

УДК 620

ДИБИРОВ МАГОМЕД ГАДЖИМАГОМЕДОВИЧ
старший научный сотрудник ФОИВТ РАН,
e-mail: magdib48@mail.ru

АМАДЗИЕВА НАИДА АБДУЛЛАЕВНА
к.э.н., старший научный сотрудник ФГБУН
«Институт социально-экономических исследований» ДНЦ РАН,
ФОИВТ РАН, e-mail: naida047@inbox.ru

ДИБИРОВА МАРЖАНАТ МАГОМЕДОВНА
научный сотрудник ФОИВТ РАН,
e-mail: gadjieva_marik@mail.ru

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ УСТАНОВОК

Аннотация. Целью данной работы является разработка основ методики оценки эффективности солнечной тепловой установки. **Методология проведения работы.** Исследование основывается на общенаучной методологии, которая предусматривает применение системного подхода к решению рассматриваемой проблемы. **Результаты.** В статье представлена методика оценки эффективности солнечных тепловых установок, которые используются для отопления и горячего водоснабжения жилищно-коммунальных, сельскохозяйственных и промышленных зданий и сооружений, расположенных в благоприятных климатических условиях. Наиболее благоприятными для использования солнечной энергии регионами России является Северо-Кавказский федеральный округ. Годовое поступление солнечной энергии на горизонтальную поверхность в этих регионах колеблется от 1280 до 1870 кВт*ч на 1 кв. м в год, а продолжительность солнечного излучения составляет от 2000 до 3000 часов в год. Выполнен расчет эффективности солнечной установки для горячего водоснабжения и частичного отопления жилого дома, в которых использованы разработанные нами солнечные коллекторы. Благодаря широкому использованию полимерных материалов при изготовлении коллекторов и простой технологии изготовления, их стоимость не превышает 5000 руб./кв. м). Капитальные затраты на солнечные установки не превышают 9000 рублей на 1 кв. м, включая стоимость тепловых аккумуляторов, вспомогательного оборудования, монтажных и пуско-наладочных работ. Ежегодные эксплуатационные затраты практически отсутствуют. Поэтому срок окупаемости таких установок не превышает 3 года, а коэффициент замещения — не менее 40 %. Солнечные тепловые установки являются конкурентоспособными и могут обеспечить положительные экономические, социальные и экологические эффекты. **Область применения.** Проектирование и создание солнечных энергетических установок, комбинированных систем с солнечными тепловыми коллекторами, тепловыми насосами, тепловыми аккумуляторами, простых водонагревательных установок, предназначенных для горячего водоснабжения отопления жилых домов или других потребителей тепловой низкопотенциальной энергии. Развитие этих технологий необходимо для постепенного перехода к домам с полным теплообеспечением за счет возобновляемой солнечной энергии. **Выводы.** Расчеты экономической эффективности и результаты испытаний солнечных установок в Дагестане определили их высокую энергетическую и экономическую эффективность.

Ключевые слова: солнечная тепловая установка, возобновляемые источники энергии, тепловой коллектор, энергоэффективность, методика.

DIBIROV MAGOMED GAJIMAGOMEDOVICH
Senior Research Associate of FJIHT, Branch of RAS,
e-mail: magdib48@mail.ru

AMADZIEVA NAIDA ABDULLAEVNA

*Candidate of Economic Sciences, Senior Research Associate of FSBIS "Institute of Social-Economic Studies of DSC of the RAS", FJIHT, Branch of RAS,
e-mail: naida047@inbox.ru*

DIBIROVA MARJANAT MAGOMEDOVNA

*Research Associate of FJIHT, Branch of RAS,
e-mail: gadjjeva_marik@mail.ru*

METHODICAL FOUNDATIONS OF EVALUATION OF EFFECTIVENESS OF SOLAR-THERMAL SETUPS

Abstract. *The goal of this study* is developing the foundations for the method of evaluation of effectiveness of a solar-thermal setup. **The methodology of completing the study.** The study is based on the general scientific methodology that presumes using a systemic approach to solving the problem under discussion. **The results.** The manuscript presents a method of evaluation of effectiveness of solar-thermal setups that are used for heating and for hot water supply of housing and municipal, agricultural and manufacturing buildings and structures located in favorable climatic conditions. The most favorable for the use of solar energy regions of Russia is the North Caucasian Federal District. The yearly supply of solar energy for the horizontal surface in these regions fluctuates from 1280 to 1870 kWh per 1 sq.m. per year, and the duration of solar radiation is between 2000 to 3000 hours per year. We have calculated the effectiveness of a solar setup for hot water supply and for partial heating of a residential house where we use the solar collectors that we have developed. Due to a wide use of polymer materials when making collectors and due to a simple technology of production their cost is not higher than 5000 rub/sq.m). Capital expenditures towards solar setups are no more than 9000 rubles per 1 sq.m. including the cost of thermal batteries, auxiliary equipment, assembling and installation and startup activities. Yearly operational expenses are practically negligent. Therefore, the rate of return of these setups is no more than 3 years, and the replacement rate is not less than 40%. Solar-thermal setups are competitive products and can provide for positive economic, social and environmental effects. **The area of application.** Designing and creating solar-thermal setups as integrated systems with solar-thermal collectors, thermal pumps, thermal batteries, as well as simple water heating setups for hot water heating supply for residential houses and other consumers of thermal low potential energy. The development of these technologies is necessary for a step-by-step transition towards houses with complete thermal supply from renewable solar energy. **The conclusions.** Calculations of economic effectiveness and the results of tests of solar setups in Dagestan determined their high energy and economic effectiveness.

Keywords: *a solar-thermal setup, renewable energy sources, a thermal collector, energy effectiveness, a method.*

Введение. В России в основном используется электроэнергия, вырабатываемая на теплоэлектростанциях, работающих на угле, мазуте и газе, а также на атомных электростанциях и гидроэлектростанциях. Использование возобновляемых источников энергии приобретает все большую актуальность в связи с тем, что традиционные источники ограничены и их использование наносит вред окружающей среде. В результате все большее значение приобретает солнечная энергия, которая может быть использована для получения экологически чистой тепловой и электрической энергии.

Системы, содержащие солнечные тепловые, фотоэлектрические, ветроэнергетические технологии в сочетании с тепловыми насосами, являются одними из перспективных систем, которые могут обеспечить значительную экономию традиционного топлива. Для экономичного отопления жилых помещений, а также для высокоэффективных тепловых систем с нулевым потреблением энергии из электрических и газовых сетей предлагается использовать солнечные тепловые системы, в состав которых входят тепловые насосы, тепловые коллекторы и солнечные фотоэлектрические преобразователи [1, 4, 5, 10].

Эффективность энергетических установок, в частности солнечных установок, складывается из двух составляющих: энергетической (или технической) эффективности и экономической эффективности. Энергетическая эффективность солнечных тепловых установок зависит в первую очередь от технических характеристик коллекторов (от конструкции и эффективности поглощающего элемента, от типа его черного покрытия, который может быть как селективным, так и простой черной матовой краской, от теплоизоляционных свойств корпуса коллектора, от материала и оптических свойств прозрачного покрытия). Поэтому давать оценку или судить об энергетической эффективности солнечных установок невозможно, не изучив технические характеристики, в первую очередь используемых в установке солнечных коллекторов. При проектировании и создании солнечных энергетических установок на первое место ставится задача минимизации стоимости вырабатываемой тепловой или электрической энергии. Может оказаться, что выгоднее иметь установку с меньшей энергетической эффективностью (меньшим КПД), но с небольшими материальными затратами на нее. Поэтому в любом случае необходимо в первую очередь определить ожидаемые теплотехнические характеристики коллекторов, а потом на основе них рассчитать экономическую эффективность [2, 3, 8].

Методы исследования. Одной из ключевых технических характеристик коллектора является полный коэффициент теплопотерь коллектора U_L . Коэффициент теплопотерь учитывает все тепловые потери коллектора через верхнее прозрачное покрытие, дно и стенки.

Следующим параметром является $(\tau \cdot \alpha)$ – приведенная поглощательная способность коллектора (произведение коэффициента пропускания прозрачного покрытия коллектора на коэффициент поглощения черного поглощающего покрытия коллектора). Этот коэффициент является основной оптической характеристикой коллектора.

Полный коэффициент тепловых потерь коллектора является основным параметром, определяющим теплотехнические качества коллектора.

Испытания по определению произведения полного коэффициента тепловых потерь коллектора и коэффициента эффективности поглощающей панели ($F^1 U_L$) коллектора выполняют на теплогидравлическом стенде, установленном в лабораторном помещении. На специальной подставке под углом 45° к горизонту крепят испытуемый коллектор. Коллектор присоединяют к трубопроводам стенда. Контур стенда заполняют водой. Необходимо убедиться в отсутствии воздуха в контуре. Включают насос термостата и по расходомеру устанавливают расход воды через коллектор $15 \text{ кг} / (\text{м}^2 \times \text{ч})$.

Условия проведения испытаний заключаются в том, что расход воды через коллектор в течение испытания не должен колебаться более чем на $\pm 1\%$. Условия испытаний считают стационарными, если температура воды на входе и выходе из коллектора и температура окружающего воздуха в течение 10 минут не изменялась более чем на $0,1^\circ\text{C}$. В испытаниях регистрируют (через 20 мин после выхода на стационарный режим) температуру воды на выходе и входе коллектора, температуру окружающего воздуха, расход воды через коллектор. Испытания проводят при расходе воды через коллектор $15\text{--}25 \text{ кг} / (\text{м}^2 \times \text{ч})$ и температуре воды на входе в коллектор $30, 40, 50$ и 60°C . Изменение температуры воды осуществляют от испытания к испытанию. Таким образом, проводится не менее 4 испытаний.

По итогам испытаний определяют произведение общего коэффициента тепловых потерь коллектора и коэффициента эффективности поглощающей панели по формуле (1) [9]:

$$U_L = G \text{Cp} (T_{\text{вх}} - T_{\text{вых}}) / A (T_{\text{ж}}^{\text{с}} - T_{\text{воз}}) \quad (1),$$

где U_L – общий коэффициент тепловых потерь, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$;

G – расход воды через коллектор, $\text{кг}/\text{ч}$;

A – площадь тепловоспринимающей поверхности, м^2 ;

Cp – теплоемкость воды, $\text{Вт} \times \text{ч} / (\text{кг} \times ^\circ\text{C})$;

$T_{\text{вх}}$ – температура воды на входе в коллектор, $^\circ\text{C}$;

$T_{\text{вых}}$ – температура воды на выходе из коллектора, $^\circ\text{C}$;

$T_{\text{воз}}$ – температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$;

$T_{\text{ж}}^{\text{с}}$ – средняя температура воды в коллекторе, равная половине суммы температур воды на входе и выходе из коллектора, т. е. $T_{\text{ж}}^{\text{с}} = (T_{\text{вх}} + T_{\text{вых}}) / 2$ [2].

Другой характеристикой солнечного коллектора является КПД (коэффициент полезного действия), который считается мерой совершенства коллектора. КПД определяется как отноше-

ние количества тепловой энергии Q_n , полученное за какой-то период времени, к количеству солнечной энергии J , поступившее на поверхность коллектора за тот же период времени [7].

На втором этапе исследований проводятся испытания солнечной тепловой установки во взаимодействии всех ее узлов, в том числе определение дневной, месячной и годовой полезной производительности солнечной установки при различных температурных и актинометрических условиях эксплуатации. Режим работы солнечной установки описывается уравнением энергетического баланса, которое разделяет энергию солнечной радиации на полезную энергию и потери. Энергетический баланс установки в целом можно представить в виде формулы (2) [3]:

$$A_c [J \cdot R(\tau \cdot \alpha)]_s = Q_n + Q_T + Q_a \quad (2), \text{ где}$$

A_c – площадь коллектора;

J – плотность потока суммарной солнечной радиации, падающего на единицу площади поверхности коллектора;

R – коэффициент перевода плотности потока J на произвольную плоскость к плотности потока излучения в плоскости ориентации коллектора;

$(\tau \cdot \alpha)$ – приведенная поглощательная способность коллектора относительно суммарного (прямого и рассеянного) солнечного излучения;

Q_n – тепловой поток, переданный потребителю через систему отопления и горячего водоснабжения;

Q_T – тепловые потери коллекторов и трубопроводов и теплового аккумулятора в окружающую среду путем излучения и конвекции;

Q_a – поток тепла, накопленный в тепловом аккумуляторе установки.

Учитывая, что тепловую энергию, накопленную в аккумуляторе, можно считать полезно используемой в дальнейшем, фактическая тепловая производительность установки (Q_n) за период времени Δt более удобно определять по формуле (3):

$$Q_n = G C_p (T_{\text{вых}} - T_{\text{вх}}) \Delta t \quad (3),$$

где G – расход теплоносителя на выходе коллекторов, кг/час;

C_p – теплоемкость теплоносителя, Вт*ч/кг град;

$T_{\text{вх}}$ и $T_{\text{вых}}$ – температура теплоносителя на входе и выходе коллекторов;

Δt – продолжительность периода времени между измерениями, час.

Для более точного определения полезного тепла, поступившего в систему отопления и горячего водоснабжения, с учетом всех теплопотерь трубопроводов, самого аккумулятора, коллекторов, необходимо измерить температуру теплоносителя на выходе и входе аккумулятора на стороне потребителя, а не на стороне коллекторов. Для расчета используется уравнение (3). Результат расчета получится со знаком «минус», означающий, что в данном случае происходит отдача тепла из аккумулятора, т. е. аккумулятор охлаждается.

В испытаниях одновременно регистрируют плотность потока суммарной солнечной радиации в плоскости коллекторов, температуру окружающего воздуха, температуру воды на входе в коллектор, температуру воды на выходе из коллектора, расход воды через коллекторы. При испытаниях солнечных установок плотность потока солнечной радиации измеряется, как правило, в плоскости поверхности коллекторов.

В результатах испытаний по этой методике автоматически учитываются оба основных технических параметра солнечных коллекторов, т. е. коэффициент полных теплопотерь и приведенная поглощательная способность. В этом случае отпадает необходимость предварительных испытаний коллекторов на предмет определения значения вышеназванных параметров. Если измерения производятся через каждый час, результаты расчетов являются часовой производи-

тельностью коллекторов или установки в целом.

Для измерения интенсивности потока солнечного излучения используется пиранометр 20 М-80 в паре с гальванометром ГСА. Пиранометр М-80 позволяет определить интенсивность суммарного (прямого + диффузного) потока солнечного излучения. Пиранометр устанавливается в плоскости приемной поверхности коллекторов. Для измерения скорости ветра используется анемометр. При испытаниях солнечной установки анемометр устанавливается не далее 3 метров от установки и на высоте верхней точки коллекторов. Для измерения расхода жидкости через коллекторы используется высокоточный лабораторный расходомер, устанавливаемый на входе в коллекторы. Для измерения температурных параметров используются термопары «хромель-алюмель». Термопары установлены на входе и выходе коллекторов. Для контроля термопар используются лабораторные ртутные термометры с ценой деления до 0,2 градуса.

Дневная производительность определяется как сумма часовых значений производительности.

Дневная производительность $Q_{\text{дн}}$ установки определяется по формуле (4):

$$Q_{\text{дн}} = G \times C_p (T_{\text{вых}} - T_{\text{вх}})^{\Sigma} \quad (4),$$

где G и C_p – расход и теплоемкость теплоносителя, проходящего через приемник;

$(T_{\text{вых}} - T_{\text{вх}})^{\Sigma}$ – сумма разности температур теплоносителя на выходе и входе приемника в течение дня, измеренные через равные периоды времени (1 час).

В режиме работы солнечной установки с постоянным расходом теплоносителя через коллекторы величина $(T_{\text{вых}} - T_{\text{вх}})$ есть переменная во времени, что обусловлено нестационарностью поступления радиации, наружной температуры, скорости ветра и др. Поэтому $(T_{\text{вых}} - T_{\text{вх}})^{\Sigma}$ есть величина, определяемая как сумма разности температур ряда разновременных измерений за период испытаний.

Упрощенный расчет месячной производительности установки может производиться по уравнению (5):

$$Q_{\text{мес}} = Q_{\text{дн}} (n_{\text{я}} + 1/2n_{\text{п}}) \quad (5),$$

где $n_{\text{я}}$ и $n_{\text{п}}$ – число ясных и «полуясных» дней в месяце. Два полуясных дня приравниваются к одному ясному дню, который мы называем «условно ясным» днем. Фактическое определение производительности солнечной тепловой установки за более продолжительный период времени, например, за несколько месяцев или за год, можно производить с помощью тепломерных приборов, установленных на месте отбора тепла от солнечной установки. Эти приборы контролируют и записывают (сохраняют в памяти) расход горячей воды и перепад температур на входе и выходе солнечной установки.

Результаты. В соответствии с вышеприведенной методикой проведены расчеты экономической эффективности солнечной тепловой установки, предназначенной для горячего водоснабжения и частичного отопления дома с количеством жильцов 3 чел. Расчетная тепловая нагрузка дома составляет 10 кВт. Из них на горячее водоснабжение – 1,4 кВт. Годовой расход тепла на отопление 17 000 кВт*ч/год. Годовой расход тепла на горячее водоснабжение равен 3500 кВт*ч/год. Суммарный расход тепла на теплоснабжение дома составляет 20 500 кВт*ч/год. Суммарная площадь поверхности солнечных коллекторов составляет 10 кв. м.

Испытывалась солнечная экспериментальная установка с поликарбонатными коллекторами, установленная под углом наклона 45° на экспериментальной площадке, где скорость ветра

$v^{\text{в}}$ во время испытаний коллектора не превышала 5 м/с в ясные солнечные дни. Испытания проводились при постоянном расходе воды через коллектор 15 кг / (м²час). В таблице 1 приведены результаты расчетов дневных испытаний солнечной установки в середине августа. Результаты дневных испытаний солнечной установки в остальные месяцы года приведены в таблице 2. Испытания проводились не менее чем 3–5 солнечных дней в течение каждого месяца.

Из таблицы 1 следует, что дневная тепловая производительность солнечной установки с площадью коллекторов 10 кв. м в солнечный день в августе достигает 46 кВт*ч. Количество суммарной солнечной энергии, поступившей на поверхность коллекторов, составляет 64,64 кВт*ч/день (интенсивность радиации 6,464 кВт*ч/день на 1 кв. м).

Таблица 1

Результаты испытаний солнечной водонагревательной установки в ясный день в климатических условиях г. Махачкала, август

Время дня параметр	7 ⁰⁰	8 ⁰⁰	9 ⁰⁰	10 ⁰⁰	11 ⁰⁰	12 ⁰⁰	13 ⁰⁰	14 ⁰⁰	15 ⁰⁰	16 ⁰⁰	17 ⁰⁰	За день
J Вт/м ²	160	370	585	760	880	920	886	766	592	377	168	6464
$T_{нар}$, °С	23	23	24	25	26	27	29	30	30	29	28	
V , м/сек	2,0	2,0	1,5	1,5	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	
$T_{вх}$, °С	30	30	32	35	36	36	37	38	38	37	36	
$T_{вых}$, °С	35	45	57	64	70	73	73	67	60	50	41	
$U_{пол}$, Вт/м ²	115	270	430	540	620	660	650	550	430	270	120	
$Q_{тп}$, Вт*ч	1150	2700	4300	5400	6200	6600	6500	5500	4300	2700	1200	46550

Источник: рассчитано автором, Дибиров М. Г., с.н.с. ФОИВТ РАН.

J – интенсивность суммарной солнечной радиации на поверхности коллекторов, (Вт/м²);
 $T_{нар}$, $T_{вх}$ и $T_{вых}$ – температуры наружного воздуха, на входе и на выходе коллекторов соответственно;

V – скорость ветра, м/сек;

$U_{пол}$ – удельная тепловая мощность установки, Вт/м²;

$Q_{тп}$ – теплопроизводительность установки, Вт*ч.

Энергетическая эффективность (или коэффициент полезного действия – КПД) определяется как отношение $Q_{тп}$ к J . В нашем случае эффективность коллекторов составляет $46550 / 64640 = 0,72$. Этот показатель находится на уровне лучших зарубежных аналогов и позволяет считать, что исследуемые поликарбонатные солнечные коллекторы, разработанные ФОИВТ РАН в г. Махачкале совместно с НПП «РЕСУРС-М», по своим теплотехническим характеристикам несколько не уступают мировым стандартам.

Таблица 2

Месячная тепловая производительность солнечной установки с площадью коллекторов 10 кв. м в климатических условиях г. Махачкала

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
n	4	4	16	15	17	20	22	25	23	20	14	5	
$Q_{днев}$, кВт*ч	2,5	3,0	3,5	4,4	4,6	5,0	4,9	4,8	4,7	4,5	4,0	3,0	
$Q_{мес}$, кВт*ч	100	120	560	660	782	1000	1080	1220	1078	890	560	150	8190

Источник: рассчитано автором, Дибиров М. Г., с.н.с. ФОИВТ РАН.

n – сумма ясных и «условно ясных» дней в месяце;

$Q_{днев}$ – производительность установки в ясный день, кВт*ч;

$Q_{мес}$ – производительность установки в месяц, кВт*ч.

Расчет возможной месячной производительности солнечной установки производится с учетом количества солнечных и полусолнечных дней. Годовая тепловая производительность солнечной установки складывается из месячных значений производительности и равна 8190 кВт*ч тепловой энергии. Здесь необходимо сделать небольшое допущение, что вся вырабатываемая энергия солнечной установкой расходуется полезно, т. е. идет на отопление и горячее водоснабжение. Речь идет о том, что схема системы теплоснабжения дома должна быть такой, что сначала используется тепловой и температурный потенциал солнечной установки, а дублирующий источник тепла на газе или электроэнергии вступает в действие только при истощении возможности солнечной установки. Коэффициент замещения солнечной энергии в нашем примере составляет $8190 \text{ кВт*ч} / 20500 = 0,4$, т. е. 40 % всей тепловой нагрузки дома обеспечивается от солнечной тепловой установки.

Допустим, что тариф на электроэнергию составляет 2,5 руб. за 1 кВт*ч. В таком случае стоимость произведенной солнечной установкой тепловой энергии равна $8190 \text{ кВт*ч} \times 2,5 \text{ руб./кВт*ч} = 25\,000 \text{ руб./год}$. В испытываемой установке использованы коллекторы производства «РЕСУРС-М», стоимость которых не превышает 5000 руб. за 1 кв. м. Стоимость всей солнечной установки, с учетом затрат на комплектующие узлы (аккумулятор тепла, трубы, насосы) и монтажные работы, не превышает 9000 руб. за 1 кв. м. Стоимость солнечной установки с площадью коллекторов 10 кв. м составит 90 000 руб., а срок окупаемости – 3,6 года.

Выводы. Результаты испытаний экспериментальной партии солнечных поликарбонатных коллекторов показали их достаточно высокую энергетическую и экономическую эффективность, устойчивость к атмосферному воздействию, что позволяет нам рекомендовать солнечные тепловые установки на их базе для массового использования в Республике Дагестан. Солнечные тепловые установки могут быть использованы для отопления и горячего водоснабжения любых жилищно-коммунальных, сельскохозяйственных и промышленных зданий и сооружений, расположенных в благоприятных климатических условиях, т. е. в районах, где наблюдается относительно большое число солнечных дней в году. Они могут быть использованы для нагрева воды в бассейнах, для горячего водоснабжения индивидуальных и коллективных потребителей, отопления зданий. Как с энергетической, так и с экономической точек зрения для создания бытовых солнечных водонагревателей целесообразно использовать солнечные коллекторы невысокой стоимости, но с хорошими теплотехническими и оптическими параметрами, однослойным прозрачным покрытием и без селективного покрытия, т. к. использование двухслойных прозрачных покрытий и селективного нанесения на поглощающую поверхность приводит к значительному увеличению стоимости коллекторов, но не приводит к соответствующему повышению их энергетической эффективности.

Литература

1. Алхасов А. Б. *Возобновляемая энергетика*. – М.: ФИЗМАЛИТ, 2010. – 256 с.
2. Амадзиев А. М., Дибиров М. Г. *Поликарбонатный солнечный коллектор // Материалы Международного семинара «Возобновляемые источники энергии: материалы и технологии»*. – Махачкала, 2007.
3. Амадзиев А. М., Дибиров М. Г., Дибирова М. М., Джаруллаев Д. С. *Новые материалы для солнечных коллекторов // Пищевая промышленность*. – № 2. – 2008.
4. Амадзиева Н. А. *Потенциал и проблемы использования возобновляемых источников энергии в Республике Дагестан и СКФО // Региональные проблемы преобразования экономики*. – 2015. – № 3 (53).
5. Амадзиева Н. А., Хизриев А. Ш. *Возобновляемая энергетика как один из факторов энергосбережения на сельских территориях Республики Дагестан // Региональные проблемы преобразования экономики*. – 2016. – № 2.
6. Андерсон Б. *Солнечная энергия, основы строительного проектирования*. – Москва: «Стройиздат». – 1982.
7. Даффи Д. А., Бекман У. А. *Тепловые процессы с использованием солнечной энергии*. Москва: Издательство «МИР». – 1977.
8. Дибиров М. Г., Амадзиев А. М., Джаруллаев Д. С., Дибирова М. Г. *«Поликарбонатный солнечный коллектор – 1»*. Патент на полезную модель № 84093.
9. Дибиров М. Г., Амадзиев А. М., Дибирова М. М. *Отчет НИОКР «Разработка солнечных поликарбонатных коллекторов» // ВНИИЦ. Рег. № 01200952464*.
10. Магомедова Н. А. *Концепция развития возобновляемой энергетике Республики Дагестан как составная часть инновационной экономической политики // Региональная экономика: теория и практика*. – 2010. – № 38.
11. Магомедова Н. А. *Стратегия привлечения возобновляемых энергоресурсов в развитие потенциала энергетике как составная часть инновационной политики региона // Региональные проблемы преобразования экономики*. – № 1. – 2011.

12. Попель О. С., Фрид С. Е. Об использовании солнечных водонагревателей в климатических условиях средней полосы России // Проблемы энергосбережения. – № 7. – 2001.
13. Селиванов Н. П., Мелуа А. И., Зоколей С. В. и др. Энергоэффективные здания. Изд. «Стройиздат». – М., 1988.
14. Сибикин Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие/ 2-е издание. – М.: КНОРУС, 2012. – 240 с.
15. Фортвов В. Е., Попель О. С. Энергетика в современном мире. – Долгопрудный: Изд. дом «Интеллект», 2011. – 167 с.
16. Фрид С. Е., Коломиец Ю. Г. Эффективность и перспективы использования различных систем солнечного нагрева воды в климатических условиях Российской Федерации // Теплотехника. – № 11. – 2011.
17. Шпильраин Э. Э. Возобновляемые источники энергии и их перспективы для России. Энергетика России – проблемы и перспективы. – Москва, 2002.
18. Impact of Wind Power Generation In Ireland on the Operation of Conventional Plant and the Economic Implications. ESB National Grid, 2004.
19. J. Dahmann, K. Baldwin. Understanding the Current State of US Defense Systems of Systems and the Implications for Systems Engineering // IEEE Systems Conference. Montreal, 2008.
20. Pyster P. Gardner. Critical Success Factors in Systems of Systems Engineering // Tactical Systems Solutions Business Unit, 2006.

References:

1. Alkhasov A. B., Renewable energy. M.: FIZMATLIT, 2010. 256 p.
2. Amadziev A. M., Dibirov M. G. Polycarbonate solar collector // proceedings of the International seminar «Renewable energies: materials and technologies». Makhachkala. 2007.
3. Amadziev A. M., Dibirov M. G., Dibirova M. M., Gurulev D. S. New materials for solar collectors // Food industry. No. 2. 2008.
4. Amadzieva N.A. The potential and problems of renewable energy sources in the Republic of Dagestan and the North Caucasus Federal district // Regional problems of transformation of the economy. 2015. No. 3 (53).
5. Amadzieva N. A., Hizriev A. Sh. Renewable energy as one of the factors of energy saving in rural areas of the Republic of Dagestan // Regional problems of economic transformation. 2016. No. 2.
6. Anderson B. Solar energy, the basics of building design. Moscow: «Stroyizdat», 1982.
7. Daffy D. A., Beckman U. A. Thermal processes using solar energy. Moscow: MIR publishing House, 1977.
8. Dibirov M. G., Amadieu A. M., Gurulev D. S., Dibirova, G. M. «Polycarbonate solar collector – 1». Patent for utility model. No. 84093.
9. Dibirov M. G., Amadieu M. A., Dibirova M. M. Report R & d «Development of polycarbonate solar collectors» // Vntic. Reg. № 01200952464.
10. Magomedova N. Ah. The concept of development of renewable energy of the Republic of Dagestan as an integral part of innovative economic policy // Regional economy: theory and practice. 2010. No. 38.
11. Magomedova N. Ah. Strategy of attracting renewable energy resources in the development of energy potential as an integral part of the innovation policy of the region // Regional problems of economic transformation. No. 1. 2011.
12. Popel O. S., Frid S. E. On the use of solar water heaters in the climatic conditions of Central Russia. // Energy Saving Problems. No. 7. 2001.
13. Selivanov N. P., Melua A. I., Socola V. and others. Energy-Efficient buildings. Ed. «Stroyizdat». M., 1988.
14. Sibikin Y. D. alternative and renewable energy sources: textbook/ 2nd edition. M.: KNORUS, 2012. 240 p.
15. Fortov V. E., Popel O. C. Energy in the modern world. Dolgoprudny: Publishing House. house «Intellect», 2011. 167 p.
16. Frid S. E., Kolomiets Yu. G. Efficiency and prospects of using various systems of solar water heating in climatic conditions of the Russian Federation // Hheat Engineering. No. 11. 2011.
17. Shpil'rain E. E. Renewable energy sources and their prospects for Russia. Energy in Russia-problems and prospects. Moscow, 2002.
18. The impact of wind Power in Ireland on the operation of traditional power plants and economic consequences. ESB National Grid, 2004.
19. Dahmann J. and K. Baldwin. Understanding the current state of U. S. defense systems and implications for system design // IEEE Systems Conference. Montreal, 2008.
20. Pyster P. Gardner. Critical success factors in systems engineering // Tactical systems division, 2006.