестана. Результаты расчетов приведены в таблице 2. Из таблицы видно, что производительность солнечных установок различается по климатическим зонам Дагестана. Наблюдается сильная зависимость годового графика производительности СТУ от распределения количества солнечных дней по месяцам. Наибольшая годовая (суммарная по месяцам) производительность СВУ наблюдается в горной зоне и составляет 1150кВтч/год в Гунибе. Кроме этого, в горной зоне наблюдается иное годовое распределение месячных значений производительности СТУ: производительность СТУ в осенние и весенние месяцы выше, чем в летний период. Это объясняется тем, что количество солнечных дней в горах больше в зимний период года, чем в летний период. Несмотря даже на то, что производительность установки в солнечный день,

например, в июне, почти в два раза больше, чем в декабре (за счет большей интенсивности солнечной радиации и продолжительности светового дня), месячная производительность СБУ в зимние месяцы в горной зоне выше, чем на равнине или побережье.

Таблица 1

**Среднее число ясных и пасмурных дней по нижней облачности
в различных зонах Дагестана по месяцам**

	Дни	янв	февр	март	апр	май	июнь	июль	авг	сент	окт	ноя	дек
Равнина (Южно-Сухокумск)	ясн	6,0	5,1	4,8	11,9	14,0	11,7	14,7	17,3	13,4	8,1	4,1	1,5
	пасм	12,3	11,0	8,0	1,7	1,0	0,5	0,6	0,8	1,0	4,0	10,6	18,7
	п/я	13	13	17	17	16	18	16	13	16	19	15	11
Побережье (Махачкала)	ясн	3,6	3,0	3,0	8,6	14,3	13,7	16,3	14,3	10,5	6,3	4,8	2,6
	пасм	12,1	12,1	11,1	4,1	0,7	0,8	0,9	0,9	2,3	6,2	9,9	13,5
	п/я	15	12	17	17	16	16	14	16	17	19	15	15
Горы (Гуниб)	ясн	20,7	19,0	18,1	12,0	8,3	5,9	8,4	9,9	11,3	16,6	19,9	19,5
	пасм	1,0	1,3	2,3	3,8	4,1	4,0	4,9	4,8	4,5	2,7	1,5	1,5
	п/я	8	9	11	14	19	20	18	16	14	12	9	6

Таблица 2

Производительность СБУ в н/п Южно-Сухокумск, Махачкала, Гуниб, квтч/м²

		янв	фев	март	апр	май	июнь	июль	авг	сен	окт	ноя	дек	За год
Южно-Сухокумск	день	3,2	3,5	4,0	4,8	5,3	5,5	5,4	5,1	4,9	4,5	4,0	3,0	
	месяц	40	41	53	98	117	114	123	121	105	79	46	21	807
Махачкала	день	2,8	3,2	3,8	4,5	5,2	5,4	5,3	5,0	4,6	4,0	3,2	2,6	
	месяц	31	29	44	77	116	117	123	111	87	63	40	26	864
Гуниб	день	3,6	4,2	4,7	5,0	5,4	5,7	5,5	5,3	5,2	5,0	4,5	3,3	
	месяц	89	99	111	91	91	86	94	95	95	112	110	74	1147

В равнинной и прибрежной зоне суммарная годовая производительность СТУ составляет 810квтч/год и 865квтч/год соответственно, что значительно меньше, чем в горной зоне. Кроме того, распределение месячных значений производительности СТУ сильно отличается от горной зоны: в зимний период года производительность СТУ значительно меньше, чем в летний период. В то же время на равнине и побережье производительность СТУ в летний период больше производительности СТУ в горной зоне.

В летний период года потребности дома на теплоснабжение минимальны и ограничены потребностью только на горячее водоснабжение. Поэтому в горной зоне относительно низкая тепловая производительность СТУ в летний период не сказывается на годовой эффективности СТУ и его коэффициенте замещения. Зато высокая производительность СТУ в зимний период соответствует высокой тепловой потребности дома. Поэтому годовое

значение фактического вклада солнечных установок в теплоснабжение домов в горной зоне оказывается высокой.

Таблица 3

Сроки окупаемости СВУ в зависимости от тарифов на традиционную тепловую энергию, от капитальных затрат на СВУ и её годовой тепловой производительности

		Q _c =800 кВтч/год						Q _c =900 кВтч/год					
Тарифы		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
Затраты на СВУ, тыс./руб/м	5	6,3	4,1	3,1	2,5	2,0	1,8	5,6	3,7	2,8	2,2	1,9	1,6
	6	7,5	5,0	3,7	3,0	2,5	2,1	6,7	4,5	3,4	2,7	2,2	1,9
	7	8,8	5,8	4,3	3,5	2,9	2,5	7,8	5,2	6,9	3,1	2,6	2,2
	8	10,0	6,7	5,0	4,0	3,3	2,9	8,9	5,9	4,4	3,6	3,0	2,5
	9	11,2	7,5	5,6	4,5	3,8	3,2	10,0	6,7	5,0	4,0	3,3	2,9
	10	12,5	8,3	6,3	5,0	4,2	3,6	11,1	7,4	5,6	4,4	3,7	3,2
	11	13,8	9,2	6,9	5,5	4,6	3,9	12,2	8,2	6,1	4,9	4,0	3,5
	12	15,0	10,0	7,5	6,0	5,0	4,3	13,3	8,9	6,7	5,3	4,4	3,8
	13	16,3	10,8	8,1	6,5	5,4	4,6	14,4	9,6	7,2	5,8	4,8	4,1

Продолжение таблицы 3

		Q _c =1000 кВтч/год						Q _c =1100 кВтч/год						Q _c =1200 кВтч/год					
Тарифы		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
Затраты на СВУ, тыс./руб/м	5	5,0	3,3	2,5	2,0	1,7	1,4	4,5	3,0	2,3	1,8	1,5	1,3	4,2	2,8	2,1	1,7	1,4	1,2
	6	6,0	4,0	3,0	2,4	2,0	1,7	5,5	3,7	2,8	2,2	1,8	1,6	5,0	3,3	2,5	2,0	1,7	1,4
	7	7,0	4,7	3,5	2,8	2,3	2,0	6,4	4,2	3,2	2,5	2,1	1,8	5,8	3,9	2,9	2,3	1,9	1,7
	8	8,0	5,3	4,0	3,2	2,7	2,3	7,3	4,9	3,7	2,9	2,4	2,1	6,7	4,5	3,4	2,7	2,3	1,9
	9	9,0	6,0	4,5	3,6	3,0	2,6	8,2	5,5	4,1	3,3	2,7	2,3	7,5	5,0	3,6	3,0	2,5	2,1
	10	10,0	6,7	5,0	4,0	3,3	2,9	9,1	6,1	4,6	3,6	3,0	2,6	8,3	5,5	4,2	3,3	2,8	2,4
	11	11,0	7,3	5,5	4,4	3,7	3,1	10,0	6,7	5,0	4,0	3,3	2,9	9,2	6,1	4,6	3,7	3,1	2,6
	12	12,0	8,0	6,0	4,8	4,0	3,4	10,9	7,3	5,5	4,4	3,6	3,1	10,0	6,7	5,0	4,0	3,3	2,9
	13	13,0	8,7	6,5	5,2	4,3	3,7	11,8	7,9	5,9	4,7	3,9	3,4	10,8	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1

Высокая производительность солнечных установок в летний период года на равнине и приморье оказывается излишней и не находит применения, так как приходится на период наименьшей потребности дома в тепле. Большая часть тепловой энергии, выработанной СТУ в летний период, не находит применения (если площадь коллекторов СТУ не рассчитана только на горячее водоснабжение), приводит к перегреву и закипанию коллекторов, теряется в виде теплопотерь в атмосферу. На основании изучения таблицы 2 уже можно предположить, что экономическая эффективность и целесообразность использования СТУ для теплоснабжения домов будет различаться в зависимости от территориального расположения объектов. Скорее всего, наиболее эффективными будут СТУ в горной зоне, где график производительности СТУ более приближен к графику потребления энергии на теплоснабжение дома. Производительность СТУ в равнинной и прибрежной зоне имеют низкие значения в зимний период (когда наблюдается наибольшая потребность дома в тепловой энергии) и сравнительно высокие значения в летний период, когда тепловая нагрузка дома

наименьшая. Т.о. несоответствие графиков тепловой производительности СТУ и тепловой потребности дома приводит к низкой эффективности СТУ в равнинной и предгорной зонах.

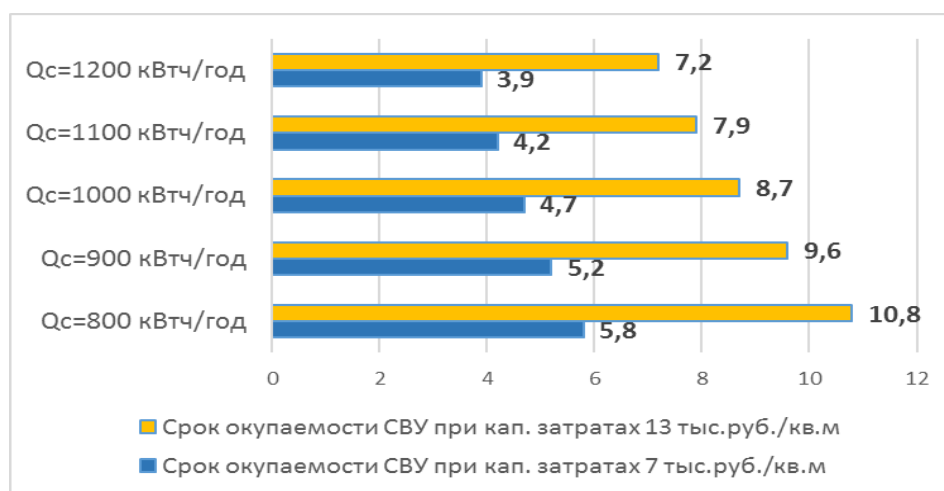


Рис. 1. Сроки окупаемости СТУ при тарифе на традиционную тепловую энергию 1,5 руб./кВтч и годовой выработки тепла Q_c солнечной установкой

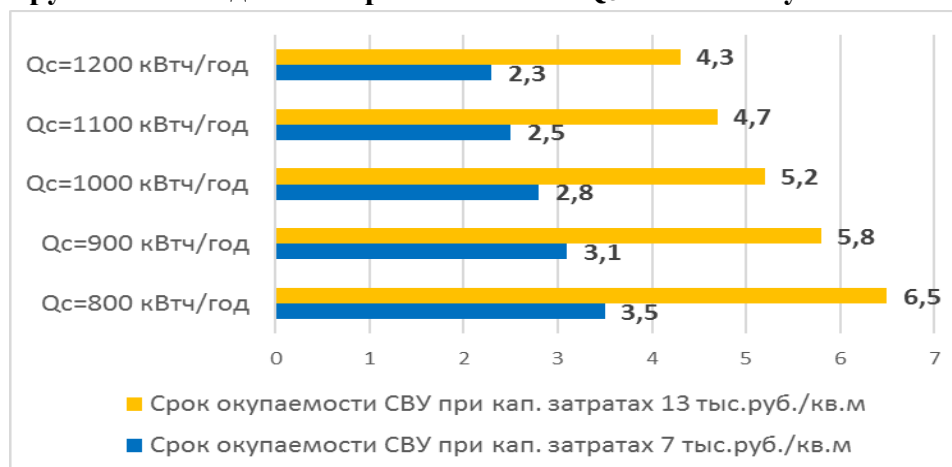


Рис. 2. Сроки окупаемости СТУ при тарифе на традиционную тепловую энергию 2,5 руб./кВтч и годовой выработки тепла Q_c солнечной установкой

На основе проведенных численных исследований целесообразности солнечного энергоснабжения потребителя, результаты которых представлены в данной работе, определена перспективность использования солнечных тепловых установок в целях отопления и горячего водоснабжения небольших жилых домов сельского типа в трех условных географических зонах Дагестана. Результаты расчетов могут быть распространены, и на другие регионы Юга России. Срок окупаемости солнечных тепловых установок не превышает 5 лет (при современных мировых ценах на энергоносители). При производстве теплоты альтернативными системами энергоснабжения социальные и экологические издержки – либо минимальны, либо вообще отсутствуют.

Выводы. Техничко-экономические расчеты показывают, что энергетическая и экономическая эффективность солнечных установок, используемых для отопления домов, значительно выше в горных районах Дагестана, чем в низменности. Солнечные тепловые установки, используемые в целях теплоснабжения жилых домов в Дагестане, имеют сроки окупаемости от 3,5 - 4,5 года в зависимости от стоимости традиционного топлива и климатической зоны.

Дальнейшее развитие проектов по возобновляемым источникам энергии будет целесообразным в связи с улучшением инвестиционного климата в Республике Дагестан и разработке нормативных документов, облегчающих внедрение и реализацию проектов.

Список источников:

1. Алхасов, А. Б., Дибиров, М. Г. Дибирова, М. М. Перспективы использования солнечной энергии в Дагестане //Материалы конференции «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов». -Махачкала, 2012. С. 324.
2. Амадиева, Н. А., Хизриев, А. Ш. Возобновляемая энергетика как один из факторов энергосбережения на сельских территориях Республики Дагестан //Региональные проблемы преобразования экономики. 2016. № 2. С. 90-96.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3, части 1-6, выпуск 15, Гидрометеиздат, Ленинград,1990г.
4. Дибиров М. Г., Амадиева Н.А., Дибирова М.М. Методические основы оценки эффективности солнечных тепловых установок //Региональные проблемы преобразования экономики. 2018г. № 6 \
5. Дибиров, М. Г., Дибирова, М. М. Состояние использования возобновляемых источников энергии в Дагестане //Материалы научной сессии «Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы». - Махачкала, 2014. С. 35.
6. Елистратов В.В, Солнечные энергоустановки. Оценка поступления солнечного излучения // учеб. пособие. — Спб.: Изд - во Политехн.ун - та. — 2012. — 164 с.
7. Магомедова, Н. А. Концепция развития возобновляемой энергетики Республики Дагестан как составная часть инновационной экономической политики // Региональная экономика: теория и практика. 2010. № 38. С. 20-25.
8. Почему только сейчас в Дагестане начинают строиться солнечные электростанции? [Электронный ресурс] [URL:https://riaderbent.ru/pochemu-tolko-sejchas-v-dagestane-nachinayut-stroitsya-solnechnye-elektrostantsii.html](https://riaderbent.ru/pochemu-tolko-sejchas-v-dagestane-nachinayut-stroitsya-solnechnye-elektrostantsii.html)
9. Соболев, М. С. Перспективы развития энергетики в России и в мире / М. С. Соболев, А. В. Быкова. — Текст: непосредственный, электронный // Молодой ученый. — 2017. — № 15 (149). — С. 467-470. — URL: <https://moluch.ru/archive/149/42011/> (дата обращения: 02.05.2020).
10. Сониная, Е. А. Инвестиции в возобновляемую энергетику / Е. А. Сониная. — Текст: непосредственный, электронный // Молодой ученый. — 2015. — № 10 (90). — С. 800-806. — URL: <https://moluch.ru/archive/90/18992/> (дата обращения: 02.05.2020).
11. Ульяновкина, И. В. Динамика использования возобновляемых источников энергии в мире в период с 2005 по 2015 год / И. В. Ульяновкина, А. А. Авраменко. — Текст: непосредственный, электронный // Молодой ученый. — 2017. — № 48 (182). — С. 150-154. — URL: <https://moluch.ru/archive/182/46824/> (дата обращения: 02.05.2020).
12. Фрид, С. Е., Коломиец, Ю. Г. Эффективность и перспективы использования различных систем солнечного нагрева воды в климатических условиях Российской Федерации // Теплотехника. 2011. № 11.
13. Юмаев, Н. Р. Экологические аспекты применения возобновляемых источников энергии / Н. Р. Юмаев. — Текст: непосредственный, электронный // Современные тенденции технических наук: материалы VI Междунар. науч. конф. (г. Казань, май 2018 г.). — Казань: Молодой ученый, 2018. — С. 16-21. — URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/300/14145/> (дата обращения: 02.05.2020).