

№ 3 2015 г.

ЖУРНАЛ ОСНОВАН В 2005 ГОДУ

#### УЧРЕДИТЕЛИ

ОАО «Татэнерго»

ООО «КамЭнергоРемонт»

ООО «Редакция журнала «Энергетика Татарстана»

#### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

##### СОПРЕДСЕДАТЕЛИ СОВЕТА

**Хазиев Р.М.** – генеральный директор ОАО «Татэнерго» – генеральный директор ОАО «Генерирующая компания»

**Махьянов Х.М.** – генеральный директор ООО «УК «КЭР-Холдинг», генеральный директор ООО «КамЭнергоРемонт»

##### ЧЛЕНЫ СОВЕТА:

**Ахметова И.Г., Богаткин В.И., Ваньков Ю.В., Гайфуллин И.Х., Гильфанов К.Х., Гуреев В.М., Каюмов Р.А., Киямов И.К., Кузнецов И.Л., Куприянов В.Н., Маргулис С.М., Мингалеева Г.Р., Сабитов Л.С., Садриева Г.Г., Сафиуллин Д.Х., Тимофеев Р.А., Тукшаитов Р.Х., Федотов А.И., Чичиров А.А., Шамсутдинов Э.В., Якупова Н.М.**

**Главный редактор** Богаткин В.И.

**Редакторы** Коровин А.В., Мезиков А.К., Баданова Т.А.

**Разработка дизайна** Банникова С.М.

**Компьютерная верстка** Бойко Ю.Б.

**Корректор** Кузьмина М.А.

ООО «Редакция журнала «Энергетика Татарстана»  
420039, г. Казань, ул. Мухамедьярова, 31  
Телефон/факс: (843) 518-94-74 E-mail: rget@mail.ru

В журнале использованы фотоматериалы редакции, авторов, НкГЭС.

Свидетельство о регистрации ПИ №ФС77-32847 от 15.08.2008 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций.

© ООО «Редакция журнала «Энергетика Татарстана», 2015

© Авторы статей, 2015

Периодичность выпуска – 4 раза в год

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий (Решение Президиума ВАК Минобрнауки РФ от 19 февраля 2010 года №6/6).

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов. За достоверность информации в статьях ответственность несут авторы. За содержание рекламных материалов, а также за наличие разрешительных документов на рекламируемую деятельность и продукцию ответственность несет рекламодатель. При перепечатке ссылка на журнал «Энергетика Татарстана» обязательна.

Отпечатано в типографии ООО «Печатный двор»

г. Казань, ул. Мухамедьярова, 31,

т./ф.: (843) 564-77-51, 564-64-16

Лицензия серия ПД № 7-0215 от 01.11.01 г. выдана Поволжским межрегиональным территориальным управлением МПТР РФ.

Заказ № Ж-7519 от 30.09.15 г. Тираж 1100 экз.

Подписано к печати 30.09.15 г. Цена свободная.

## В номере:

### ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ

#### 3 Минуллин Р.Г.

Диагностика состояния воздушных линий электропередачи локационным методом

#### 11 Минуллин Р.Г.

(к 80-летию со дня рождения)

### ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

#### 12 Мардиханов А.Х.

Исследование оптимальных ограничений мощности каскадных ГЭС в условиях оптового рынка электроэнергии

### ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

#### 16 Керножицкий В.А., Колычев А.В.

Концепция создания газотурбинных установок на основе применения термоэмиссионных методов охлаждения лопаток турбины

#### 20 Гафуров А.М., Осипов Б.М., Титов А.В., Гафуров Н.М.

Программная среда для проведения энергоаудита газотурбинных установок

#### 26 Воскобойников Д.В., Кесель Б.А.

Эффективность использования моторного масла и обеспечение надежности трибологической системы ГТУ

#### 32 Щербинин К.А.

Пути повышения энергетической эффективности программ модернизации тепловых сетей на примере Свердловской области

### ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИИ

#### 37 Ярославцев Ю.А.

Явление повышения температуры тела относительно температуры окружающей среды без затрат энергии

### ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ, ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И АГРЕГАТЫ

#### 41 Афанасьева О.В., Мингалеева Г.Р., Шамсутдинов Э.В., Горбунов С.Ю.

О возможности извлечения ценных цветных и редких металлов из золошлаковых отходов

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

#### 46 Сабитов Л.С., Хамидуллин И.Н., Кузнецов И.Л., Хусаинов Д.М.

Разработка оптимальной конструкции опоры многогранного сечения для энергетического строительства

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

#### 51 Мухаметрахимов Р.Х.

Снижение энергетических затрат при производстве цементно-волоконных плит для отделки зданий и сооружений

### ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКОЙ

#### 56 Квон Г.М.

Эффективность внедрения инвестиционного проекта ресурсосберегающих технологий реального сектора экономики Республики Татарстан

#### 61 Ширшов И.В.

Теория конструктов: логико-философские записи

1-я сторона обложки. Казанская ТЭЦ-1

4-я сторона обложки. Нижнекамская ГЭС

## **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ POWER SYSTEMS AND THE COMPLEXES**

**Минуллин Р.Г.  
Minullin R.**

### **Диагностика состояния воздушных линий электропередачи локационным методом Monitoring overhead power line status by location probing**

Рассматривается новая ресурсосберегающая технология в виде локационного метода зондирования линий электропередачи, которая позволяет диагностировать состояние воздушных линий. Описываются методики распознавания рефлектограмм локационного зондирования с указанием вида и места повреждения на линии, а также методики определения толщины стенки гололедных образований на проводах. Обсуждаются способы визуализации результатов зондирования. Исследования не имеют аналогов в мире, и их результаты впервые внедрены на подстанциях Татарстана и ряда регионов Российской Федерации.

The paper describes a novel resource-saving technology, wherein overhead power line status is monitored by location probing of electric power lines. Reflectogram pattern analysis enables researchers to identify and locate line faults and to measure the thickness of ice accretions, and also the procedure of the determination of the thickness of the wall of glare ice formations on the wires. Authors discuss the techniques to visualize probing results. This innovative detection technology has no analogy in the field and is first implemented in Tatarstan.

**Ключевые слова:** воздушные линии, локационный метод, повреждения линий, гололедные отложения, диагностика, визуализация результатов диагностики

**Key words:** overhead power lines, locating method, the damage of lines, glare ice deposits, diagnostics, the visualization of the results of diagnostics

**Минуллин Р.Г. (к 80-летию со дня рождения)  
Minullin R. (to eightieth birthday)**

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ELECTRICAL STATIONS AND THE ELECTRIC POWER SYSTEMS**

**Мардыханов А.Х.  
Mardikhanov A.**

### **Исследование оптимальных ограничений мощности каскадных ГЭС в условиях оптового рынка электроэнергии Researching of optimal power limitations cascaded hpp in the wholesale electricity market**

Представлена методика определения ограничений мощности каскадных ГЭС, с разработкой программного комплекса, позволяющего в оперативном режиме рассчитывать оптимальную располагаемую мощность

Determining the method of calculating the reduction of power limitations of cascade hydropower plants, with the elaboration of software that enables calculate the optimum available capacity.

**Ключевые слова:** каскадная ГЭС, ограничения мощности ГЭС, располагаемая мощность ГЭС, оптовый рынок электроэнергии и мощности

**Keywords:** cascaded HPP, HPP power limitations, HPP capacity, wholesale electricity and capacity market.

**Керножицкий В.А., Колычев А.В.  
Kernozhitsky V., Kolychev A.**

**Концепция создания газотурбинных установок на основе применения термоэмиссионных методов охлаждения лопаток турбины  
The concept of creation of gas-turbine installations on the basis of thermionic methods of cooling application of turbine blades**

Статья посвящена новому устройству охлаждения лопаток турбин и газотурбинных установок, основанному на новом физическом принципе – явлении термоэлектронной эмиссии – испусканию электронов нагретым металлом. Данное устройство позволит одновременно увеличить надежность, долговечность лопаток турбин газотурбинных двигателей и газотурбинных установок, при этом существенно повысить их КПД.

Article is devoted the new device of blade cooling of turbines and the gas-turbine installation, based on a new physical principle – the phenomenon of thermionic emission– electron emission by heated metal. The given device allows to increase simultaneously reliability, durability of turbines blades of gas-turbine engines and gas-turbine plants, in this case it is essential to increase their EFFICIENCY.

**Ключевые слова:** термоэлектронная эмиссия, лопатки турбины газотурбинной установки, эмиссионный слой, работа выхода, электронный контур охлаждения.

**Key words:** Thermionic emission, turbine blades of gas-turbine installation, thermionic stratum, work function, electronic head loop of cooling.

**Гафуров А.М., Осипов Б.М., Титов А.В., Гафуров Н.М.  
Gafurov A., Osipov B., Titov A.V, Gafurov N.M.**

**Программная среда для проведения энергоаудита газотурбинных установок  
Program environment to conduct an energy audit of gas turbine units**

Рассмотрены возможности по разработке и внедрению системы удаленного мониторинга технического состояния газотурбинных установок эксплуатируемых на территории Российской Федерации. Особое внимание уделено на использование современных методов математического моделирования газодинамических процессов.

Opportunities for development and deployment of system remote monitoring of technical condition of the gas turbine units operated in the territory of the Russian Federation are considered. The special attention is paid on use of modern methods of mathematical modeling of gasdynamic processes.

**Ключевые слова:** эксплуатация газотурбинных установок (ГТУ), системы удаленного мониторинга, программная среда для энергоаудита ГТУ.

**Keywords:** operation of gas turbine units (GTU), systems of remote monitoring, program environment for energy audit GTU.

**Воскобойников Д.В., Кесель Б.А.  
Voskoboynikov D., Kesel B.**

**Эффективность использования моторного масла и обеспечение надежности трибологической системы ГТУ  
The effectiveness of the use of motor oil, and ensuring the reliability of the tribological system of GTU**

Рассмотрен метод увеличения срока службы моторного масла конвертированных авиационных ГТД в эксплуатации. Приведены результаты экспериментальных работ по увеличению срока службы моторного масла при его комплексной гидродинамической обработке в устройстве роторно-пульсационного типа. Проведено сравнение

физико-химических показателей моторных масел после длительного гидродинамического воздействия на него и после 271 часовой наработки масла в коробке моторных агрегатов двигателя НК-86 с общей наработкой 8760 часов.

This article presents a method of increasing the service life of engine oil converted gas turbine engines in operation. The results of experimental studies to increase the service life of the engine oil when it is integrated hydrodynamic treatment device rotary-pulsation type. The comparison of the physico-chemical parameters of engine oils after prolonged exposure to hydrodynamic and after 271 hours of operation of motor oil in the box units of the engine NK-86 with the total operating time of 8760 hours.

**Ключевые слова:** трибологическая система, газотурбинный двигатель, роторно-пульсационный аппарат, ресурс ГТД, увеличение срока службы масел.

**Keywords:** tribological system, gas turbine engine, the rotary-pulsation apparatus, resource gas turbine, extended lifelubricants.

**Щербинин К.А.**  
Shcherbinin K.

### **Пути повышения энергетической эффективности программ модернизации тепловых сетей на примере Свердловской области** **Ways of increasing energy efficiency of the district heating modernization programs for Sverdlovsk region**

В статье проанализирован опытреализации программ модернизации теплосетевого хозяйства стран Восточной Европы в рамках кредита Мирового банка (TheWorldBank). Представлен комплекс энергосберегающих мероприятий, направленных на снижение тепловых потерь и аварийности на теплопроводах. Сопоставлены и проанализированы темпы реконструкций тепловых сетей в России и Восточной Европе. Рассмотрены факторы, снижающие эффективность энергосберегающих мероприятий инвестиционных программ теплоснабжающих организаций. Приведены некоторые рекомендации для исправления текущей ситуации.

Analyzed is the Eastern Europe's experience of the World Bank credit heat supply system modernization programs implementation. The energy-saving complex measures targeted on heat losses and breakdowns reduction are presented. The heating systems reconstruction rates in Eastern Europe and in Russia have been compared. The efficiency decrease factors of the heat supply organizations' energy-saving measures investment programs are analyzed. Provided are the recommendations for the current situation improvement.

**Ключевые слова:** централизованное теплоснабжение, тепловые потери, аварийность, модернизация, затопление.

**Key words:** district heating, heat losses, accident rate, modernization

### **ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИИ** **POWER PLANTS BASED ON RENEWABLE ENERGY**

**Ярославцев Ю.А.**  
Yaroslavtsev Y.

### **Явление повышения температуры тела относительно температуры окружающей среды без затрат энергии** **The phenomenon of solid temperature increase in relation to the surroundings dings temperature without energy waste**

Второе начало (закон) термодинамики справедливо в случае, если промежуточная между телами среда оптически однородна, т. е. коэффициент оптического преломления во всех местах промежуточной прозрачной среды одинаков. В статье приведены результаты экспериментального исследования процесса лучистой энергопередачи между непрозрачными телами через оптическую среду с увеличивающимся коэффициентом оптического преломления по мере перемещения от одного непрозрачного тела к другому, которое показало, что температура тела вблизи среды с меньшим коэффициентом преломления в этом случае оказывается меньше, чем температура тела вблизи среды с большим коэффициентом преломления.

The second basis (principle) of the thermal dynamics acts in case when the intermediate medium between the solids is optically homogeneous, i.e. the factor of optical reflection in all the points of the intermediate transparent medium is the same. The article contains the results of the experimental research of the process of radiant energy transformation between opaque solids through the optical medium with the increasing factor of optical reflection as one opaque solid moves to another one showing that the temperature near the medium of smaller reflection factor in such case occurs to be less than the solid temperature near the medium of higher reflection factor.

**Ключевые слова:** лучистая энергия, прозрачные среды, непрерывные оптически неоднородные среды, градиентные среды.

**Key words:** radiant energy, transparent media, continuous optically not homogeneous media, gradient media.

## **ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ, ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И АГРЕГАТЫ THERMAL POWER PLANTS, THEIR POWER SYSTEMS AND THE AGGREGATES**

**Афанасьева О.В., Мингалеева Г.Р., Шамсутдинов Э.В., Горбунов С.Ю.  
Afanaseva O., Mingaleeva G., Shamsutdinov E., Gorbunov S.**

### **О возможности извлечения ценных цветных и редких металлов из золошлаковых отходов**

#### **The possibility of recovering valuable nonferrous and rare metals from ash and slag waste**

В работе рассмотрена возможность извлечения ценных металлов из золошлаковых отходов. Дана характеристика Московского и Кировского золошлакоотвалов Казанской ТЭЦ-2, расположенных в г. Казани, как потенциальных объектов по утилизации золы и шлака, предложена принципиальная схема выделения металлов из золошлаковых отходов для их последующей транспортировки на объекты металлургической отрасли.

In the article the possibility of recovering valuable metals from the ash and slag waste was considered. The characteristic of the Kirov and Moscow ash dumps of Kazanskaya heat and power station - 2, which are located in the Kazan, was given as potential objects for the disposal of ash and slag, the principle scheme of extraction metals from ash and slag waste for subsequent transportation to the metallurgical facilities was proposed.

**Ключевые слова:** Казанская ТЭЦ-2, уголь, золошлакоотвал, ценные цветные и редкие металлы, выщелачивание

**Keywords:** Kazanskaya heat and power station - 2, coal, ash dump, valuable nonferrous and rare metals, leaching

## **СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ STRUCTURAL STEELS, BUILDINGS AND THE CONSTRUCTION**

**Сабитов Л.С., Хамидуллин И.Н., Кузнецов И.Л., Хусайнов Д.М.  
Sabitov L., Khamidullin I., Kuznetsov I., Khusainov D.**

### **Разработка оптимальной конструкции опоры многогранного сечения для энергетического строительства**

#### **Development of optimal design supports multi-faceted cross-section for energy construction**

Предложена новая конструкция ствола опоры многогранного сечения для энергетического строительства, например, для строительства опор линий электропередачи, башен сотовой связи, опор контактных сетей электрического транспорта и т.д. Уникальность конструкции заключается в стыковке листов разной толщины и соединения их между собой посредством пластин на сварке. Использование листов разной толщины по высоте опоры позволяет уменьшить расход стали примерно на 15%.

We propose a new design of the trunk support multi-faceted cross-section for the construction of power, for example for construction of power transmission line supports, of cell towers, poles contact lines of electric transport, etc. the uniqueness of the design lies in the joining of sheets of different thicknesses and connecting them to each other by means of plates for

welding. The use of sheets of different thickness according to the height of the support can reduce the steel consumption by about 15%.

**Ключевые слова:** опора линии электропередачи, радиомачта, башня сотовой связи, многогранная опора, численные исследования, напряженно-деформированное состояние опор.

**Keywords:** reliance power lines, radio mast, cellular tower, multifaceted support, numerical analysis, stress-strain state of the supports.

## **СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS**

**Мухаметрахимов Р.Х.  
Mukhametrakhimov R.**

### **Снижение энергетических затрат при производстве цементно-волоконных плит для отделки зданий и сооружений Decreasing of energy expenditures connected with production of fiber cement panels for building finish**

Приводятся результаты исследований по снижению энергетических затрат при производстве цементно-волоконных плит (ЦВП) на основе целлюлозных волокон, применяемых в качестве облицовочного материала в навесных вентилируемых фасадных системах, за счет повышения активности исходных сырьевых компонентов. Применение ЦВП при строительстве новых и утеплении реконструируемых зданий и сооружений позволяет существенно повысить их энергетическую эффективность.

The results of studies of the decreasing of energy expenditures connected with production of fiber cement panels (FCP) on the base of cellulosic fibers used as a facing material in hinged ventilated facades by means of the increase activity of raw components are presented in the article. The application of the FCP in construction of the buildings and heat insulation of re-developed buildings allows for a significant increase in the energy efficiency.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, ресурсосбережение, дисперсное армирование, минеральные добавки, экологичность.

**Keywords:** energy efficiency, resource saving, fiber reinforcement, mineral additives, ecological compatibility.

## **ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКОЙ ECONOMY AND CONTROL OF POWER ENGINEERING**

**Квон Г.М.  
Kvon G.**

### **Эффективность внедрения инвестиционного проекта ресурсосберегающих технологий реального сектора экономики Республики Татарстан The effectiveness of the implementation of the investment project resource-saving technologies of the real sector of the economy of the Republic of Tatarstan**

Актуальность исследуемой проблемы обусловлена тем, что реализация ресурсосберегающих проектов требует внедрения в свою очередь инновационных технологий в различных отраслях промышленности республики Татарстан. В данной статье приводятся результаты исследования, направленные на оценку эффективности реализации проекта организации производства по выпуску ресурсосберегающих технологий.

Relevance of the studied problem is caused by that implementation of resource-saving projects demands introduction in turn of innovative technologies in various industries of the Republic of Tatarstan. The results of research directed on an assessment of efficiency of implementation of the project of the organization of production on release of resource-saving technologies are given in this article.

**Ключевые слова:** инновационные технологии, ресурсосбережение, инвестиции, эффективность инвестиционного проекта.

**Keywords:** innovation technologies, efficient use of resources, investments, efficiency of investment project.

**Ширшов И.В.**  
**Shirshov I.**

## **Теория конструктов: логико-философские записи** **The theory of constructs: logical-philosophical records**

Доступное изложение логико-философских основ теории конструктов в приложении создания интеллектуальных (smart) систем управления состоянием и прогнозирования/предопределения состояния сложных систем - реальных организаций, зависящих от природных, человеческих и технических факторов.

The affordable presentation logical and philosophical foundations of the Theory of Constructs for development of intelligent (smart) systems of management and forecasting/ predetermination of the status / situations of complex systems. Complex systems - real organizations that depend on the natural, human and technical factors.

**Ключевые слова:** теория конструктов, сложные системы (complex systems), реальные организации, управление, прогнозирование/предопределение, логика, математическое обеспечение.  
**Keywords:** theory of Constructs, complex systems, real organization, management, forecasting /predetermination, mathware.