

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ – ПЕРВЫЙ ШАГ НА ПУТИ К ЭФФЕКТИВНОМУ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЮ



**В.Я. УШАКОВ,**  
*д. т. н., профессор,  
директор  
Регионального центра  
ресурсосбережения ТПУ*



**Н.Н. ХАРЛОВ,**  
*к. т. н., ведущий  
инженер, зам. директора  
Регионального центра  
ресурсосбережения ТПУ*



Региональный учебно-научно-технологический центр ресурсосбережения (РЦР) был создан в 2001 г. для координации работ ТПУ в рамках отраслевой программы «Энергосбережение Минобразования России», в которой ТПУ участвовал как головной вуз по Западной Сибири, а также для решения следующих задач:

- содействие учреждениям и организациям Минобразования России и иной ведомственной принадлежности в разработке и реализации программ энергоресурсосбережения;
- энергообследование организаций и учреждений;
- выполнение научных исследований и разработок в интересах создания и внедрения ресурсосберегающих технологий и повышения надежности энергоснабжения;
- участие в подготовке энергоаудиторов, в повышении квалификации персонала предприятий и организаций;
- участие в обучении студентов соответствующих специальностей; с 2008 г. РЦР служит научной базой подготовки на кафедре «Элек-

# ENERGY INSPECTION AS THE FIRST STEP TOWARDS ENERGY EFFICIENCY

## VASILIIY USHAKOV

*Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Director of the Regional Centre for Resource  
Efficiency, TPU*

## NIKOLAY KHARLOV

*PhD in Technical Sciences, senior engineer,  
Deputy Director of the Regional Centre  
for Resource Efficiency, TPU*

The Regional Training and Engineering Centre for Resource Efficiency (RCR) was established in 2001 to coordinate TPU's activities in the branch programme «Energy efficiency» by the Ministry of Education and Science, in which TPU participated in the capacity of a Western Siberia's leading university. The Centre also has other tasks, such as:

- providing support to agencies and organisations affiliated with the Russian Ministry of Education and other departments in the development and implementation of energy saving programs,
- energy inspection of organisations and institutions,
- research and development aimed at creation and implementation of resource saving technologies and enhancing energy supply reliability,
- participation in training of energy auditors and in professional development of personnel,
- participation in training of students of related specialties (since 2008). The Centre provides academic training of masters at the Department of Power Grids and Electrical Engineering under the programme «Energy Saving and Energy Efficiency»; the Centre annually organises research work and preparation of master's degree dissertations of approximately 10 graduate students in the same program.

To support this work, the Russian Ministry of Education has been allocating the Centre from 2 to 2.5 mln Rubles annually for the last four years. **As a division of TPU, the Centre is** a member of non-profit partnership «SibEE» (Non-Profit Partnership for Support of Energy Saving and Energy Efficiency in Siberia) and a member of the non-profit partnership “Corporate Educational and Research Centre of the Unified Energy System.” The Centre

applies modern diagnostic and test equipment and software for both instrumental energy audits and comprehensive survey of the quality of electric power, electromagnetic compatibility, nature and patterns of additional losses. The Centre's team have performed energy audits of approximately 50 companies and institutions - both suppliers and consumers of electricity based in Western and Eastern Siberia, Yakutia, South Russia and Arctic Circle. Among the surveyed enterprises and organisations are IDGC (Interregional Distribution Grid Company) of the South, IDGC of Siberia, ALROSA (JSC), a number of oil producing companies, OAO Gazprom, industrial enterprises, social organisations and public utilities, and others.



трические сети и электротехника» магистров по программе «Энергосбережение и энергоэффективность»; ежегодно в РЦР выполняют научно-исследовательскую работу и готовят магистерские диссертации около 10 магистрантов, обучающихся по программе «Энергосбережение и энергоэффективность».

Для поддержки этих работ Минобразования России в течение 4 лет выделяло ежегодно 2–2,5 млн руб., на которые ТПУ закупал водосчетчики, счетчики тепловой и электрической энергии, запорную арматуру и т. п., т. е. реально двигался по пути энергосбережения.

**Организационно до 2010 г. РЦР был структурной единицей научного управления ТПУ, в настоящее время он входит в состав Энергетического института (ЭНИИ).** Как структурное подразделение ТПУ он является членом СРО НП «СибЭЭ» и членом НП «Корпоративный образовательный и научный центр Единой энергетической системы».

**В своей работе РЦР опирается на сформировавшийся в течение века традиции и научно-технический потенциал Томского политехнического университета в области научных исследований и подготовки кадров для нужд энергетики,** а также на научно-методические материалы, разработанные вузами, академическими учреждениями и центрами энергосбережения г. Томска, Москвы, Новосибирска, Барнаула, Нижнего Новгорода, Екатеринбурга. Используются и опыт зарубежных стран, имеющих большие достижения в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

На сегодня РЦР оснащен современной диагностической и измерительной аппаратурой, программными средствами, позволяющими не только проводить инструментальные энергетические обследования, но и выполнять комплексные исследования качества электрической энергии, электромагнитную совместимость, природу и закономерности добавочных потерь.

За эти годы сотрудниками РЦР выполнено энергетическое обследование около 50 предприятий и учреждений – как поставщиков, так и потребителей электроэнергии, расположенных в различных регионах страны: Западная и Восточная Сибирь,

---

**РАЗРАБОТАННЫЕ ПО ИТОГАМ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПАСПОРТА, СОДЕРЖАЩИЕ ПЛАН РЕКОМЕНДУЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ, ПОКАЗЫВАЮТ ЗАКАЗЧИКАМ ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ УДЕЛЬНОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ.**

---

Якутия, Юг России, Заполярье. Среди обследованных предприятий и организаций – «МРСК Юга», «МРСК Сибири», АК «АЛРОСА» (ОАО), ряд нефтедобывающих предприятий, ОАО «Газпром», промышленные предприятия, организации социальной и коммунальной сферы и др.

Разработанные по итогам обследования паспорта, содержащие план рекомендуемых мероприятий по энергосбережению, показывают заказчикам пути уменьшения удельного энергопотребления.

К сожалению, лишь незначительная часть обследованных предприятий/организаций используют эту возможность. Многие организации, прежде всего бюджетные, заказывают энергообследования лишь для того, чтобы отчитаться перед вышестоящими органами за выполнение Федерального закона от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», согласно которому все они должны были пройти энергообследование к 1 января 2013 г. На тех предприятиях/организациях, где были реализованы мероприятия по энергосбережению, разработанные по итогам энергообследования, годовая экономия средств за счет повышения эффективности использования энергии исчисляется сотнями тысяч и даже миллионами рублей (АК «АЛРОСА», ООО «Газпром добыча Надьм», ОАО «Омскводоканал»).

**Научная компонента деятельности РЦР включает:**

- измерения, расчет и анализ потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем, городских электрических сетях и системах электроснабжения предприятий;
- исследование причин возникновения и основных закономерностей добавочных потерь в высоковольтных распределительных сетях;
- анализ тенденций развития мировой и российской энергетики, роли и места энергосбережения в обеспечении энергетической и экологической безопасности;
- участие в разработке программ энергосбережения – региональных, муниципальных, отраслевых, отдельных предприятий/учреждений.

(Сотрудники РЦР принимали участие в разработке областных программ «Энергосбережение в Томской области» и «Обеспечение энергетической эффективности на территории Томской области»).

**The Centre is engaged the following scientific works:**

- measurement, calculation and analysis of energy losses in electric networks of electric systems, urban power grids and power supply systems at enterprises;
- the study of causes and common factors of stray losses in primary distribution networks;
- analysis of trends in the global and Russian energy sector, the role and place of energy saving in providing energy and environmental security;
- participation in development of energy efficiency programs by regional, municipal, industry and individual companies or institutions.

The Centre's team participated in the development of regional programs «Energy Saving in the Tomsk Region» and «Energy efficiency in the Tomsk Region». The Centre has developed methodology and software to calculate electricity losses, including stray losses caused by distortion and current unbalance. The distinction of this methodology from the currently applied is that it accounts for distortion and current unbalance, distribution of transmission lines

parameters, dependency of the skin effect on the frequency, and the effect of the wire suspension geometry. The Centre has developed the software for calculation of specific energy consumption for businesses, where a significant load is built by electric drives in pumps, compressors, fans, etc. Using only limited data obtained with instrumental surveys, this software can calculate such indicators as the driving mechanism efficiency, its performance factor, specific consumption of energy resources per unit of manufactured product, and prepare feasible technical solutions to improve them.

In 2009-2013, the Centre's team published 6 monographs and textbooks, 20 journal articles, 12 reports for foreign conferences and 20 reports for national and international conferences. The Centre organises events for young scientists, such as international and national symposia and scientific conferences on contemporary issues of energy sector, energy conservation and improvement of energy efficiency. For 8 years the Centre was responsible for preparing annual national scientific meetings dedicated to energy security of Siberia, promoted by the Tomsk Region Administration. Over the past five years, the Centre's team were awarded nine certificates and diplomas.



**Рис. 1.** Сотрудник РЦР М.В. Волков регистрирует параметры режимов работы линии 110 кВ «Бурятэнерго»

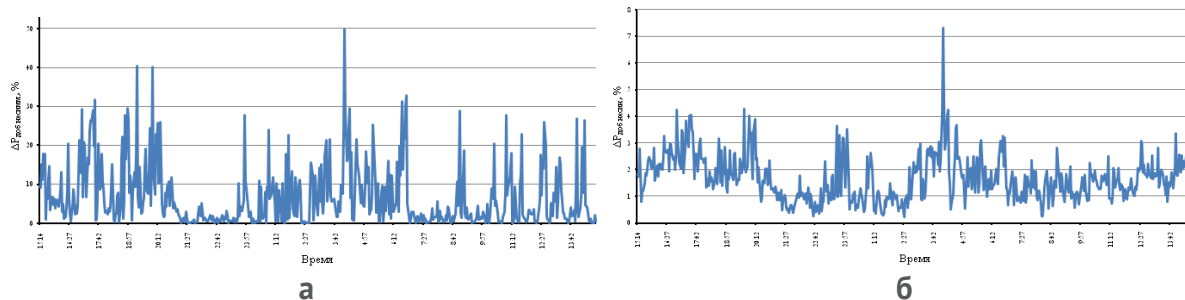


Рис. 2. Добавочные потери энергии от несимметрии (а) и несинусоидальности (б) в линии, питающей тяговую нагрузку (в процентах от потерь, вызванных током прямой последовательности основной частоты)

**Наиболее интересными, на наш взгляд, научными результатами, полученными коллективом РЦР, являются следующие:**

1. Подавляющее число линий 110 кВ в настоящее время работают с искажениями напряжения и токов. И если величина искажений напряжений, нормируемая ГОСТ 32144-2013, как правило, находится в допустимых пределах, то искажения формы тока, а также его несимметрия вообще не нормируются, и это при том, что их величина оказывает существенное влияние на уровень потерь электроэнергии.
2. Установлено, что на величину потерь от искажения формы тока влияет распределенность параметров линий, наиболее сильно проявляющаяся на повышенных частотах в случаях возникновения резонансов тока.
3. Разработаны методика и программное обеспечение для расчета потерь электроэнергии, включая добавочные потери от искажений и несимметрии токов. Основное отличие методики от действующей заключается в учете искажений и несимметрии токов, распределенности параметров линий электропередач, зависимости поверхностного эффекта от частоты, влияния геометрии подвески проводов. Показано, что в ряде случаев величина добавочных потерь может достигать десятков процентов от суммарных потерь энергии, (рис. 2). Наибольшие добавочные потери имеют место в энергосистемах с мощными нелинейными и тяговыми нагрузками.
4. Неучет этих составляющих приводит к искажению реальной картины потерь (их занижению) и к гашению стимулов у потребителей к повышению технологической культуры электропотребления.
5. Разработано программное обеспечение для расчетов удельных расходов электроэнергии применительно к предприятиям, значительную нагрузку которых составляют электроприводы насосов, компрессоров, вентиляторов и др. Оно позволяет на основе ограниченного объема

информации, полученной при инструментальном обследовании, рассчитывать такие показатели, как производительность приводного механизма, его КПД, удельные показатели расхода энергетических ресурсов на единицу произведенной продукции и намечать обоснованные технические решения по их улучшению.

Сотрудники РЦР уделяют большое внимание доведению полученных результатов научных исследований и разработок до сведения специалистов. Только за 2009–2013 гг. сотрудники РЦР опубликовали 6 монографий и учебных пособий, 20 журнальных статей, 12 докладов в трудах зарубежных конференций и 20 – в трудах Всероссийских и международных конференций.

Благодаря участию и победам в конкурсах грантов РФФИ и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» РЦР организует научные молодежные мероприятия – Международные и Всероссийские симпозиумы и научные конференции-школы по современным проблемам энергетики, энергосбережению и повышению энергетической эффективности. (Такие мероприятия проводились в 2010, 2011, 2012 и 2014 гг.). Ранее на протяжении 8 лет РЦР отвечал за подготовку ежегодных Всероссийских научных совещаний по теме «Энергетическая безопасность регионов Сибири», проводимых по инициативе администрации Томской области.

За последние пять лет коллектив РЦР и его сотрудники награждены девятью дипломами и почетными грамотами.



# ЭКОНОМИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В ТПУ



В рамках выполнения «Программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности Томского политехнического университета на 2013-2015 г. и на период до 2018 г.» на объектах университета в 2014 году были выполнены следующие мероприятия:

- **внедрена новая схема учета электроэнергии** с применением АСКУЭ в учебных корпусах № 10, 11, 18 для автоматического сбора данных коммерческого учета потребления (отпуска) электроэнергии и контроля над соблюдением лимитов энергопотребления;

- **произведена замена светильников наружного освещения** с газоразрядными ртутными лампами высокого давления на светодиодные светильники в университетском кампусе (освещение спортивной площадки по ул. Вершинина, 48, аллея от УК 10 до УК 11, периметр освещения УК 2, 3, 6);

- **произведена замена осветительных установок на энергоэффективные** в **453** студенческих комнатах и **40** учебных аудиториях (в количестве 1600 штук);

- **проведена реконструкция систем теплоснабжения** с внедрением автоматизированных тепловых узлов главного корпуса (южное и северное крыло), учебных корпусов № 1, 3, лыжной базы;

- **установлены частотные преобразователи** для регулирования приводов системы вентиляции в учебном корпусе 19;

- **смонтированы и введены в эксплуатацию автоматизированные станции управления насосными агрегатами (АСУНА)** по холодной и горячей воде в общежитиях по ул. Вершинина, 31; 33; 37; ул. Пирогова, 18;

- **произведена замена деревянных окон на пластиковые** в общежитиях по ул. Вершинина, 31; 33; ул. Усова, 21/2 (в количестве 770 штук);

- **проведена санация общежития** по ул. Пирогова, 18 (утепление и монтаж навесного фасада и установка пластиковых окон), что позволило сократить теплопотребление на 18,17 %, существенно улучшить эстетический вид и продлить срок службы здания.

Реализованная политика энергосбережения за 2014 год позволила, несмотря на введение новых мощностей, снизить энергопотребление энергоресурсов.

№	Тип энергоресурса	Факт за 2013 год	Факт за 2014 год	Экономия, %
1	Электроэнергия, кВт.ч	18 025 892	17 471 367	3,08
2	Водоснабжение, м³	370 883	360 874	2,70
3	Сетевая вода, тонн	153 217	143 874	6,10