

УДК 620.97+621.373.9:621.3

ББК 31.19

А 64

Гайтов Багаудин Хамидович

Доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, профессор кафедры электротехники и электрических машин Кубанского государственного технологического университета, Краснодар, e-mail: jlms@mail.ru

Кашин Яков Михайлович

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой электротехники и электрических машин Кубанского государственного технологического университета, профессор кафедры авиационного радиоэлектронного оборудования Краснодарского высшего военного авиационного училища летчиков им. А.К. Серова, Краснодар, e-mail: jlms@mail.ru

Копелевич Лев Ефимович

Доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и электрических машин Кубанского государственного технологического университета, Краснодар, e-mail: kkllev@mail.ru

Самородов Александр Валерьевич

Кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и электрических машин Кубанского государственного технологического университета, Краснодар, e-mail: alex.samorodoff@gmail.com

Христофоров Михаил Сергеевич

Аспирант кафедры электротехники и электрических машин Кубанского государственного технологического университета, Краснодар, e-mail: mkhristoforov87@mail.ru

**Анализ вопросов электроснабжения предприятий АПК
на примере федерального казенного предприятия
«Армавирская биофабрика»***

(Рецензирована)

***Аннотация.** Приводится анализ проблем электроснабжения предприятий АПК на примере Армавирской биофабрики. Для решения проблем бесперебойного электроснабжения в качестве дополнительного питания электропотребителей предлагается использовать гибридные ветро-солнечные генераторные установки.*

***Ключевые слова:** гибридные энергетические системы, резервное электроснабжение, отключения электроснабжения.*

Gaytov Bagaudin Khamidovich

Doktor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Professor of the Department of Electrical Engineering and Electrical Machines, Kuban State University of Technology, Krasnodar, e-mail: jlms@mail.ru

Kashin Yakov Mikhaylovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Electrical Engineering and Electrical Machines, Kuban State University of Technology, Professor of the Department of Aviation Radioelectronic Equipment, Krasnodar Air Force Institute for Pilots named after A.K. Serov, Krasnodar, e-mail: jlms@mail.ru

Kopelevich Lev Efimovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Electrical Machines, Kuban State University of Technology, Krasnodar, e-mail: kkllev@mail.ru

Samorodov Aleksandr Valeryevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Electrical Machines, Kuban State University of Technology, Krasnodar, e-mail: alex.samorodoff@gmail.com

Khristoforov Mikhail Sergeevich

Post-graduate student of Department of Electrical Engineering and Electrical Machines Department, Kuban State University of Technology, Krasnodar, e-mail: mkhristoforov87@mail.ru

**Analysis of the issues of electric power supply of agro-industrial
enterprises using an example of the federal state-owned enterprise
Armavir Biofactory**

***Abstract.** An analysis of the problems of electricity supply to agricultural enterprises is given based on the example of the Armavir Biofactory. To solve the problems of uninterrupted power supply, it is proposed to use hybrid wind-solar generator sets as additional power for electric consumers.*

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Администрации Краснодарского края в рамках научного проекта № 19-48-230009 p_a.

Keywords: hybrid power systems, redundant power supply, power outages.

Краснодарский край является энергодефицитным регионом. Распределительные электрические сети напряжением 10–0,4 кВ по месту расположения и характеру потребителей считаются сельскими и осуществляют электроснабжение объектов сельской инфраструктуры и сельскохозяйственного производства. Они находятся на более низком иерархическом уровне управления и располагаются ближе к потребителям. Исходя из причинно-следственных критериев, можно выделить проблемы систем электроснабжения сельских потребителей. В первую очередь – это низкое техническое состояние распределительных сетей, питающих сельхозпотребителей, следствием которого явилось ненадежное электроснабжение, высокие тарифы и низкое качество электроэнергии, от которых страдают все потребители электроэнергии, и в большей степени сельхозпроизводители и жители сельских регионов.

К основным проблемам сельских сетей напряжением 10–0,4 кВ относится низкая надежность сетей, большие потери электроэнергии и низкое качество поставляемой электрической энергии. По мнению специалистов, техническое состояние половины сельских сетей считается неудовлетворительным [1], отключения воздушных линий 0,4 и 10 кВ составляют от 40 до 90% от общего количества аварийных отключений.

ФКП* «Армавирская биофабрика» – одно из старейших предприятий биологической промышленности страны. Ее история началась в 1919 году с создания Кубанской противочумной станции на территории бывшего имения Барвинок помещика Николенко Я.Ф.

В 2016 году ФКП «Армавирская биофабрика» отметила свое 95-летие. Сегодня биофабрика является высокоорганизованным, многопрофильным с развитой инфраструктурой предприятием, выпускающим лекарственные средства более 100 наименований.

На сегодняшний день биофабрика, как и многие предприятия АПК, имеет ряд проблем, связанных с электроснабжением:

– отсутствие свободных генерирующих мощностей в районе. Лимит разрешенной мощности выбран полностью, что не позволяет расширять производство. При превышении лимита разрешенной мощности плата за каждый потребленный кВт·ч сверх лимита увеличивается в 1100 раз относительно действующего тарифа;

– отключения электроснабжения приводят к значительному экономическому ущербу в результате нарушения технологического процесса;

– строительство собственных генерирующих мощностей ограничено проблемой обеспечения экологичности производства и сохранности земель сельхозназначения.

Анализ состояния вопроса показывает, что при достаточном уровне электроснабжения на существующих мощностях биофабрики возможно увеличить выпуск готовой продукции практически вдвое. Однако существующий лимит электроэнергии не позволяет увеличить выпуск продукции.

Также большой проблемой являются отключения и скачки электроснабжения. Так, в 2017 году в результате отключений и скачков электроэнергии были нарушены процессы сушки препаратов ветеринарного и медицинского назначения, что повлекло за собой брак препаратов: Артрадоллиофилизат, вакцина против рожи свиней из штамма ВР-2, препарат Гепаретта.

В процессе лиофильной сушки препарата Артрадоллиофилизат 100 мг используются две установки с загрузкой по 63000 ампул 2 мл каждая. Себестоимость 1 ампулы препарата – 5,05 руб. Таким образом, ущерб от нарушения процесса сушки в результате некачественного электроснабжения составил 636,3 тыс. руб.

В процессе лиофильной сушки вакцины против рожи свиней из штамма ВР-2 используются две установки с загрузкой по 11340 флаконов 20 мл каждая. В одном флаконе 20 доз вакцины, в двух установках (11340 фл × 2 установки × 30 доз) ущерб составил 850,5 тыс. рублей.

* В статье приняты сокращения: ГПК – главный производственный корпус; АПК – агропромышленный комплекс; ФКП – федеральное казенное предприятие; УТ – условное топливо.

В процессе лиофильной сушки препарата Гепаретта 400 мг, 5 мл № 5 используются две установки с загрузкой по 15750 ампул 10 мл каждая. Себестоимость 1 ампулы препарата – 39,22 руб. Ущерб составил 1235,4 тыс. рублей.

Таким образом, сумма ущерба за 2017 год в результате некачественного электроснабжения составила 2722,2 тыс. рублей.

За 12 месяцев 2017 года было потреблено электроэнергии 7346 тыс. кВт·ч, что на 10,04% больше, чем в 2016 году (6675,4 тыс. кВт·ч), в физическом выражении увеличение составило 670,6 тыс. кВт·ч, в денежном выражении – 6789,3 тыс. рублей (увеличение на 18,2%, при росте цены на 7,3%). В это же время увеличение выпуска продукции произошло на 13,5%, в физическом выражении – 126,4 т.

Увеличение потребления электроэнергии на предприятии произошло по следующим причинам:

1. Увеличился выпуск лекарственных средств на 13,5% – увеличилось время работы технологического оборудования (линии розлива, автоклавы, сухожары, реакторы, центрифуги и другое) – увеличение на 125 тыс. кВт·ч.

2. Увеличение установленной мощности на 120 кВт (участок «РТУ» компрессор – 55 кВт и чиллер Веспер – 55 кВт, склад готовой продукции, холодильные установки – 10 кВт) – увеличение на 404,64 тыс. кВт·ч.

3. Увеличилось время работы систем по созданию микроклимата в служебных и производственных помещениях – 108,6 тыс. кВт·ч (чиллер Клинт – 76,5 тыс. кВт·ч, склад готовой продукции – 6,2 тыс. кВт·ч, подвал ГПК – 11,2 тыс. кВт·ч, столовая – 2,1 тыс. кВт·ч, АУП – 4,5 тыс. кВт·ч, Цех № 1 – 3,5 тыс. кВт·ч, мед. производство – 4,6 тыс. кВт·ч).

4. Увеличилось время работы производственной отопительной котельной – 24,1 тыс. кВт·ч (16,8 тыс. кВт·ч – отопительный сезон на 8 дней дольше; 7,3 тыс. кВт·ч – на 8 рабочих дней по пятницам больше).

Итого: обоснованное увеличение потребления электроэнергии составило порядка 662,34 тыс. кВт·ч.

Удельный расход электроэнергии за 2017 год составил 6,9 кВт/л, что на 3,1% (0,22 кВт/л) меньше, чем за 2016 год – 7,1 кВт/л.

На рисунках 1–4 представлены графики расхода и удельного расхода электроэнергии и потребления и удельного потребления условного топлива.

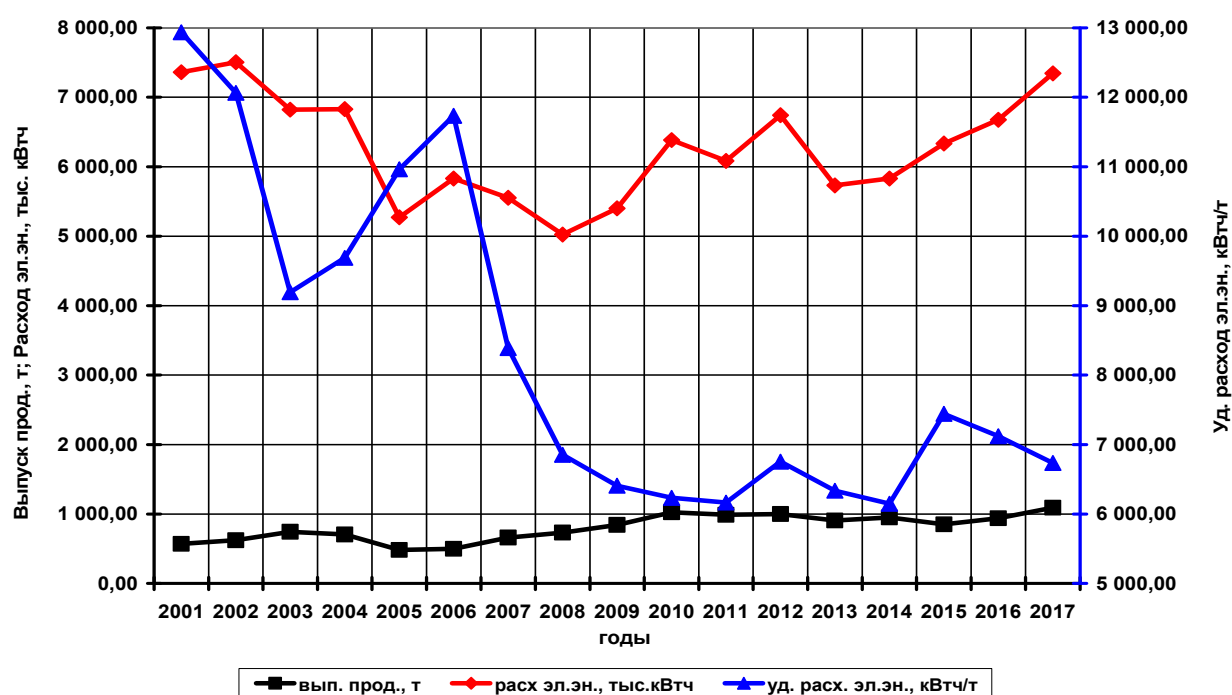


Рис. 1. График расхода электроэнергии по отношению к выпущенной продукции за период 2001–2016 гг.

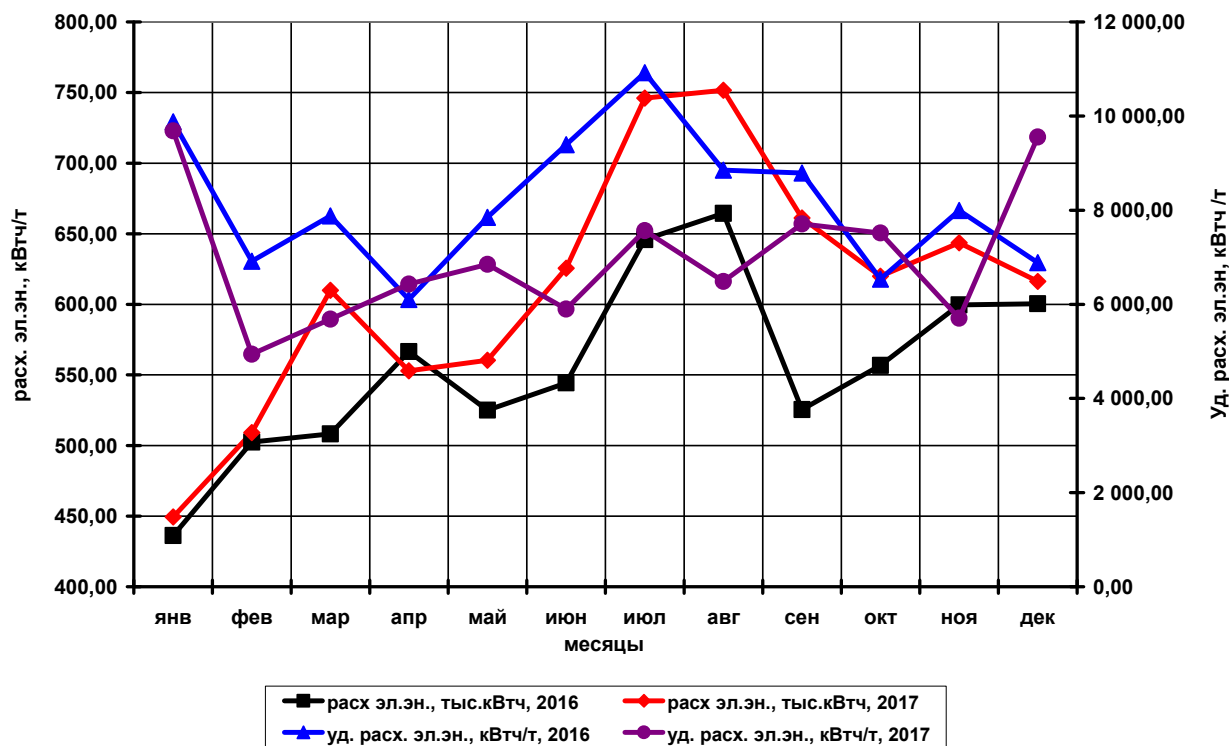


Рис. 2. График расхода электроэнергии и удельного расхода электроэнергии за 12 месяцев 2016–2017 гг.

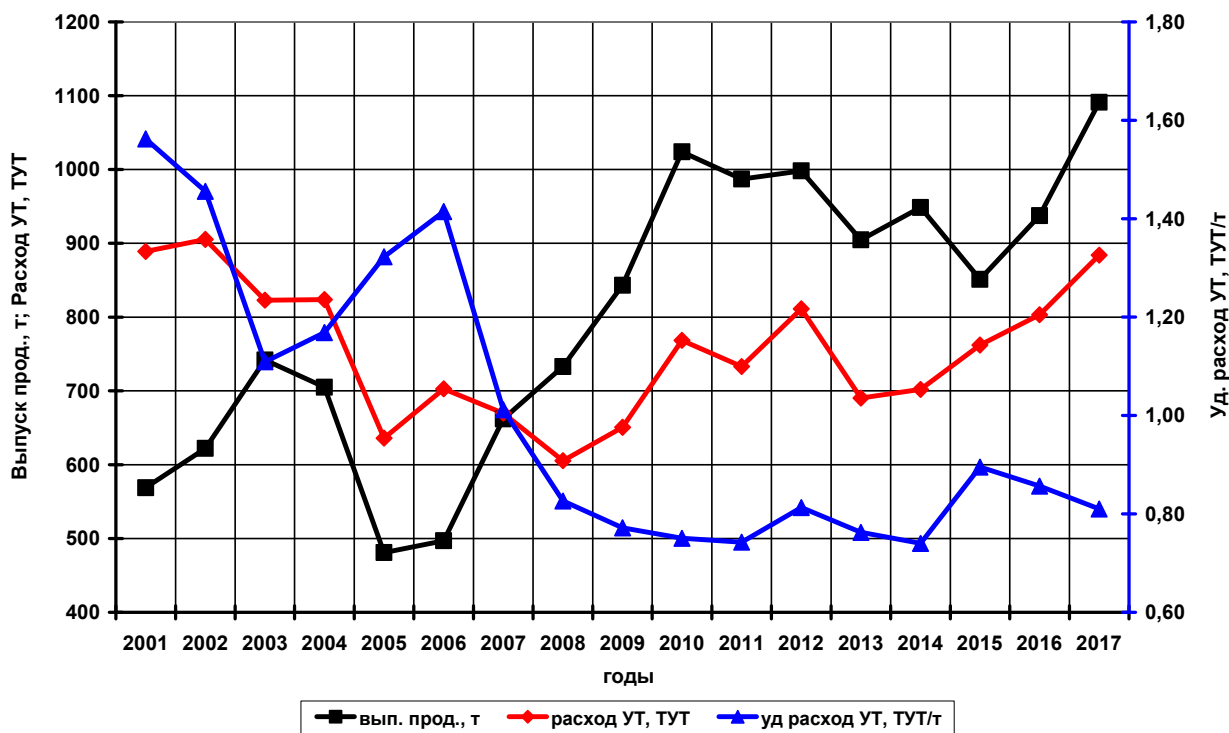


Рис. 3. График потребления условного топлива и удельного расхода условного топлива за период 2001–2016 гг.

Из графиков видна отчетливая тенденция к увеличению потребления энергоресурсов. Удельный расход электрической энергии при этом практически не изменяется. Снизить удельный расход при существующей технологии не представляется возможным.

Из вышеизложенного вытекает вопрос снижения прямых экономических потерь путем повышения надежности электроснабжения ответственных потребителей биофабрики.

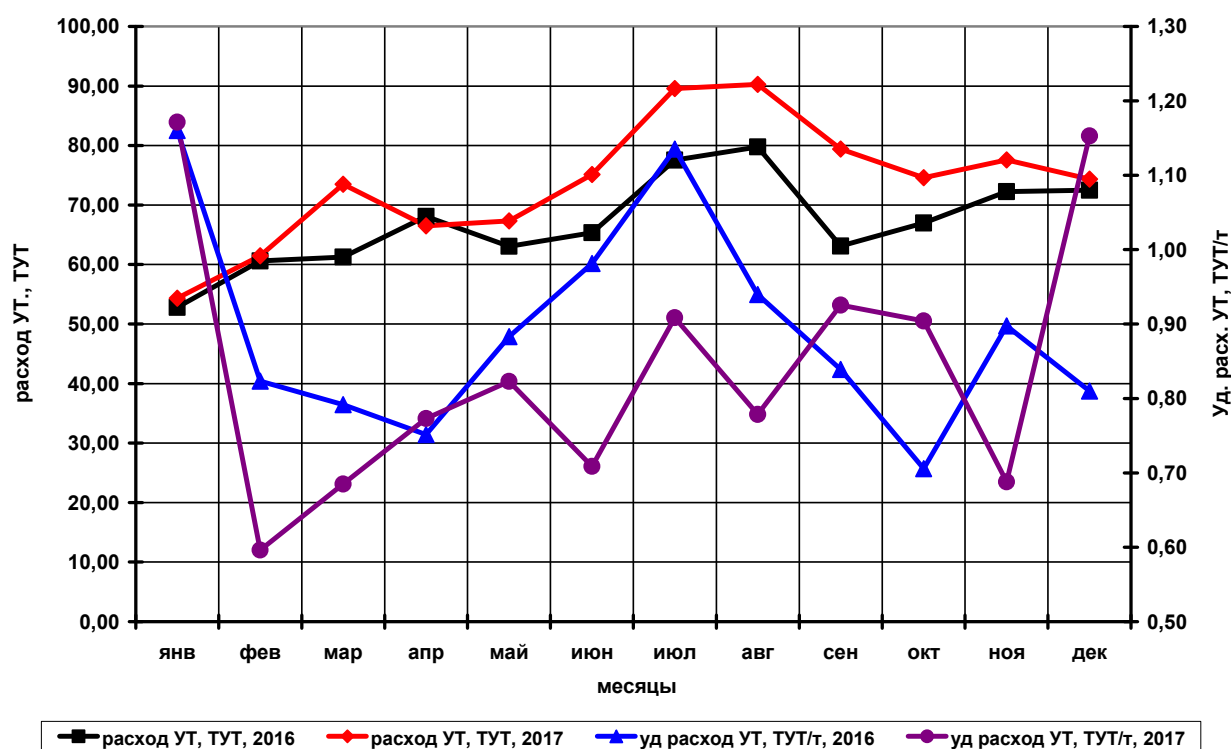


Рис. 4. График потребления условного топлива и удельного расхода условного топлива за 12 месяцев 2016–2017 гг.

Анализ состояния вопросов электроснабжения ряда подобных предприятий Российской Федерации показывает, что аналогичные проблемы существуют практически на всех таких предприятиях РФ.

Кроме того, для предприятий АПК остро встает вопрос обеспечения экологичности производства. Экологические нормы все время ужесточаются, а генераторные установки на основе дизельных, газотурбинных или газопоршневых не лучшим образом влияют на экологию. Также необходимо учитывать, что себестоимость генерируемой ими электроэнергии довольно велика. Непосредственно для биофабрик вопрос экологичности еще более актуален. Производство вакцин требует абсолютной стерильности воздуха. При наличии вблизи биофабрики выхлопных газов придется устанавливать более совершенные установки фильтрации воздуха, чаще менять фильтры, а это дополнительные расходы и, как следствие, удорожание себестоимости продукции.

Как вариант решения проблемы с отключением ответственных потребителей, а также решения вопроса дополнительной располагаемой электрической мощности предлагается использование гибридной ветро-солнечной генераторной установки.

В Кубанском государственном университете разработан ряд гибридных установок на основе энергии ветра и Солнца, которые могут быть с успехом применены для решения проблем дополнительного и аварийного электроснабжения как Армавирской биофабрики, так и других предприятий АПК [2–13].

Примечания:

1. Черкасова Н.И. Основы управления техногенными рисками и эффективностью функционирования систем электроснабжения сельскохозяйственных потребителей: дис. ... д-ра техн. наук. Барнаул, 2017. 402 с.
2. Создание перспективных систем автономного энергоснабжения объектов на базе принципиально новых электромеханических преобразователей энергии повышенной надежности / Б.Х. Гайтов, Я.М. Кашин, Л.Е. Копелевич, Н.В. Ладенко,

References:

1. Cherkasova N.I. Fundamentals of the management of technological risks and the efficiency of the functioning of the power supply systems for agricultural consumers: Dis. for the Dr. of Techn. Sciences degree. Barnaul, 2017. 402 pp.
2. Creation of promising autonomous energy supply systems for facilities based on fundamentally new electromechanical energy converters of increased reliability / B.Kh. Gaytov, Ya.M. Kashin, L.E. Kopelevich, N.V. Ladenko, R.A. Pakhomov,

- Р.А. Пахомов, А.В. Самородов: отчет о НИР № 13-08-96515/14 от 08.10.2014 (РФФИ и Администрации Краснодарского края).
3. Ермак А.А., Самородов А.В., Копелевич М.Л. Перспективные источники для автономных систем электроснабжения на базе возобновляемых источников энергии // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8-1. С. 39–41.
4. Стабилизированный вентильный аксиально-радиальный ветрогенератор постоянного тока / Я.М. Кашин, А.Я. Кашин, А.С. Князев, А.В. Войнов: патент на изобретение RUS 2689211. 22.03.2018.
5. Стабилизированный вентильный аксиально-конический ветрогенератор постоянного тока / Я.М. Кашин, А.Я. Кашин, А.С. Князев, А.В. Войнов: патент на изобретение RUS 26889251. 22.03.2018.
6. Разработка и основы теории двухмерных электрических машин для систем автономного электроснабжения / Б.Х. Гайтов, Т.Б. Гайтова, С.Р. Шарифуллин, А.В. Самородов // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 1999. № 4. С. 16–21.
7. Многофазный ветрогенератор переменного тока / Я.М. Кашин, А.Я. Кашин, А.С. Князев: патент на изобретение RUS 2658316. 07.07.2017.
8. Включение двухмерных машин на общую нагрузку / Б.Х. Гайтов, Н.В. Ладенко, А.В. Самородов, Я.М. Кашин // Энергосбережение и водоподготовка. 2014. № 1 (87). С. 71–73.
9. Аксиальный бесконтактный двигатель-генератор / Б.Х. Гайтов, Я.М. Кашин, А.С. Князев, А.Я. Кашин, С.А. Пудов: патент на изобретение RUS 2529210. 03.10.2013.
10. Кашин Я.М., Кашин А.Я., Князев А.С. Трехходовая аксиальная генераторная установка: патент на изобретение RUS 2589730. 29.07.2015.
11. Синхронизированная аксиальная двухходовая генераторная установка / Я.М. Кашин, А.Я. Кашин, Л.Е. Копелевич, А.В. Самородов, М.С. Христофоров: патент на изобретение RUS 2647708. 17.04.2017.
12. Кашин Я.М., Кашин А.Я., Князев А.С. Аксиальная многофазная двухходовая бесконтактная электрическая машина-генератор: патент на изобретение RUS 2623214. 13.07.2016.
13. Ветро-солнечный генератор / Б.Х. Гайтов, Я.М. Кашин, Л.Е. Копелевич, А.В. Самородов, В.А. Ким, А.О. Схашок, А.Я. Кашин // Энергосбережение и водоподготовка. 2017. № 6 (110). С. 25–30.
- A.V. Samorodov: research report No. 13-08-96515/14 of 08/10/2014 (RFFI and the Administration of the Krasnodar Territory).
- 3 Ermak A.A., Samorodov A.V., Kopelevich M.L. Prospective sources for autonomous power supply systems based on renewable energy sources // Modern High Technology. 2013. No. 8-1 P. 39–41.
4. Stabilized DC axial-conical direct-current valve wind generator / Ya.M. Kashin, A.Ya. Kashin, A.S. Knyazev: patent for invention RUS 2688925. 22.03.2018.
5. Stabilized valve axial-conical direct current wind generator / Ya.M. Kashin, A.Ya. Kashin, A.S. Knyazev, A.V. Voynov: patent for invention RUS 26889251. 22.03.2018.
6. Development and fundamentals of the theory of two-dimensional electric machines for autonomous power supply systems / B.Kh. Gaytov, T.B. Gaytova, S.R. Sharifullin, A.V. Samorodov // Proceedings of Higher Educational Institutions. Electromechanics. 1999. No. 4. P. 16–21.
7. Multiphase ac wind generator / Ya.M. Kashin, A.Ya. Kashin, A.S. Knyazev: Patent for invention RUS 2658316. 07.07.2017.
8. Connection of measuring machines for total load / B.Kh. Gaytov, N.V. Ladenko, A.V. Samorodov, Ya.M. Kashin // Energy Saving and Water Treatment. 2014. No. 1 (87). P. 71–73.
9. Axial contact-free engine-generator / B.Kh. Gaytov, Ya.M. Kashin, A.S. Knyazev, A.Ya. Kashin, S.A. Pudov: patent for invention RUS 2529210. 03.10.2013.
10. Kashin Ya.M., Kashin A.Ya., Knyazev A.S. Three-input axial generator: patent for invention RUS 2589730. 29.07.2015.
11. Synchronised axial two-inlet generator installation / Ya.M. Kashin, A.Ya. Kashin, L.E. Kopelevich, A.V. Samorodov, M.S. Khristoforov: patent for invention RUS 2647708. 17.04.2017.
12. Kashin Ya.M., Kashin A.Ya., Knyazev A.S. Axial polyphase two-inlet contactless electrical machine-generator: patent for invention RUS 2623214. 13.07.2016.
13. Winds solar generator / B.Kh. Gaytov, Ya.M. Kashin, A.V. Samorodov, L.E. Kopelevich, V.A. Kim, A.O. Skhashok, A.Ya. Kashin // Energy Saving and Water Treatment. 2017. No. 6 (110). P. 25–30.