

Актуальность создания МФЭТК на базе паропоршневой машины

Рецензия эксперта на статью получена 19.02.2022 [The expert review of the article received on February 19, 2022].

Введение

Во время проведения юбилейных мероприятий, посвящённых 100-летию государственного плана электрификации Советской России (плана ГОЭЛРО), хочется отметить и проводимые работы в области повышения энергоэффективности в нашей экономике, а также подобные мероприятия в экономически развитых странах Европы и Америки.

Повышение энергетической эффективности в различных областях промышленности России и её агропромышленного комплекса является одной из самых актуальных задач текущего века. От результатов решения этой насущной задачи зависит и место нашего общества в ряду промышленных и экономически развитых стран мира, а также повышение уровня жизни граждан.

В нашей стране мероприятия в области энергосбережения отнесены к стратегическим государственным задачам, являясь при этом одновременно и основными мероприятиями по обеспечению энергетической безопасности, а также реальным и единственным способом сохранения высоких экспортных доходов от продаж углеводородного сырья.

Необходимые для развития экономики энергоресурсы можно получить не столько за счёт увеличения добычи и переработки углеводородного сырья в труднодоступных районах и строительства новых энергообеспечивающих комплексов, сколько за счёт сбережения этих ресурсов непосредственно на местах их потребления, в частности, в больших и малых населённых пунктах [1].

В нашей стране мероприятия в области энергосбережения отнесены к стратегическим государственным задачам, являясь при этом одновременно и основным мероприятием по обеспечению энергетической безопасности, а также реальным и фактически единственным способом сохранения высоких экспортных доходов от продаж углеводородного сырья

Проведение работ по вопросам повышения энергоэффективности экономики Российской Федерации отвечает положениям Федерального закона №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», где чётко сформулирована цель действующего закона: «создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности».

Актуальность вопроса

Применение современных автоматизированных и автономных энергетических систем и комплексов с комбинированным производством тепловой и электрической энергии (когенерационные установки) на базе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) [2], с глубокой внешней утилизацией отводимой теплоты, обеспечивающий необходимую энергетическую надёжность и наличие резервов в системе централизованного энергоснабжения [3], весьма актуально.

УДК 621.161.4. Номер научной специальности: 05.14.08.

Актуальность создания многофункциональных энерготехнологических комплексов (МФЭТК) на базе паропоршневой машины

А. В. Разуваев, д.т.н., доцент, профессор кафедры «Атомная энергетика», Балаковский инженерно-технологический институт Национального исследовательского ядерного университета «Московский инженерно-физический институт» (БИТИ НИЯУ МИФИ, г. Балаково Саратовской области), Почётный энергетик РФ; **И. Я. Редько**, д.т.н., профессор, заместитель директора, Энергетический институт имени Г. М. Кржижановского (АО «ЭНИИ», г. Москва), Почётный энергетик РФ

В статье приводится анализ технической информации о целесообразности применения многофункциональных энерготехнологических комплексов (МФЭТК) на базе паровой поршневой машины в качестве различных видов приводов, например, генератора, насоса, компрессора и т.д. Получение пара обеспечивается за счёт использования местных сортов топлива, а также различных сгораемых бытовых и промышленных отходов. Это даёт возможность решать вопросы экологии прямо на месте эксплуатации данного энергетического комплекса. Также МФЭТК может способствовать повышению энергетической безопасности объектов. Предлагаемый многофункциональный энерготехнологический комплекс может стать объектом дополнительного производства, позволяющего стать инновационным проектом со всеми вытекающими положительными результатами от расширения объёмов производства.

Ключевые слова: паровая поршневая машина, универсальный энерготехнологический комплекс, экологическая и экономическая эффективность, инновационный проект.

UDC 621.161.4. The number of scientific specialty: 05.14.08.

The relevance of the implementation of energy complexes based on a steam piston machine

A. V. Razuvaev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Atomic Energy, [Balakovo Institute of Engineering and Technology of the National Research Nuclear University MEPhI \(Moscow Engineering Physics Institute\)](#) [Balakovo city, Saratov region], Honorary Power Engineer of the Russia Federation; **Iv. Ya. Redko**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director, [Krzizhanovsky Power Engineering Institute](#) (Moscow city), Honorary Power Engineer of the Russia Federation

The article provides an analysis of technical information on the feasibility of using multifunctional energy technology complexes (MFETC) based on a steam piston machine as various types of drives — for example, a generator, pump, compressor, etc. Steam production is provided through the use of local fuels, as well as various combustible household and industrial waste. This makes it possible to solve environmental issues at the place where this energy complex will be operated. The MFETC can also contribute to improving the energy security of facilities. The proposed multifunctional energy technology complex can become an object of additional production, which allows it to become an innovative project with all the resulting positive results from the expansion of production volumes.

Key words: steam piston machine, universal energy technology complex, environmental and economic efficiency, innovative project.

В дальнейшем при развитии современных средств малой энергетики, в том числе и на базе паропоршневых машин [4, 5], они будут не только альтернативой централизованной энергосистеме, но и основой для быстрого построения, а также создания и внедрения автономного (местного, локального) децентрализованного тепло- и электроснабжения в отдалённых местах и во вновь осваиваемых районах нашей страны, равно как и в уже освоенных, но не имеющих централизованной системы энергоснабжения [6, 7].

Бережное и рациональное использование природных ресурсов приобретает всё большее значение. Решение этой актуальной народно-хозяйственной проблемы предполагает разработку эффективных безотходных технологий за счёт более комплексного использования исходного сырья [8]. Это приводит к устранению экологического ущерба, оказываемого «кладбищами отходов» различного состава. Само понятие «различные отходы потребления и производства» для многих этих отходов становится условным, поскольку они могут превращаться в весьма эффективное, ценное, а порой и дефицитное сырьё. Развитие научно-технического прогресса сопровождается увеличением производства, как в промышленности, так и в сельскохозяйственном секторе, в которое вовлекается всё большее количество природных ресурсов [9].

Инновационный проект

На основании изложенного выше становится актуальным создание такого энергетического комплекса, в котором возможно использование различных видов топлива, в том числе и некоторых бытовых отходов, при этом вырабатывалась бы полезно используемая энергия.

Для решения этих вопросов для автономных объектов различного назначения возможно использовать многофункциональный энерготехнологический комплекс (МФЭТК) на базе паропоршневой машины [10, 11]. В этот комплекс могут входить различные компоненты и оборудование, в зависимости от его назначения и применения, а также от вида обслуживаемого производства [12, 13].

В перечень основного типового оборудования МФЭТК входит газогенератор для производства газа, использующий топливо различных свойств и состава, в том числе и различные виды твёрдых бытовых отходов (ТБО). Здесь следует отметить, что возможно использовать дополнительное оборудование для подготовки топлива для применения его также и в паровом котле.



Пар, получаемый при нагреве воды в котле, по короткому паропроводу поступает в цилиндр паровой машины. Поршень цилиндра своим движением приводит во вращение маховик паровой машины через кривошипно-шатунный механизм.

Применение объекта

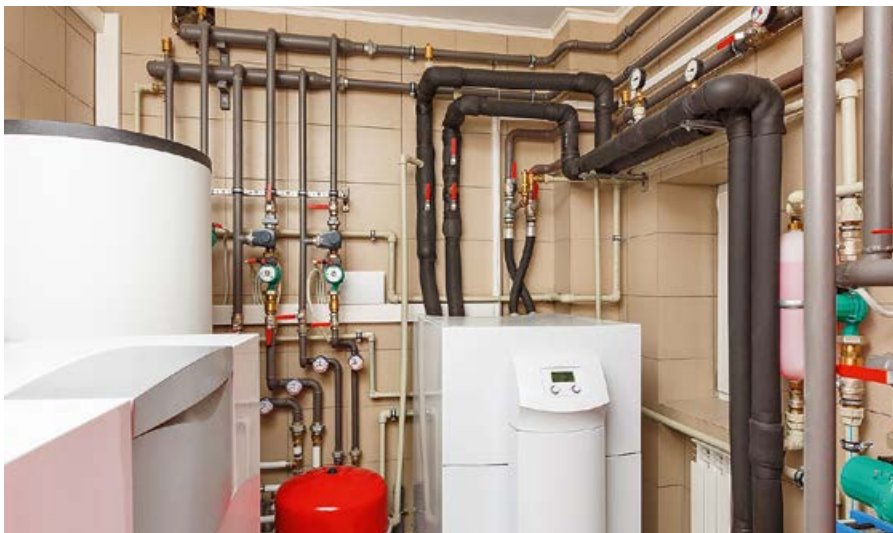
Многофункциональный энерготехнологический комплекс на базе поршневой паровой машины может иметь самое разное применение, например, он может быть приспособлен для выработки электрической энергии (электрогенератор), привода какого-либо технологического оборудования (например, компрессора, насоса, механизмов лесопилки, конвейера и т.д.). Здесь следует учесть возможность установки редуктора или возможность обеспечения необходимого передаточного отношения с учётом условий работы применяемого оборудования.

Отработавший пар из цилиндра используется в дальнейшем для отопления различных объектов, например, построек в частных фермерских хозяйствах, особенно вдали от населённых пунктов и линий энергосетей.

Анализ [14] эффективности применения многофункционального энерготехнологического комплекса говорит о целесообразности применения энергокомплексов на базе паропоршневой машины для различного назначения. Там же упоминается и немецкая фирма Spiling, которая имеет опыт применения паровых поршневых машин собственного производства на различных промышленных объектах.

Энергетическая безопасность промышленных объектов является столь же актуальным вопросом и способом значительной экономии финансовых средств из-за убытков, возникающих в результате погодных катаклизмов.





Так, причиной массовой остановки котельных, как отмечается в исследованиях, обычно является временное прекращение электроснабжения. Например, так было в городе Болохов Тульской области зимой 2005–2006 годов: встали все четыре котельные, и город замёрз. Дело в том, что всё вспомогательное оборудование котельных имеет электрический привод. В 28% случаях нарушения теплоснабжения, имевшие серьёзные последствия для потребителей зимой 2005/2006, произошли из-за отключения электроэнергии в результате циклонов, снегопадов, порывистого ветра.

Зимой 2011 года ледяной дождь, обильный снегопад и ветер оставили без электроэнергии подмосковные населённые пункты. Как следствие, отключились и котельные, лишив людей необходимого тепла. Аварийный дизель-генератор не решает проблему, поскольку даже при третьей степени автоматизации он даёт энергию не менее чем через три секунды после сигнала на запуск, что означает неизбежный останов котлов и предпосылку к аварии. Например, 25 мая 2005 года аварийный дизель-генератор Мосводоканала был запущен лишь через шесть часов после останова. В результате фекалии попали в Москву-реку.

Напрашивается вывод, что каждая котельная должна функционировать независимо от внешнего энергоснабжения. Эта проблема может быть решена путём широкого внедрения многофункционального энерготехнологического комплекса, что даёт возможность котельным работать автономно, при этом в разы повышается их надёжность и независимость от погодных условий, которые в нашей стране часто бывают экстремальными.

Главным преимуществом МФЭТК на базе паровой поршневой машины является

сая возможность одновременного производства тепловой и электрической энергии, другим преимуществом является его универсальность относительно используемых видов топлива, в качестве которого могут использоваться отходы лесозаготовки и деревообработки, животноводства, птицеводства или других отраслей экономики, дрова, уголь, генераторный газ или торф. Это позволяет, с одной стороны, использовать наиболее дешёвые и доступные в рассматриваемом регионе виды топлива, а с другой — сократить потребление невозобновляемых ископаемых энергоносителей. Помимо этого, паропоршневая машина может приводить в действие не только генератор для выработки электроэнергии, но и другие производственные механизмы: воздушные или газовые компрессоры, насосы.

Отметим, что на рентабельность работы многофункционального энерготехнологического комплекса влияют следующие факторы: эффективность производства энергии, стоимость её транспортировки и эффективность потребления энергии. Уже на стадии предварительного анализа можно утверждать, что при использовании предлагаемого МФЭТК будут сведены к минимуму затраты на транспортирование энергии.

Котельная должна быть независимой от внешнего энергоснабжения. Эта проблема может быть решена путём широкого внедрения многофункционального энерготехнологического комплекса, что даёт возможность котельным работать автономно, при этом в разы повышается их надёжность и независимость от погодных условий

Помимо этого, использование отработанного пара в качестве энергоносителя различных систем отопления позволит существенно повысить и эффективность потребления энергии [15].

Типовые параметры энергетического комплекса

Параметры многофункционального энерготехнологического комплекса рассчитываются в зависимости от его назначения. При этом в первую очередь необходимо проанализировать их в зависимости от его назначения, определив технические характеристики МФЭТК. Далее необходимо определить параметры самой паропоршневой машины — давление и температуру пара, его расход, а также частоту вращения ротора. А уже затем осуществлять конструкторско-технологические разработки самой паропоршневой машины и её оборудования.

Также следует учесть возможность использования тепла отработавшего пара после паропоршневой машины для нужд отопления, горячего водоснабжения жилого или производственного комплекса, или и того, и другого одновременно.

Приведём оценочные расчёты будущей предлагаемой паровой машины с выработкой эффективной электрической мощности 150 кВт.

Наиболее целесообразной представляется горизонтальная компоновка машины, тип — двухцилиндровая (компаунд с двойным расширением). Диаметр цилиндра высокого давления составляет 310 мм, диаметр цилиндра низкого давления — 460 мм, при этом необходимое для работы давление пара составляет 1,2 МПа (12 кг/см²) с температурой 300 °С, его расход — 1887 кг/ч. Число оборотов — 2,66 с⁻¹ (160 мин⁻¹).

Паровая машина через механическую трансмиссию вращает генератор для выработки электрического тока. По каталогу подобран генератор БГ-160М-4 Баранчинского электромеханического завода. Технические характеристики генератора: номинальная мощность — 160 кВт; номинальная частота вращения ротора — 25 с⁻¹ (1500 мин⁻¹); ток статора — 289 А; КПД — 91,6 %. Передаточное число трансмиссии составляет 9,4.

Согласно предварительной конструкторской проработке, габариты паровой поршневой машины будут равны 4500×4200×1000 мм, а дополнительное необходимое энергетическое оборудование и комплектующие подбираются из серийно выпускаемых промышленностью. Типовая схема энергетического комплекса представлена на рис. 1.

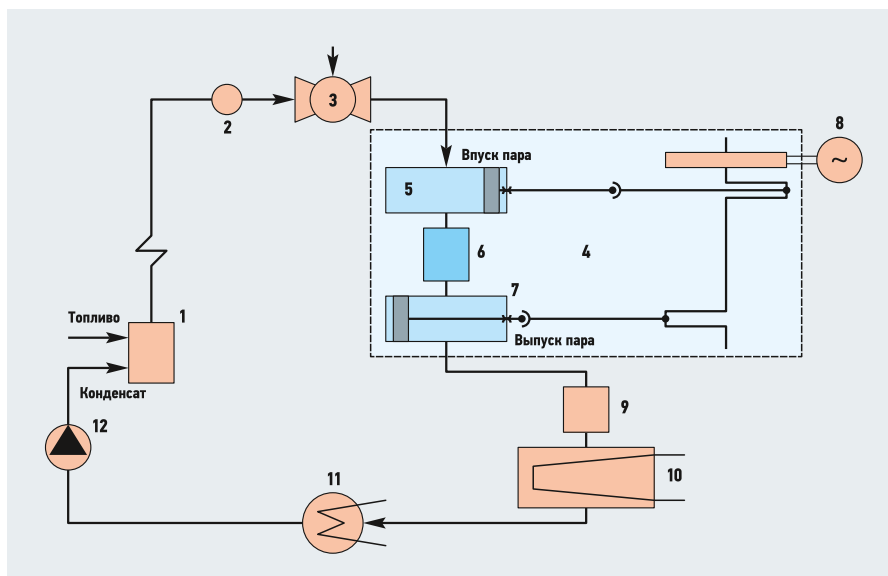


Рис. 1. Типовая схема энергетического комплекса (1 — паровой котёл; 2 — расходомер пара; 3 — регулятор давления пара; 4 — паровая поршневая машина; 5 — цилиндр высокого давления; 6 — ресивер; 7 — цилиндр низкого давления; 8 — электрический генератор; 9 — маслоотделитель; 10 — система отопления потребителя; 11 — конденсатор; 12 — конденсационный насос)

Эффективность применения

Перспективным направлением является также применение в составе МФЭТК газового генератора, что даст возможность одновременно качественно влиять на экологическую ситуацию в близлежащем регионе. Такой вариант комплектации многофункционального энерготехнологического комплекса требует проведения отдельного исследования, при этом экономическая эффективность подобной установки в первую очередь будет зависеть от конкретного вида топлива, сжигаемого в газовом генераторе, получаемого состава генераторного газа и его теплотворной способности.

Таким образом, на экономическую эффективность подобного варианта комплекса существенное влияние будут ока-

зывать особенности конкретного региона, однако можно утверждать, что в любом случае она будет достаточно высокой с учётом требуемых затрат на утилизацию бытовых отходов другими способами.

При расчёте экономической эффективности рассматриваемого в предлагаемой статье варианта МФЭТК, с целью

Создание производства многофункционального энерготехнологического комплекса на базе паропоршневых машин является весьма актуальным и привлекательным инновационным проектом, который, конечно, требует определённых инвестиций для реализации

повышения валидности получаемых результатов, в качестве топлива был принят наиболее распространённый вариант — кленовые дрова с теплотворной способностью 1,6 Гкал/м³ и удельным весом 650 кг/м³.

Состав многофункционального энерготехнологического комплекса будет зависеть от его назначения на конкретном объекте. Расчёт экономической эффективности проводился для МФЭТК на базе паровой поршневой машины, параметры и примерный состав которого приведены выше. В расчёте не учитывался экономический эффект от производственного механизма, приводимого в действие паропоршневой машиной, поскольку его величина может быть определена только для конкретного объекта.

Выводы и предложения

На основании вышеизложенного проведённого анализа и учитывая, что наша страна располагает как высоким интеллектуальным потенциалом, так и необходимыми производственными и природными ресурсами для эффективного решения своих энергетических проблем, можно утверждать следующее.

Производство многофункционального энерготехнологического комплекса на базе паропоршневых машин — весьма актуальный и привлекательный инновационный проект, который требует определённых инвестиций.

Инвесторами могут стать заинтересованные территории и частные компании, заинтересованные в расширении номенклатуры продукции и увеличения объёма своего производства. ●

1. Razuvaev A.V., Kobzev R.A., Redko I.Ya. Multifunctional energy-technological complex on the basis of a steam-piston power plant for autonomous facilities of various purposes. Problems of energy systems and thermal power complexes: Proc. of the 14th International Scientific and Technical Conference. October 30 — November 1, 2018. Saratov, Russia. Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 1111.
2. Razuvaev A.V. Study of cogeneration plant operation during its work for consumer. Information Technologies in Education of the XXI Century (ITE-XXI): Proc. of the International Scientific-Practical Conference. December 7–8, 2015. Moscow, Russia. American Institute of Physics Conf. Proc. Vol. 1797.
3. Рazuвaев A.B., Рeдькo И.Я. Энергетическая безопасность объектов // Молодой учёный, 2015. №23.1. С. 37–39.
4. Рazuвaев A.B. Перспективы применения паровых поршневых машин в многофункциональных энерготехнологических комплексах / Совершенствование энергетических систем и теплоэнергетических комплексов: Сб. мат. XIII Межд. науч.-практ. конф. (1–3.11.2016). — Саратов: Изд-во СГТУ, 2016. С. 327–330.
5. Шамин Р.Н., Буянов A.B., Рazuвaев A.B. Перспективы применения паровых поршневых машин в энергетических комплексах / Совершенствование энергетических систем и теплоэнергетических комплексов:

- Сб. мат. XII Межд. науч.-техн. конф. (29–31.10.2014). — Саратов: Изд-во СГТУ, 2014. С. 188–191.
6. Рazuвaев A.B., Мурин C.B., Костин Д.А. Повышение надёжности энергоснабжения автономного объекта // Энергобезопасность и энергосбережение, 2013. №6. С. 23–25.
7. Слoбoднa E.H., Mikhailov A.G., Razuvaev A.V. Vacuum boiler elements temperature processes interrelation. Oil and Gas Engineering (OGE-2018): Proc. of the International Scientific-Practical Conference. February 26 — March 2, 2018. Omsk, Russia. American Institute of Physics Conf. Proc. Vol. 2007.
8. Власов A.B., Власова E.M. К вопросу о промышленных отходах / Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: Сб. мат. Всеросс. науч.-метод. конф. — Оренбург: Изд-во ОГУ, 2013. С. 694–697.
9. Рeдькo И.Я., Рazuвaев A.B. Актуальность применения паровых машин // Энергетик, 2009. №1. С. 27–30.
10. Крутихина Т.А., Рazuвaев A.B., Кoбзев P.A. Универсальный теплоэнергетический комплекс на базе паропоршневой машины / Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании: Сб. мат. II Межд. науч.-практ. конф. (18.12.2019). — М.: НИЯУ МИФИ; БИТИ МИФИ, 2020. Т. 1. С. 47–51.
11. Razuvaev A.V., Kobzev R.A., Redko I.Ya. Multifunctional energy-technological complex on the basis of a steam-piston power plant for autonomous facilities of various

- purposes. Problems of energy systems and thermal power complexes: Proc. of the 14th International Scientific and Technical Conference. October 30 — November 1, 2018. Saratov, Russia. Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 1111.
12. Рazuвaев A.B. Анализ эффективности паропоршневой энергетической установки // Вестник КРСУ, 2016. Т. 16. №9. С. 56–59.
13. Рazuвaев A.B., Мансурова P.P., Ливанова Т.В. Применение паропоршневых машин в энергетическом комплексе / Энергоэффективность и энергосбережение: Сб. мат. II Всеросс. науч.-практ. конф. (21.12.2016). — М.: НИЯУ МИФИ; БИТИ МИФИ, 2016. С. 48–51.
14. Рazuвaев A.B., Рeдькo И.Я., Мансурова P.P., Ливанова Т.В. Оценка основных размеров паропоршневой машины / Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий: Сб. мат. III Межд. науч.-практ. конф. (18–23.04.2017). — М.: НИЯУ МИФИ; БИТИ МИФИ, 2017. С. 39–41.
15. Рazuвaев A.B., Костин Д.А., Шумкова Ю.А., Агеева A.B. Анализ применения материалов для паропоршневых энергетических машин / Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий: Сб. мат. III Межд. науч.-практ. конф. (18–23.04.2017). — М.: НИЯУ МИФИ; БИТИ МИФИ, 2017. С. 34–38.

References — see page 79.

The relevance of the implementation of energy complexes based on a steam piston machine. Pp. 60–63.

Alexander V. Razuvaev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Atomic Energy, [Balakovo Institute of Engineering and Technology of the National Research Nuclear University MEPhI \(Moscow Engineering Physics Institute\)](#) [Balakovo city, Saratov region], Honorary Power Engineer of the Russia Federation; **Ivan Ya. Redko**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director, [Krzhibzhansky Power Engineering Institute \(ENIN\)](#), Moscow city), Honorary Power Engineer of the Russia Federation

1. A.V. Razuvaev, R.A. Kobzev, I.Ya. Red'ko. Multifunctional energy-technological complex on the basis of a steam-piston power plant for autonomous facilities of various purposes. Problems of Energy Systems and Thermal Power Complexes: Proc. of the 14th International Scientific and Technical Conference. October 30 — November 1, 2018. Saratov, Russia. Journal of Physics: Conf. Series. 2018. Vol. 1111.
2. A.V. Razuvaev. Study of cogeneration plant operation during its work for consumer. Information Technologies in Education of the XXI Century (ITE-XXI): Proc. of the International Scientific-Practical Conference. December 7–8, 2015. Moscow, Russia. American Institute of Physics Conf. Proc. Vol. 1797.
3. A.V. Razuvaev, I.Ya. Red'ko. *Jenergeticheskaja bezopasnost' ob'ektov* [Energy security of objects]. *Molodoy uchenyj* ["Young scientist" Magazine]. 2015. No. 23.1. Pp. 37–39. [In Russian]
4. A.V. Razuvaev. *Perspektivy primeneniya parovykh porshnevnykh mashin v mnogofunktsional'nykh jenergotekhnologicheskikh kompleksakh* [Prospects for the use of steam reciprocating machines in multifunctional energy technology complexes]. *Sovershenstvovanie jenergeticheskikh sistem i teplojenergeticheskikh kompleksov: Sb. mat. XIII Mezhd. nauch.-prakt. konf.* [Improvement of Energy Systems and Thermal Power Complexes: Proc. of the XIII International Scientific and Practical Conference]. November 1–3, 2016. Saratov, Russia. *Izd-vo SGTU* [Publishing House of Yuri Gagarin State Technical University of Saratov]. 2016. Pp. 327–330. [In Russian]
5. R.N. Shamin, A.V. Bujanov, A.V. Razuvaev. *Perspektivy primeneniya parovykh porshnevnykh mashin v jenergeticheskikh kompleksakh* [Prospects for the use of steam reciprocating machines in energy complexes]. *Sovershenstvovanie jenergeticheskikh sistem i teplojenergeticheskikh kompleksov: Sb. mat. XII Mezhd. nauch.-tehn. konf.* [Improvement of Energy Systems and Thermal Power Complexes: Proc. of the XII International Scientific and Technical Conference]. October 29–31, 2014. Saratov, Russia. *Izd-vo SGTU* [Publishing House of Yuri Gagarin State Technical University of Saratov]. 2014. Pp. 188–191. [In Russian]
6. A.V. Razuvaev, S.V. Murin, D.A. Kostin. *Povyshenie nadezhnosti jenergosnabzheniya avtonomnogo ob'ekta* [Increasing the reliability of power supply of an autonomous facility]. *Jenergobezopasnost' i jenergosberezhenie* ["Energy security and energy saving" Magazine]. 2013. No. 6. Pp. 23–25. [In Russian]
7. E.N. Slobodina, A.G. Mikhailov, A.V. Razuvaev. Vacuum boiler elements temperature processes interrelation. Oil and Gas Engineering (OGE-2018): Proc. of the International Scientific-Practical Conference. February 26 — March 2, 2018. Omsk, Russia. American Institute of Physics Conf. Proc. Vol. 2007.
8. A.V. Vlasov, E.M. Vlasova. *K voprosu o promyshlennykh othodakh* [On the issue of industrial waste]. *Universitetskij kompleks kak regional'nyj centr obrazovaniya, nauki i kul'tury: Sb. mat. Vseross. nauch.-metod. konf.* [University Complex as a Regional Center of Education, Science and Culture: Proc. of the All-Russian Scientific and Methodological Conference]. Orenburg, Russia. *Izd-vo OGU* [Publishing House of Orenburg State University]. 2013. Pp. 694–697. [In Russian]
9. I.Ya. Red'ko, A.V. Razuvaev. *Aktual'nost' primeneniya parovykh mashin* [The relevance of the use of steam engines]. *Jenergetik* ["Power engineer" Magazine]. 2009. No. 1. Pp. 27–30. [In Russian]
10. T.A. Krutikhina, A.V. Razuvaev, R.A. Kobzev. *Universal'nyj teplojenergeticheskij kompleks na baze paroporshnevoj mashiny* [Universal heat and power complex based on a steam engine]. *Sovremennye tekhnologii i avtomatizatsiya v tekhnike, upravlenii i obrazovanii: Sb. mat. II Mezhd. nauch.-prakt. konf.* [Modern Technologies and Automation in Engineering, Management and Education: Proc. of the II International Scientific and Practical Conference]. December 18, 2019. Moscow. *NIJaU MIFI* [National Research Nuclear University of Moscow Engineering Physics Institute (NRNU of MEPhI)]; *BITI MIFI* [Balakovo Engineering and Technology Institute of National Research Nuclear University of Moscow Engineering Physics Institute (BETI of NRNU of MEPhI)]. 2020. Vol. 1. Pp. 47–51. [In Russian]
11. A.V. Razuvaev, R.A. Kobzev, I.Ya. Redko. Multifunctional energy-technological complex on the basis of a steam-piston power plant for autonomous facilities of various purposes. Problems of Energy Systems and Thermal Power Complexes: Proc. of the 14th International Scientific and Technical Conference. October 30 — November 1, 2018. Saratov, Russia. Journal of Physics: Conf. Series. 2018. Vol. 1111.
12. A.V. Razuvaev. *Analiz jeffektivnosti paroporshnevoj jenergeticheskoy ustanovki* [Analysis of the efficiency of a steam-piston power plant]. *Vestnik KRSU* [Bulletin of Yel'tsin Kyrgyz-Russian Slavic University ("Vestnik KRSU")]. 2016. Vol. 16. No. 9. Pp. 56–59. [In Russian]
13. A.V. Razuvaev, R.R. Mansurova, T.V. Livanova. *Primenenie paroporshnevnykh mashin v jenergeticheskikh kompleksakh* [The use of steam piston machines in the energy complex]. *Jenergojeffektivnost' i jenergosberezhenie: Sb. mat. II Vseross. nauch.-prakt. konf.* [Energy Efficiency and Energy Saving: Proc. of the II All-Russian Scientific and Practical Conference]. December 21, 2016. Moscow. *NIJaU MIFI* [National Research Nuclear University of Moscow Engineering Physics Institute (NRNU of MEPhI)]; *BITI MIFI* [Balakovo Engineering and Technology Institute of National Research Nuclear University of Moscow Engineering Physics Institute (BETI of NRNU of MEPhI)]. 2016. Pp. 48–51. [In Russian]
14. A.V. Razuvaev, I.Ya. Red'ko, R.R. Mansurova, T.V. Livanova. *Ocenka osnovnykh razmerov paroporshnevoj mashiny* [Estimation of the main dimensions of the steam engine]. *Aktual'nye problemy i puti razvitiya jenergetiki, tekhniki i tekhnologii: Sb. mat. III Mezhd. nauch.-prakt. konf.* [Actual Problems and Ways of Development of Energy, Engineering and Technology: Proc. of the III International Scientific-Practical Conference]. April 18–23, 2017. Moscow. *NIJaU MIFI* [National Research Nuclear University of Moscow Engineering Physics Institute (NRNU of MEPhI)]; *BITI MIFI* [Balakovo Engineering and Technology Institute of National Research Nuclear University of Moscow Engineering Physics Institute (BETI of NRNU of MEPhI)]. 2017. Pp. 39–41. [In Russian]
15. A.V. Razuvaev, D.A. Kostin, Ju.A. Shumkova, A.V. Ageeva. *Analiz primeneniya materialov dlja paroporshnevnykh jenergeticheskikh mashin* [Analysis of the use of materials for steam piston power machines]. *Aktual'nye problemy i puti razvitiya jenergetiki, tekhniki i tekhnologii: Sb. mat. III Mezhd. nauch.-prakt. konf.* [Actual Problems and Ways of Development of Energy, Engineering and Technology: Proc. of the III International Scientific-Practical Conference]. April 18–23, 2017. Moscow. *NIJaU MIFI* [National Research Nuclear University of Moscow Engineering Physics Institute (NRNU of MEPhI)]; *BITI MIFI* [Balakovo Engineering and Technology Institute of National Research Nuclear University of Moscow Engineering Physics Institute (BETI of NRNU of MEPhI)]. 2017. Pp. 34–38. [In Russian]