

**ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»**

**Орловский региональный центр  
энергосбережения**



# **ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ XXI ВЕК**

**март – июнь**

# **ENERGY AND RESOURCES SAVING XXI CENTURY**

**March – June**

**Орёл 2012**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПРАВИТЕЛЬСТВО ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
АДМИНИСТРАЦИЯ г. ОРЛА  
ООО «АКАДЕМИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ НАУК» РФ  
ПАДЕРБОРНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ГЕРМАНИЯ)  
ФГБОУ ВПО «АлтГТУ им. И.И. ПОЛЗУНОВА»  
ФГБОУ ВПО «ГОСУНИВЕРСИТЕТ - УНПК» (г. Орел)  
ГУ «ОРЛОВСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ»  
ОАО «АЛЕКСАНДРОВСКИЕ КОММУНАЛЬНЫЕ СЕТИ»  
ОАО «ОРЕЛОБЛЭНЕРГО»  
ОАО «ОРЕЛЭНЕРГОСБЫТ»  
ФИЛИАЛ ОАО «МРСК ЦЕНТРА» – «ОРЕЛЭНЕРГО»  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ»  
(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», г. Орел)

# **ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ XXI ВЕК**

**Сборник материалов X Международной  
научно-практической интернет-конференции**

**01 марта – 30 июня**

**Орел 2012**

УДК: 620.92 (063)  
ББК 31.15Я 431  
Э65

**Энерго- и ресурсосбережение – XXI век.:** Сборник материалов X международной научно-практической интернет-конференции, 01 марта – 30 июня 2012 г. / Под редакцией д-р техн. наук, проф. В.А. Голенкова, д-р техн. наук, проф. А.Н. Качанова, д-р техн. наук., проф. Ю.С. Степанова. – Орел: Госуниверситет-УНПК, 2012. – 316 с.

**ISBN 978-5-93932-501-1**

В сборник материалов десятой международной научно-практической интернет-конференции «Энерго- и ресурсосбережение – XXI век» включены работы ученых и специалистов России, стран ближнего и дальнего зарубежья в авторском варианте с аннотациями на русском и иностранном языках. Доклады с учетом научного направления, указанного авторами, были размещены в следующих секциях на сервере Орловского государственного технического университета ([www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)) с 01 марта по 30 июня 2012 года:

1. Проблемы и перспективы в области энерго- и ресурсосбережения.
2. Энергоэффективность систем электроснабжения и направления их развития.
3. Энергосберегающие электротехнологические процессы и установки.
4. Энергосберегающие машиностроительные технологии и оборудование.
5. Энерго- и ресурсосбережение в агропромышленном комплексе.
6. Управление энерго- и ресурсосбережением на промышленных предприятиях.
7. Автоматизированные системы управления – эффективные средства энерго- и ресурсосбережения.

УДК: 620.92 (063)  
ББК 31.15Я 431  
Э65

**ISBN 978-5-93932-501-1**

© ГОСУНИВЕРСИТЕТ - УНПК, 2012  
© ГУ «ОрелРЦЭ», 2012

## ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

---

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПРАВИТЕЛЬСТВО ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
АДМИНИСТРАЦИЯ г. ОРЛА  
ООО «АКАДЕМИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ НАУК» РФ  
ПАДЕРБОРНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ГЕРМАНИЯ)  
ФГБОУ ВПО «АлтГТУ им. И.И. ПОЛЗУНОВА»  
ФГБОУ ВПО «ГОСУНИВЕРСИТЕТ - УНПК» (г. Орел)  
ГУ «ОРЛОВСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ»  
ОАО «АЛЕКСАНДРОВСКИЕ КОММУНАЛЬНЫЕ СЕТИ»  
ОАО «ОРЕЛОБЛЭНЕРГО»  
ОАО «ОРЕЛЭНЕРГОСБЫТ»  
ФИЛИАЛ ОАО «МРСК ЦЕНТРА» – «ОРЕЛЭНЕРГО»  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ»  
(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», г. Орел)

---

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION  
OREL REGIONAL ADMINISTRATION  
OREL ADMINISTRATION  
ACADEMY OF ELECTRICAL AND TECHNICAL SCIENCES OF THE RUSSIAN  
FEDERATION  
UNIVERSITY OF PADERBORN (GERMANY)  
ALTSTU THEM. II POLZUNOV  
STATE UNIVERSITY – EDUCATION-SCIENCE-PRODUCTION COMPLEX  
OREL REGIONAL CENTRE FOR ENERGY SAVING  
JOINT-STOCK COMPANY ALEXANDROVSKYE MUNICIPAL NETWORKS  
JOINT-STOCK COMPANY “ORELREGIONENERGY”  
JOINT-STOCK COMPANY ORELSALESCOMPANY  
JSC "MRSC CENTER" - "ORYOLENERGO"  
DEPARTMENT OF “POWER EQUIPMENT AND ENERGY SAVING”  
(State University – Education-Science-Production Complex)

## ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

1. Коновалов Борис Михайлович - председатель программного комитета, первый заместитель Губернатора и Председателя Правительства Орловской области
2. Качанов Александр Николаевич - зам. председателя программного комитета, д.т.н., профессор, академик АЭН РФ, исполнительный директор ГУ «ОрелРЦЭ», зав. кафедрой «Электрооборудование и энергосбережение» Госуниверситет – УНПК.
3. Жасимов Макар Мусаевич - д.т.н., профессор, председатель технического комитета "Машиностроение" Республики Казахстан
4. Иньков Юрий Моисеевич - д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, академик АЭН РФ, главный ученый секретарь АЭН РФ.
5. Хомутов Олег Иванович, д.т.н., профессор, академик международной академии высшей школы, ректор ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им И.И. Ползунова».
6. Демидович Виктор Болеславович, д.т.н., профессор кафедры электротехнологической и преобразовательной техники ЛЭТИ им. В.И. Ульянова, академик–секретарь научно-отраслевого отделения № 6 АЭН РФ.
7. Dahlsveen Trond (Норвегия) - M. Sc., президент Energy Saving International AS
8. Jiří Kožený (Чехия) - Prof., Dr.-Ing., Westbomische Universitat Plzeň, Elektrotechnische Fakultät
9. Li Qingling (Китай) - Prof., Dipl.-Ing., Qingdao University of Chemical Technology, Department of Mechanical Engineering
10. Lupe Sergio (Италия) - Prof., Dr., University of Padova, Department of Electrical Engineering
11. Pahl Manfred H. (Германия) - Prof., Dr., Institute of Energy and Process Engineering Mechanical and Environmental Process
12. Sawicki Antoni (Польша) - Prof., Dr., Politechnika Częstochows, Samodzielny Zaklad Elektrotechnologii
13. Schulze Dietmar (Германия) - Prof., Dr. habil., Technische Universitat Ilmenau, Fachgebiet Elektrowarme
14. Рыжикова Елена Юрьевна - технический секретарь программного оргкомитета, ведущий инж. Центра эффективного энергосбережения Орловской области.

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

1. Голенков Вячеслав Александрович – председатель оргкомитета, д.т.н., профессор, академик АПК РФ, лауреат Государственных премий РФ, ректор Госуниверситет – УНПК.
2. Степанов Юрий Сергеевич – зам. председателя оргкомитета, д.т.н., профессор, академик РИА и РАЕ, директор Научно-образовательного центра нанотехнологий Госуниверситет – УНПК.
3. Вакулко Анатолий Георгиевич – к.т.н., доцент, лауреат Государственной премии РФ, директор НТИЦ ЭТТ, Московский энергетический институт (ТУ).
4. Гамазин Станислав Иванович – д.т.н., профессор, Московский энергетический институт (ТУ).
5. Нютюнич Евгений Аркадьевич – к.т.н., доцент, лауреат Премии Правительства РФ, директор НИИ энергоэффективных технологий Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева.
6. Кувалдин Александр Борисович – д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, академик АЭН РФ, Московский энергетический институт (ТУ).
7. Летягин Александр Вячеславович – заместитель генерального директора – директор филиала ОАО «МРСК Центра»-«Орелэнерго»
8. Радченко Сергей Юрьевич – д.т.н., профессор, проректор по научной работе Госуниверситет – УНПК.
9. Тимохин Вячеслав Александрович – первый заместитель-главный инженер ОАО «Орелоблэнерго», доктор электротехники, заслуженный энергетик РФ.
10. Шумарин Валерий Федорович – генеральный директор ОАО «Александровские коммунальные системы», доктор электротехники.
11. Юрьев Юрий Николаевич – директор ОАО «Орелэнергообит».
12. Поландова Лидия Ивановна, к.э.н., начальник Управления научно-исследовательских работ Госуниверситет – УНПК.
13. Карнаухова Любовь Николаевна – технический секретарь оргкомитета, ведущий инж. Центра эффективного энергосбережения Орловской области.

## PROGRAM COMMITTEE

1. Boris Mikhailovich Konovalov – Chairman of the Program Committee, First Vice-Governor and Deputy Chairman of Orel Regional Administration.
2. Alexander Nikolayevich Kachanov - Vice - Chairman (Russia), Ph.D., Professor, Academician of PSN RF, Executive Director of Orel RPSC, State University – Education Science Production Complex.
3. Makar Musyevich Zhasimov (Kazakhstan) - Ph.D., Professor, Chairman of the Technical Board "Mechanical Engineering" Kazakhstan
4. Yurji Moiseevich Inkov (Russia) - Ph.D., Professor, Honored Worker of Science of Russian Federation, Academician of PSN RF, Chief scientist, Secretary of APS RF
5. Oleg Ivanovich Homutov, Ph.D., Professor, Academician of the international academy of the higher school, Rector FGOU VPO «Altay state technical university to them I.I.Polzunov».
6. Viktor Boleslavovich Demidovich, doctor of technical sciences, professor, chair of electro technological and converter equipment LETI named after V.I. Uljanov, academician-secretary of scientific-branch division № 6 AEN RF
7. Dahlsveen Trond (Norway) - M.Sc. President of Energy Saving International AS
8. Jiri Kozeny (Czech Republic) - Prof, Dr.-Ing., Westboemische Universitaet Plzen, Elektrotechnische Fakultaet
9. Li Qingling (China) - Prof., Dipl.-Ing., Qingdao University of Chemical Technology, Department of Mechanical Engineering
10. Lupe Sergio (Italy) - Prof, Dr., University of Padova, Department of Electrical Engineering
11. Pahl Manfred H. (Germany) - Prof, Dr., Institute of Energy and Process Engineering Mechanical and Environmental Process
12. Sawicki Antoni (Poland) - Prof., Dr., Politechnika Czestochows, Samodzielny Zaklad Elektrotechnologii
13. Schulze Dietmar (Germany) - Prof, Ph.D., habil., Technische Universitaet Ilmenau, Fachgebiet Elektrowaerme
14. Elena Yurievna Ryzikova, technical Sekretary of programming Organizing Committee, leading engineer of Orel region effective enegy saving Center

## ORGANIZING COMMITTEE

1. Vyacheslav Alexandrovich Golenkov, Chairman, Ph.D., Professor, Academician of APK RF, State Prize Laureate in science and engineering of RF, Rector of State University – Education Science Production Complex.
2. Yury Sergeyeovich Stepanov - Deputy - Chairman (Russia), Ph.D., Professor, State Prize Laureate, Prorektor of State University – Education Science Production Complex for Scientific Work.
3. Anatoly Georgievich Vakulko - Can.Sc, Assistant Professor, State Prize Laureate, Moscow Power Institute (TU).
4. Stanislav Ivanovich Gamazin - Ph.D., Professor, Moscow Power Institute (TU).
5. Yevgeny Arkadievich Zenyutich - Can. Sc, Assistant Professor, State Prize Laureate, Executive Director of Nizhegorodsky Regional Center of Energy Saving.
6. Alexander Borisovich Kuvaldin - Ph.D., Professor, Academician of PSN RF, Moscow Power Institute (TU).
7. Aleksandr Vyacheslavovich Letyagin – Deputy chief director – branch director of OJSC “MRSK Centr – Orelenergo”
8. Sergey Yurievich Radchenko - doctor of technical sciences, professor, Prorektor for Research of State University ESPC
9. Vyacheslav Alexandrovich Timokhin – Chief Engineer of joint-stock company «Orelenergo», Honorary Freeman of Orel town, Doc. El.Sc.
10. Valeriy Fedorovich Shumarin - Director of Company “Aleksandrovsky municipal systems” LTD, Doc. Sc.
11. Yury Nikolayevich Yurev – Director of company “Orel company for energysale” LTD.
12. Lidiya Ivanovna Polandova, Chief of Dep for Research Work of State University – Education Science Production Complex.
13. Lubov Nikolaevna Karnachova, technical Sekretary of programming Organizing Committee, leading engineer of Orel region effective enegy saving Center

## **НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ**

1. Проблемы и перспективы в области энерго- и ресурсосбережения
2. Энергоэффективность систем электроснабжения и направления их развития
3. Энергосберегающие электротехнологические процессы и установки
4. Энергосберегающие машиностроительные технологии и оборудование
5. Энерго - и ресурсосбережение в агропромышленном комплексе
6. Управление энерго- и ресурсосбережением на промышленных предприятиях
7. Автоматизированные системы управления – эффективные средства энерго- и ресурсосбережения

## **SCIENTIFIC LINES**

1. Problems and prospects in the field of energy- and resource saving
2. Energy effectiveness of power supply systems and lines of their development
3. Energy saving electro-technological processes and equipment
4. Energy saving machine building technologies and equipment
5. Energy- and resource saving in agricultural complex
6. Energy and resource saving control in industry
7. Automated management systems – effective energy and resource saving facilities

нагревателями и электропечным трансформатором можно считать экономически эффективным.

Необходимо отметить, что данный метод сравнения не учитывает что для фирмы-производителя таких нагревателей их цена (себестоимость) значительно ниже. В связи с этим разница в ценах между установками двумя типов сократится, однако, с большой долей вероятности, при данных рыночных ценах на материалы и оборудование, второй вариант исполнения этой печи будет все равно предпочтительнее. Кроме того, стоит отметить, что данный метод расчета справедлив не только для нагревателей из хромита лантана (он здесь используется в качестве примера), но и для любого другого материала, используемого для создания нагревательных элементов ЭПС.

В связи с этим на основе данного метода расчета будет разработан экономический критерий, направленный на определение оптимального количества нагревателей, толщины слоя теплоизоляции, а также целесообразности введения дополнительного оборудования (например, питающего трансформатора) в высокотемпературных электрических печах сопротивления. Такой критерий поможет сократить затраты на производство печи и, как следствие, увеличить прибыль предприятия.

#### Литература

1. Материалы для электротермических установок: Справочное пособие / Н.В. Большакова, К.С. Борисанова, В.И. Бурцев и др.; Под ред. М.Б. Гутмана. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 296 с.

2. Погребиский М.Я., Батов Н.Г. Материалы для электрических печей сопротивления. – М.: Изд. дом МЭИ, 2011. – 92 с.

3. Каталог товаров ООО «НПК «Термокерамика». Интернет-ресурс: [www.lanterm.ru/hromitlantana](http://www.lanterm.ru/hromitlantana)

**Митяков Филипп Евгеньевич**, ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ», аспирант кафедры ФЭМАЭК; 111558, г. Москва, ул. Молостовых, д. 15, корп. 5, кв. 17; [filych@mail.ru](mailto:filych@mail.ru)

**Потеряев Кирилл Сергеевич**, ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ», студент кафедры ФЭМАЭК; 143600, г. Волоколамск, ул. Ключевая, д. 9а; [poteryaevks@gmail.com](mailto:poteryaevks@gmail.com)

УДК 621.365.5: 004.92

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В СИСТЕМЕ «ПРИМЫКАЮЩИЙ ИНДУКТОР – ПЛОСКИЙ НАГРЕВАЕМЫЙ ОБЪЕКТ» В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ ELCUT**

**Качанов А.Н., Голда А.В., Карнаухова Л.Н.**

*Россия, г. Орел, ФБГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»*

В статье рассмотрен вопрос моделирования процесса низкотемпературного нагрева примыкающим индуктором с использованием программного комплекса ELCUT.

The article discusses the issue of modeling of the process of low-temperature heating of adjacent inductor using the software ELCUT.

При проведении различных технологических процессов требуется обеспечить равномерный объемный нагрев обрабатываемых металлических изделий. Для решения данной задачи могут быть успешно использованы примыкающие индукторы, которые хорошо вписываются в существующие технологические линии. На рис. 1.



представлены основные варианты системы «Примыкающий индуктор – плоский нагреваемый металлический объект».

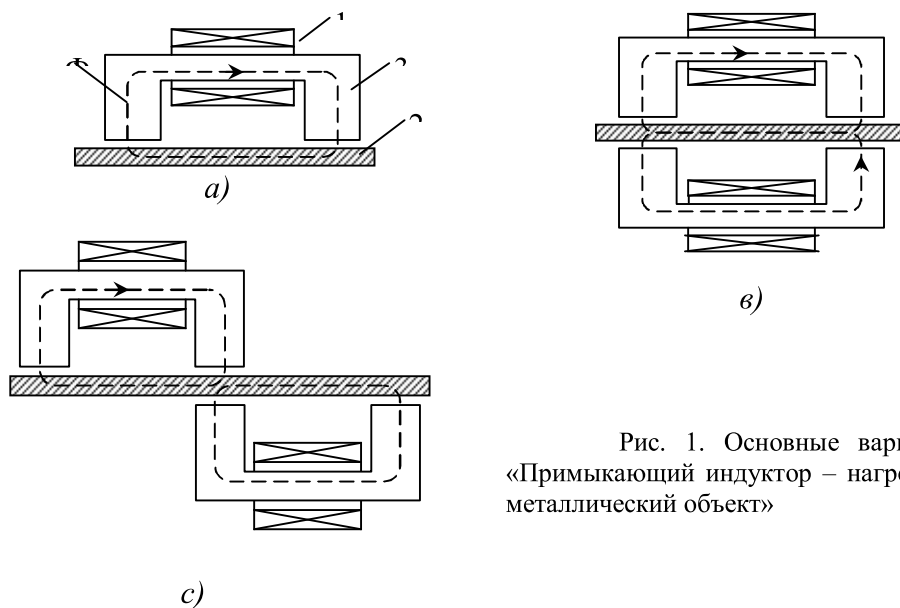


Рис. 1. Основные варианты системы «Примыкающий индуктор – нагреваемый плоский металлический объект»

Как видно из рисунка 1 (а, б, с) используя различные варианты размещения индукторов относительно нагреваемого объекта и друг друга, можно получить электромагнитные поля требуемой конфигурации. Варьируя количеством примыкающих индукторов и направлениями токов в обмотках можно получить равномерное распределение внутренних источников тепла по объему нагреваемого металлического изделия. Вместе с тем, для получения равномерного температурного поля необходимо проведение дополнительных теоретических и экспериментальных исследований, направленных на изучение электромагнитных и тепловых полей в системе «Примыкающий индуктор – нагреваемый плоский металлический объект» с учетом геометрических размеров магнитопроводов и их взаимного расположения.

Опыт аналитического и экспериментального исследования характера распределения основных параметров электромагнитного поля в системе «Индуктор – нагреваемый объект» приведенный в [1] показал, что для облегчения трудоемкости вычислительных процессов и учета изменения электрофизических свойств нагреваемых материалов целесообразно использовать современные программные продукты, базирующиеся на численных методах расчета.

Для моделирования электромагнитных и тепловых полей в системе, приведенной на рис. 1а. была использована программная среда ELCUT [2], которая позволяет решать плоские и осесимметричные задачи расчета стационарных и нестационарных электромагнитных (с учетом вихревых токов и нелинейных свойств материалов) и температурных полей (тепловые переходные процессы). В частности, была решена задача по расчету распределения основных параметров электромагнитного поля внутри нагреваемого плоского объекта, а также распределения внутренних источников тепла.

На рисунке 2. приведена картина распределения силовых линий электромагнитного поля в одной второй части магнитопровода и плоской загрузки, т.к. система симметрична.

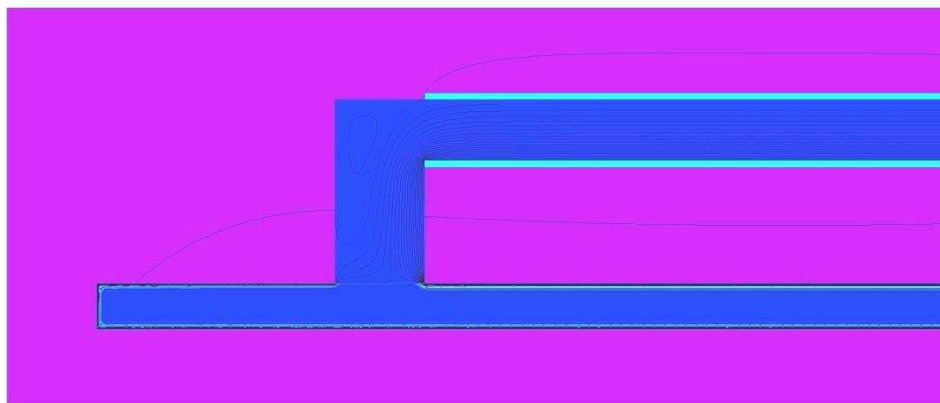


Рис. 2. Картина распределения силовых линий магнитного поля в системе «Примыкающий индуктор – плоская загрузка»

При решении нестационарной тепловой задачи учитывалось изменение электрофизических свойств материала загрузки в процессе нагрева. Достоверность результатов исследований, полученных с помощью программного пакета ELCUT, подтверждена их хорошей сходимостью с данными, полученными экспериментальным путем на физической модели.

Таким образом, применение программного продукта ELCUT позволяет значительно сократить время вычислительных процессов, оптимизировать выбор конструкции магнитопроводов примыкающих индукторов и взаимное расположение на нагреваемом объекте с целью выравнивания градиента температурного поля по объему нагреваемого изделия.

#### Литература

1. Katchanov A.N. Untersuchung des Magnetfeldes im Arbeitsplat eines Induktors fur die Erwarmung ebener Einsatze (статья) Im Wissenschaftliche zeitschrift der TH1, Heft 1. 1986, s. 107 – 111.

2. ELCUT. Моделирование двумерных полей методом конечных элементов. Руководство пользователя. /Санкт-Петербург: Производственный кооператив ТОР, 2010 – 345 с.

**Качанов Александр Николаевич**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Электрооборудование и энергосбережение», Госуниверситет – УНПК, тел. 8 (4862) 41 98 53

**Голда Александр Викторович**, студент гр. 51 – ЭО Госуниверситет – УНПК, e-mail: Golda-AleksandrV@yandex.ru

**Карнаухова Любовь Николаевна**, ведущий инженер ГУ «ОрелРЦЭ», тел. 8 (4862) 41 98 30

УДК 621.3

### ПРОГРАММА GRADIENT ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНДУКЦИОННОГО ГРАДИЕНТНОГО НАГРЕВА

**Кувалдин А.Б., Некрасова Н.С.**  
Россия, г. Москва, НИУ «МЭИ»

Описывается разработанная программа на базе автоматизированной процедуры расчета для исследования электромагнитных и тепловых полей заготовки, нагреваемой в установке индукционного градиентного нагрева.