

ВНЕДРЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СИСТЕМЫ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА ЮЖНЫХ РЕГИОНОВ СТРАНЫ

Руденко Михаил Федорович, доктор технических наук, профессор, Астраханский государственный технический университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: mf.rudenko@mail.ru

Саинова Виктория Николаевна, кандидат технических наук, доцент, Астраханский государственный технический университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: kivragtu@gmail.com

Кульбаракова Майя Баймуратовна, магистр, Астраханский государственный технический университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: chapickmaxwell@gmail.com

Энергия солнечной радиации является экологически безопасным источником и в настоящее время способна заменить получение электрической и тепловой энергии для технических и хозяйственных нужд предприятий и организаций. В данном исследовании предлагается методика для расчета эффективности внедрения гелиоэнергетических станций получения тепловой энергии на основании критериальных зависимостей с управляемыми и неуправляемыми коэффициентами в сравнении с существующими традиционными способами на котельных, работающих на газообразном, жидком и твердом топливах. Внедрение новых концентраторов солнечной энергии в гелиоприемных устройствах позволяет значительно улучшить показатели некоторых критериальных коэффициентов. Расчеты интегральных критериев эффективности внедрения гелиоэнергетических станций для получения тепловой энергии показали, что в настоящее время целесообразно внедрение комбинированных станций, использующих энергию сжигаемого природного газа и солнечной радиации.

Ключевые слова: солнечная энергия, интегральный критерий, экологичность, метеорологические условия, отчуждение территорий, безопасность, трудоемкость, концентраторы, эффективность внедрения

INTRODUCING OF SOLAR ENERGY IN SYSTEMS OF NATURAL BUILDING OF SOUTHERN REGIONS' COUNTRY

Rudenko Mikhail F., D.Sc. in Engineering, Professor, Astrakhan State Technical University, 16 Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: mf.rudenko@mail.ru

Sainova Viktoriya N., C.Sc. in Engineering, Associate Professor, Astrakhan State Technical University, 16 Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: kivragtu@gmail.com

Kulbarakova Maiia B., Master, Astrakhan State Technical University, 16 Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: chapickmaxwell@gmail.com

The energy of solar radiation is an environmentally friendly source and nowadays it is able to substitute production of electrical and thermal energy for technical and household

needs of enterprises and organizations. In this study, we proposing a methodology for computation the efficiency of introducing solar energy stations for obtaining thermal energy based on criteria dependencies with controllable and uncontrolled coefficients in comparison with existing traditional methods in boiler houses operating on gaseous, liquid and solid fuels. The introduction of new solar energy concentrators in helio-receiving devices makes possibility to improve significantly the performance of some criteria coefficients. Calculations of integral criteria of the efficiency of introducing solar energy stations for obtaining thermal energy have shown that nowadays it is advisable to introduce combined stations, which uses energy of burning natural gas and the energy of solar radiation.

Keywords: solar energy, integral criterion, environmentally friendly, metrological conditions, alienation of territories, safety, labor intensity, concentrators, efficiency of introducing

Географические территории для внедрения солнциспользующей техники в регионы России должны обладать следующими особенностями, иначе экономический или технологический эффекты могут быть очень низкими: сухим, теплым климатом, большим количеством солнечных дней в году, длительным периодом солнцестояния, большими энергетическими характеристиками солнечного сияния на небосводе [1–3].

Таковыми регионами могут быть Нижнее Поволжье, включающее Астраханскую, Волгоградскую, Ростовскую области, Краснодарский и Ставропольский края, Крым, Дагестан, Калмыкию и республики Северного Кавказа, зауральские южные регионы (Свердловская, Омская, Новосибирская области), Хакасия, забайкальские регионы (Читинская, Уссурийская области, Еврейская автономия), приморский дальневосточный край. На этих территориях доля солнечной энергии высокая, а количество солнечных дней в году составляет больше половины.

Тенденцией развития энергетики в мире является безопасное производство энергии с наименьшим нанесением вреда на окружающую среду и биосферу. Электричество и теплота являются основными источниками потребления энергии. Большая часть тепловой энергии производится тепловыми электростанциями. Современные ТЭС, работающие на твердом топливе, выбрасывают большее количество загрязняющих веществ, чем на жидком или твердом топливе. Все это способствует ухудшению экологической обстановки в южных регионах страны [4–6].

Для данных регионов альтернативой получения тепла может быть создание и внедрение гелиоэнергетических систем, которые обладают рядом преимуществ по отношению к существующим традиционным котельным с точки зрения улучшения экологичности [7].

Однако механизма оценки внедрения таких солнечных установок, по сравнению с традиционными котельными установками, пока не существует. Оценить экологическую эффективность внедрения гелиоэнергетических систем для выработки тепла, по сравнению с тепловыми котельными, работающими при сжигании традиционного топлива, возможно через систему интегральных критериальных коэффициентов.

В работах [2–3] разработаны основные критерии оценки экологической безопасности традиционных и возобновляемых (гелиоэнергетических) источников производства теплоты применительно для нужд отопления и горячего водоснабжения, которые представлены следующим интегральным уравнением оценки экологической безопасности:

$$J_k[\varepsilon] = \Sigma W(\varepsilon_{\text{атм}}) \cdot \Sigma W(\varepsilon_{\text{вода}}) \cdot \Sigma W(\varepsilon_{\text{почва}}) \cdot W(\varepsilon_{\text{метеор}}) \cdot W(s) \cdot \Sigma W(\varphi),$$

где $\Sigma W(\varepsilon_{\text{атм}})$ – критерий экологической безопасности атмосферы; $\Sigma W(\varepsilon_{\text{воды}})$ – критерий экологической безопасности водной среды; $\Sigma W(\varepsilon_{\text{почвы}})$ – критерий экологической безопасности почвы; $W(\varepsilon_{\text{метеор}})$ – критерии влияния метеорологических условий [8]; $W(s)$ – критерий отчуждения территории земли; $\Sigma W(\varphi)$ – критерий экологической безопасности и трудоемкости.

Площадь солнечных установок с коллекторами простой конструкции можно рассчитать исходя из анализа эквивалентной мощности тепловой котельной [9, 10]:

$$N_{\text{гел. сист}} = N_{\text{котел}} = 1 \cdot 10^6 = L \cdot c_p \cdot \rho_v \cdot (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}) = \\ = G \cdot Q_p^H \cdot \rho \cdot \eta_{\text{котел}} = S_{\text{гел. уст}} \cdot Q_{\text{пад}} \cdot \cos i \cdot \gamma \cdot \nu \cdot \xi \cdot \eta_{\text{КПД}}$$

где L – объемный расход воды, подогреваемой в котлах, $\text{м}^3 / \text{с}$; G – расход углеводородного топлива, реализуемого в котлах, $\text{м}^3 / \text{с}$; Q_p^H – низшая теплота сгорания топлива, $\text{МДж} / \text{кг}$; $t_{\text{вых}}$, $t_{\text{вх}}$ – соответственно температуры жидкости после входа и выхода после прохождения нагреваемого прибора, К ; c_p – средняя теплоемкость жидкости, $\text{Дж} / \text{кг} \cdot \text{К}$; ρ_v , ρ – плотности соответственно подогреваемой жидкости и подаваемого топлива, $\text{кг} / \text{м}^3$; $\eta_{\text{котел}}$ – КПД котельной установки; $Q_{\text{пад}}$ – максимальная мощность солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность земли, $Q_{\text{пад}} = 750 \text{ Вт} / \text{м}^2$ (для Астрахани в июне месяце) [11]; $\cos i$ – угол, учитывающий расположение солнечных модулей; γ – коэффициент, учитывающий степень облачности небосвода в течение дня; ν – коэффициент, изменения солнечной энергии инсолирующей на нагревание в течение суток; ξ – коэффициент ухудшения пропускающей способности стекла коллектора из-за пыли ($\xi = 0,85$); $\eta_{\text{КПД}}$ – КПД модуля простой конструкции, $\eta_{\text{КПД}} = 0,3$.

Тогда
$$S_{\text{гел. уст}} = \frac{1 \cdot 10^6}{Q_{\text{пад}} \cdot \cos i \cdot \gamma \cdot \nu \cdot \xi \cdot \eta_{\text{КПД}}},$$

где $S_{\text{уст}}$ – площадь территории (например, котельной), включающая здание тепловой котельной, площадки под складирование строительных материалов, отработанной тары, запасов топлива для станции мощностью 1 МВт, можно принять равной $20 \times 30 \text{ м}$, $S_{\text{уст}}^*$ – площадь эффективной гелиоэнергетической установки, зависящая от степени совершенства модулей и установленной мощности, можно рассчитать как:

$$S_{\text{уст}}^* = S_{\text{гел. уст}} \cdot \eta_{\text{С.о.з.}} \cdot \eta_{\text{эфф}}^{\text{сел}} \cdot \eta_{\text{аккумуляторы}} \cdot 1,5,$$

где $\eta_{\text{С.о.з.}}$ – коэффициент интенсивности концентрации солнечных лучей в плоских коллекторах типа «горячий ящик».

При однократном отражении лучей в концентраторах $\eta_{C_{o.э.}} = \frac{1}{C_{o.э.}} = 0,52$, а при двукратном – $\eta_{C_{o.э.}} = \frac{1}{C'_{o.э.}} = 0,37$, где $C_{o.э.}$ – оптико-энергетический коэффициент, который зависит от рабочих элементов в коллекторе и для однократного отражения $C_{o.э.} = 1,9$, а для двукратного – $C'_{o.э.} = 2,7$ [12]; $\eta_{эфф}^{сел}$ – коэффициент, учитывающий эффективность рабочего покрытия инсолирующей поверхности, принят равным 0,9; $\eta_{аккумулятора}$ – коэффициент, показывающий применение в системе теплового аккумулятора, принятый 0,85; 1,5 – коэффициент, учитывающий отклонение солнечной энергии в течении суток от среднестатистических значений.

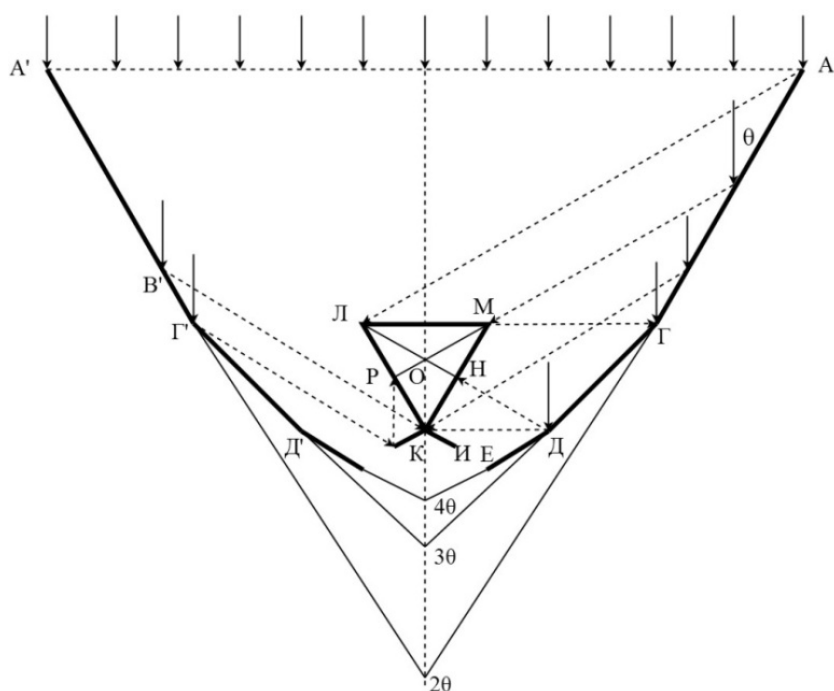


Рис. Многозеркальные концентрирующие системы на поглощающую поугольной формы: поверхности зеркал АГ, А'Г', ГД, Г'Д', ДЕ, Д'Е', ИК, И'К', поглощающие поверхности ЛМ, МК, КЛ

Особый интерес представляют многозеркальные фокусирующие конструкции на адаптивные поверхности различной формы. На рисунке изображен профиль зеркальной конструкции, состоящий из восьми зеркал. Они расположены симметрично таким образом, чтобы эффективность освещения по средствам оптического коэффициента на трехгранную конструкцию трубки составляла девять раз. От зеркала АГ одинарное отражение на поверхность ЛМ и МК и двойное отражение от зеркала И'К' на пластинку КН. От зеркала ГД однократное отражение на поверхность МК, аналогично от зеркала ДЕ – на поверхность НК. Симметрично расположенные зеркала обладают теми же отражающими свойствами. Тогда коэффициент интенсивности концентрации солнечных лучей с учетом увеличения энергетической мощности будет:

$$\eta_{\text{с.э.}} = \frac{1}{C_{\text{о.э.}}} = 0,11.$$

В таких системах уменьшается не только площадь поверхности, занимаемая гелиоприемными системами, но и стоимость единицы мощности, приходящейся на единицу поверхности конструкции.

По вышеприведенным формулам составлен алгоритм математической модели [2]. Проведены расчеты, которые показывают, что интегральный критерий экологической оценки внедрения энергетических систем должен быть $J_k [\varepsilon] < 1$. Для котельных, работающих на твердом топливе, данный критерий равен $J_k [\varepsilon]_{\text{угля}} = 0,2062$; для котельных на жидком топливе – $J_k [\varepsilon]_{\text{мазут}} = 0,03427$; для котельных на газе – $J_k [\varepsilon]_{\text{газ}} = 0,003305$; для солнечных установок коллекторного типа – $J_k [\varepsilon]_{\text{гел.уст.}} = 0,003$ [13].

Анализ сравнения интегральных коэффициентов показывает, что в летний период времени котельные на газе и солнечные установки соизмеримы в оценке экологичности. Однако, по нашему мнению, приведенное выше выражение не отражает особенности характера круглогодичного цикла получения тепла.

Авторы предлагают ввести новый коэффициент – $W(C)$, учитывающий влияния сезонности эксплуатации установок.

$W(C)$ – критерий сезонности работы, который характеризует длительность работы гелиоэнергетической установки и традиционных котельных. Он равен отношению времени эксплуатации установки к годовому периоду времени. С другой стороны, котельная работает в летнее время не на полную мощность, так как летом нет отопления, а для обеспечения горячей воды в период с 10 мая по 1 октября расходуются такое же количество топлива. Для Астраханского региона эксплуатация солнечной установки возможна с 15 апреля по 15 октября. В этот период среднестатистическое значение составляет 240 дней. Поэтому эффективнее использовать комбинацию альтернативного и традиционного топлива, что было применено в городе Нариманов.

$$W(C)_{\text{гел.уст.}} = \frac{240}{365} = 0,66 \text{ – для работы солнечной установки в летнее время;}$$

$$W^*(C)_{\text{кот.}} = \frac{365}{365} = 1 \text{ – для круглогодичной работы котельной;}$$

$$W(C)_{\text{кот.}} = \frac{211}{365} = 0,58 \text{ – для котельной в сезоне предполагаемой эксплуатации [13].}$$

В критерий отчуждения территории земли $W(s)$ при расчете площади эффективной солнечной установки кроме коэффициента сезонности работы введен коэффициент $\eta_{\text{эфф}}^{\text{ряд}}$, учитывающий способы компоновки коллекторных панелей на единицу площади (однорядные, двухрядные, многорядные).

Сравнение расчетных данных показывает, что чем ниже значения критерия оценки внедрения энергетических систем, тем более экологически безопасна их работа. В настоящее время просматривается и соизмеримость экологической эффективности внедрения гелиоэнергетических систем для

выработки теплоты с теплоэнергетическими установками, работающими на природном газе.

Для котельных коэффициенты $\Sigma W(\varepsilon_{\text{атм}})$, $\Sigma W(\varepsilon_{\text{вода}})$, $\Sigma W(\varepsilon_{\text{почва}})$, $W(\eta)$ рассматриваются как определяющие в обосновании экологичности проекта внедрения установок. Однако технология, строительство и эксплуатация котельных на различных видах топлива сейчас надежнее и совершенствуются по мере развития технического прогресса.

$$J_k[\varepsilon] = \Sigma W(\varepsilon_{\text{атм}}) \cdot \Sigma W(\varepsilon_{\text{вода}}) \cdot \Sigma W(\varepsilon_{\text{почва}}) \cdot W(\varepsilon_{\text{метеор}}) \cdot W(s) \cdot W(\eta) \cdot W(c)$$

Таким образом, полученное нами выражение дает более точное значение решения интегрального критерия.

Список литературы

1. Руденко М. Ф. Экологические аспекты внедрения гелиоэнергетической техники в нефтегазовые комплексы / М. Ф. Руденко, Ю. В. Шипулина, М. Ш. Каримов // Нефть и газ. – 2014. – № 5 (83). – С. 91–100.
2. Руденко М. Ф. Оценка экологической безопасности при внедрении гелиоэнергетических систем для производства теплоты / М. Ф. Руденко, Ю. В. Шипулина, С. Д. Бобракова // Геология, география и глобальная энергия. – 2014. – № 3 (54). – С. 159–161.
3. Руденко М. Ф. Моделирование экологической эффективности внедрения гелиоэнергетических комплексов для производства теплоты / М. Ф. Руденко, Л. П. Третьяк, В. В. Гривина и др. // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2016. – № 2. – С. 73–80.
4. Петров Т. И. Воздействие тэс на окружающую среду / Т. И. Петров, В. В. Ядутов // Поколение будущего: взгляд молодых ученых – 2014 : сборник научных статей 3-й Международной молодежной научной конференции (Курск, 13–15 ноября 2014 г.). – Курск, 2014. – С. 246–248.
5. Крылов Д. А. Пути снижения экологического воздействия на окружающую среду угольных ТЭС России / Д. А. Крылов, Г. П. Сидорова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 11. – С. 277–285.
6. Бочкарев В. А. Оценка выбросов парниковых газов предприятиями энергетики / В. А. Бочкарев, А. В. Бочкарева // Вестник иркутского государственного технического университета. – 2017. – № 2 (121). – С. 85–86.
7. Руденко М. Ф. Критерии экологической безопасности станций при работе тепловых котельных на различных видах топлива / М. Ф. Руденко, В. В. Гривина, Д. В. Городянина // Новейшие технологии освоения месторождений углеводородного сырья и обеспечение безопасности экосистем Каспийского шельфа : материалы VI Международной научно-практической конференции (Астрахань 7 сентября 2015 г.). – Астрахань, 2015. – С. 206–208.
8. Экология : сборник задач, упражнений и примеров : учебное пособие для вузов / Н. А. Бродская, О. Г. Воробьев, А. Н. Маковский и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Дрофа, 2006. – 508 с.
9. Мазур И. И. Инженерная экология. Теоретические основы инженерной экологии / И. И. Мазур, О. И. Молдаванов, В. Н. Шишов. – Москва : Высшая школа, 1996. – Т. 2. – 637 с.
10. Инженерная экология : справочное пособие / И. И. Мазур, О. И. Молдаванов, В. Н. Шишов и др. – Москва : Высшая школа, 1996. – Т. 2. – 656 с.
11. Руденко М. Ф. Теоретические основы проектирования экологически безопасной гелиоэнергетической техники для производства теплоты / М. Ф. Руденко, Б. Ж. Туркпенбаева, Ю. В. Чивиленко. – Актау : АктГУ им. Ш. Есенова, 2008. – 165 с.
12. Руденко М. Ф. Фотоконцентраторы для морских и береговых энергетических комплексов / М. Ф. Руденко, А. И. Давыденко // Вестник АГТУ. Серия: Морская техника и технология. – 2017. – № 1 (февраль). – С. 89–96.
13. Кульбаракова М. Б. Оценка внедрения гелиоэнергетической техники для систем нефтегазовых комплексов / М. Б. Кульбаракова, М. Ф. Руденко, Ю. В. Шипулина // Новейшие технологии освоения месторождений углеводородного сырья и обеспечение безопасности экосистем Каспийского шельфа : материалы VIII Международной научно-практической конференции (Астрахань, 8 сентября 2017 г.). – Астрахань, 2017. – С. 208–211.

References

1. Rudenko M. F., Shipulina Yu. V., Karimov M. Sh. Ekologicheskie aspekty vnedreniya gelioenergeticheskoy tekhniki v neftegazovye komplekсы [Ecological aspects of the introduction of solar energy equipment into oil and gas complexes]. *Neft i gaz* [Oil and Gas], 2014, no. 5 (83), pp. 91–100.
2. Rudenko M. F., Shipulina Yu. V., Bobrakov S. D. Otsenka ekologicheskoy bezopasnosti pri vnedrenii gelioenergeticheskikh sistem dlya proizvodstva teploty [Evaluation of environmental safety in the introduction of solar energy systems for the production of heat]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2014, no. 3 (54), pp. 159–161.
3. Rudenko M. F., Tretyak L. P., Grivina V. V., et al. Modelirovanie ekologicheskoy effektivnosti vnedreniya gelioenergeticheskikh komplekсов dlya proizvodstva teploty [Modeling of ecological efficiency of introduction of solar energy complexes for heat production]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika* [Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics], 2016, no. 2, pp. 73–80.
4. Petrov T. I., Yadutov V. V. Vozdeystvie tes na okruzhayushchuyu sredu [The impact of TES on the environment]. *Pokolenie budushchego: vzglyad molodykh uchennykh – 2014 : sbornik nauchnykh statey 3-y Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii (Kursk, 13–15 noyabrya 2014 g.)* [Generation of the future: the view of young scientists – 2014. Proceedings of the 3rd International Youth Scientific Conference (Kursk, November 13–15, 2014)], Kursk, 2014, pp. 246–248.
5. Krylov D. A., Sidorova G. P. Puti snizheniya ekologicheskogo vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu ugolnykh TES Rossii Ways to reduce the environmental impact on the environment of coal-fired TPPs in Russia. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* [Mining Information and Analytical Bulletin], 2015, no. 11, pp. 277–285.
6. Bochkarev V. A., Bochkareva A. V. Otsenka vybrosov parnikovykh gazov predpriyatiyami energetiki [Estimation of greenhouse gas emissions by energy companies]. *Vestnik irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Irkutsk State Technical University], 2017, no. 2 (121), pp. 85–86.
7. Rudenko M. F., Grivina V. V., Gorodyanina D. V. Kriterii ekologicheskoy bezopasnosti stantsiy pri rabote teplovyykh ko-telnykh na razlichnykh vidakh topliva [Criteria for the environmental safety of stations in the operation of thermal boiler houses on various fuels]. *Noveyshie tekhnologii osvoeniya mestorozhdeniy uglevodorodnogo syr'ya i obespechenie bezopasnosti ekosistem Kaspiyskogo shelfa : materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Astrakhan 7 sentyabrya 2015 g.)* [The Newest Technologies for Development of Hydrocarbon Resources and Ensuring Ecosystem Safety of the Caspian Shelf. Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference (Astrakhan September 7, 2015)], Astrakhan, 2017, pp. 206–208.
8. Brodskaya N. A., Vorobev O. G., Makovskiy A. N., et al. *Ekologiya : sbornik zadach, upravleniy i primerov : uchebnoe posobie dlya vuzov* [Ecology: a collection of problems, exercises and examples: a textbook for high schools]. 2nd ed. Moscow, Drofa Publ., 2006. 508 p.
9. Mazur I. I., Moldavanov O. I., Shishov V. N. *Inzhenernaya ekologiya. Teoreticheskie osnovy inzhenernoy ekologii* [Engineering ecology. Theoretical bases of engineering ecology], Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1996, vol. 2. 637 p.
10. Mazur I. I., Moldavanov O. I., Shishov V. N., et al. *Inzhenernaya ekologiya* [Engineering ecology], Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1996, vol. 2. 656 p.
11. Rudenko M. F., Turkpanbaeva B. Zh., Chivilenko Yu. V. *Teoreticheskie osnovy proektirovaniya ekologicheskoy bezopasnoy gelioenergeticheskoy tekhniki dlya proizvodstva teploty* [Theoretical Bases of designing of ecologically safe solar energy engineering for heat production], Aktau, ActuGu named Sh. Esenova Publ. House, 2008. 165 p.
12. Rudenko M. F., Davydenko A. I. Fotokontsentratory dlya morskikh i beregovykh energeticheskikh komplekсов [Photo Concentrators for Marine and Coastal Energy Complexes]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya* [Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Marine technology and technology], 2017, no. 1 (February), pp. 89–96.
13. Kulbarakova M. B., Rudenko M. F., Shipulina Yu. V. Otsenka vnedreniya gelioenergeticheskoy tekhniki dlya sistem neftegazovykh komplekсов [Evaluation of the introduction of solar energy equipment for oil and gas complex systems]. *Noveyshie tekhnologii osvoeniya mestorozhdeniy uglevodorodnogo syr'ya i obespechenie bezopasnosti ekosistem Kaspiyskogo shelfa : materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Astrakhan, 8 sentyabrya 2017 g.)* [The Newest Technologies for Development of Hydrocarbon Resources and Ensuring Ecosystem Safety of the Caspian shelf. Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference (Astrakhan, September 8, 2017)], Astrakhan, 2017, pp. 208–211.