

## ВВЕДЕНИЕ

За последние десятилетия произошло качественное и количественное изменение научных и практических задач, стоящих перед специалистами, работающими в области электротехники, электромеханики и управления электрическим хозяйством предприятий (организаций). С одной стороны, усложнился состав единичного электротехнического оборудования и произошло превращение, например электропривода и электропечей, в электротехнические комплексы, требующие нового научного подхода к организации их обслуживания и менеджменту. С другой стороны, возросла общая потребность в обеспечении электрической энергии таких систем, как электрическое хозяйство отдельных промышленных предприятий и множества предприятий, объединенных отраслевой принадлежностью, технологическими связями, местом их расположения (город, регион). Актуальным становится не только создание единичного электрооборудования, отвечающего современным требованиям по надежности, эстетичности, стоимости, энергозатратам, но и создание из них систем, функционирование которых и решает собственно задачу энергосбережения и эффективности электрического хозяйства в целом.

Статистический анализ ряда исследований, в рамках развиваемого автором направления, показали отсутствие теоретических основ при построении (формировании), обеспечении функционирования (эксплуатации) и организации электроремонта, что привело к тому, что повторяемость, например, 100 тысяч отремонтированных электродвигателей в черной металлургии составила 4,6 это же для машиностроения. Такое разнообразие сделало электроремонт в промышленности индивидуальным.

Традиционно наука и практика рассматривала электропотребление и электрические нагрузки на уровне крупных (0,1% всех предприятий), средних (0,9%) и малых (9%) предприятий с установленной мощностью свыше 750 кВА. Фактически остальные 90% - минипредприятия, питающиеся со второго уровня системы электроснабжения на напряжении 0,4 кВ, остались без внимания. Это означает, учитывая отсутствие на таких предприятиях электротехнического персонала, что они выпали из научных расчетов параметров электропотребления и мероприятий по энергосбережению. Поэтому актуально создание основ теории, предлагающей пути решения задач электроснабжения для мини и малых предприятий, питающихся от ТП-10(6)/0,4 кВ. На съезде АСЭМ РФ 21 мая 1998 г. обращалось внимание на необходимость обоснования и внедрения серийного строительства электростанций малой и средней мощности по унифицированным проектам на объектах потребителя.

Для крупных предприятий (определяющих структуру электроснабжения основной массы предприятий) актуально использование современных

средств технического анализа для принятия решения по определению нагрузок и электропотребления, состава электрооборудования электрического хозяйства и электроремонта.

В 30-40-х годах в стране сложились научные направления, основанные на расчетах прямым счетом. Считалось необходимым потребляемую мощность и расход электроэнергии определять для каждой машины (каждого двигателя). Находить, например, режим процесса подачи, величину обжатия по всем деталям операции, по каждому исполнительному механизму, на каждый сорт продукции, на каждую выделенную технологическую операцию. Рассчитывать полезную работу и потери (в подшипниках, промежуточных передачах), то есть требовалось умение подсчитать чистую работу, например, сжатия, учесть все изменения КПД и возможные потери; по технологическим картам и размерам заготовок с учетом припусков и допусков определять полную норму при операции резки на каждое изделие-деталь с учетом мощности холостого хода, исследуя ее для электродвигателя, отключенного или подключенного к фрикционам при холостых звеньях стана. Постановление Государственного Комитета Оборона "Об экономии электроэнергии в промышленности" от 18 мая 1944 г. прямо указывало на необходимость решительно отвергнуть, как порочный, "статистический метод".

Однако, основанный на прямом счете расчет электрических нагрузок привел к завышению на 50 - 200 %. Политика энергосбережения, основанная на представлениях, восходящих к прямому счету по каждому отдельному электроприемнику и, в конечном счете, на идеологии плана ГОЭЛРО оказалась провальной - существует факт чрезвычайно высоких энергозатрат во всех сферах хозяйствования. Сейчас потребление первичной энергии на единицу ВВП в России в 3,3 раза выше, чем в США, и почти в 6 раз выше, чем в Японии. За 1998 г. удельная энергоемкость возросла еще на 3,2%. Затраты энергоресурсов на производство металла увеличилось за последние годы на 30%.

Поэтому крайне актуальной в настоящее время является проблема статистического исследования свойств электрического хозяйства и поведение множества предприятий с учетом их взаимного влияния, учитывая, что в развитых странах на долю малых предприятий, выпускающих около 30% промышленной продукции, приходится до 40% валового национального продукта.

Инвестиции в строительство новых крупных предприятий теряют актуальность, но возрастает актуальность повышения эффективности эксплуатации, ремонта, организации пусконаладочных и монтажных работ при реконструкции, демонтаже и ликвидации отслужившего оборудования. Для решения проблемы необходима разработка новых методов не только статического состояния установленного электрооборудования и статике по-

ступления его в ремонт, но и динамики, рассчитанной на организацию менеджмента электрическим хозяйством при текущем (месяц, квартал, год), краткосрочном (2-5 лет) и долгосрочном (10-15 лет) планировании и принятии решений по перспективным вопросам централизованного и специализированного ремонта для совокупности предприятий отдаленных районов России.

Разнообразие условий работы массового и единичного высоковольтного и низковольтного электрооборудования актуализирует проблему надежности, решаемую в настоящий момент на стадии НИОКР и изготовления. Фактически, в процессе эксплуатации переменные режимы, связанные с изменением объемов производства и технологии, затрудняют использование классических надежностных характеристик (вероятность безотказной работы, средняя наработка на отказ и т.д.). Необходима системная обобщенная оценка надежности - оценка цикла проектирование-изготовление-эксплуатация по выделенным и статистически достоверным группам электрооборудования при условии отказа от крупных трудозатрат, связанных с исследованием единичного электрооборудования традиционными способами.

#### **Целью работы является:**

I. Создание теоретических положений и моделей динамики структуры техноценозов как основы методологии повышения эффективности построения, функционирования и развития электрического хозяйства предприятий.

II. Разработка ценологических критериев и методов: определения параметров электропотребления и максимальной активной мощности предприятий выделенной территориально-административной единицы (города, региона); концепции построения электроснабжения малого предприятия в условиях региона; видовой надежности электрооборудования; повышения эффективности системы электроремонтных и электромонтажных работ;

#### **В соответствии с поставленной целью в работе решены задачи:**

1) разработаны теоретические основы динамики структуры ранговых  $N$ -распределений множества электрических показателей, идентифицирующих электрическое хозяйство, и видовых  $N$ -распределений множества установленного и ремонтируемого электрооборудования промышленных предприятий;

2) предложена концепция прогнозирования, планирования и управления электропотреблением на отдельных предприятиях региона (республика Хакасия) на основе ценологического анализа, описания и моделирования показателей электропотребления и активной мощности;

3) создана теория видовой надежности электротехнических комплексов и систем;

4) разработана концепция ценологической системы электроремонта на примере отрасли (черная металлургия) и региона (республика Хакасия);

5) доказана применимость ценологического подхода для повышения эффективности электромонтажных работ;

6) разработаны алгоритмы, модели и методики для менеджмента электроремонта, основанного на управлении разнообразием структуры множества эксплуатируемого электрооборудования.

**Методы исследования** опирались на положения теории систем, теории множеств, аппарата устойчивых законов предельных теорем теории вероятностей, общих положений теории надежности и марковских процессов, методах математической статистики. Теоретические исследования сопровождались разработкой математических моделей, алгоритмов и программ, используемых при расчетах на ЭВМ.

#### **Выводы и предложения основываются на объекте исследования:**

1. Авторская база данных: непрерывные длинные динамические ряды годового электропотребления и получасового максимума нагрузки (утреннего и вечернего в зимний и летний периоды) за 20 лет (1979-1998 гг.) предприятиями Республики Хакасия; непрерывные длинные динамические ряды - 266 выборок за 18 лет (1981-1998 гг.) по эксплуатируемым электрическим двигателям ПО "Абаканвагонмаш"; непрерывные длинные динамические ряды - 300 выборок за 5 лет (1988-1992 гг.) по ремонтируемым электрическим машинам ПТП Черметэлектроремонт (Европейская часть РФ); генеральная совокупность (частотный словарь) электрических двигателей, установленных на 20 крупнейших предприятиях Хакасии;

2. Ряды годового электропотребления по субъектам Российской Федерации за 1990-1996 гг. и порядка 1000 выборочных исследований более 2,5 млн. электротехнических изделий видовых распределений (статика) базы данных научной школы проф. Б.И.Кудрина.

#### **Новые научные результаты:**

1. На основе региональной статистики за 20 лет (по параметрам электропотребления - около 1000 предприятий; по электродвигателям - 566 выборкам, около 100 тысяч штук) подтверждена статическая устойчивость параметров Н-распределений и разработаны теоретические основы динамики структуры состава электрооборудования электрического хозяйства и его электропотребления для отдельных предприятий и совокупности предприятий.

2. Сформулированы постулаты динамики первого и второго родов видовых для электрооборудования и ранговых для параметров электропотребления негауссовых  $N$ -распределений и введено понятие структурно-топологической динамики  $N$ -распределения используемое для описания отдельных траекторий изменения численностей видов с учетом времени и существенного взаимного влияния.

3. На основе созданного регионального информационного банка данных основных электрических показателей "Хакасэлектро", семейства моделей и индикаторов технического анализа, учитывающих ценологическое влияние рыночной среды, предложена технология определения параметров электропотребления конкретного предприятия с учетом его места в техноценозе общего электропотребления.

4. Разработана концепция определения параметров электропотребления и реализации электроснабжения мини и малых предприятий, опирающаяся на структуризацию виртуальной касты электропотребления по видам деятельности. Предложен новый подход к построению систем электроснабжения мини и малых предприятий, к взаимоотношению с энергоснабжающей организацией и управлению электропотреблением, основанный на унифицированной ячейке системы электроснабжения (ЯЧЭЛ).

5. Разработаны теоретические основы видовой надежности и живучести электротехнических комплексов и систем, опирающиеся на теорию техноэволюции, а математически - на технический и ценологический анализ установленного и ремонтируемого электрооборудования длинных временных рядов, систематизированных по видам на основе традиционных параметров.

6. Разработана концепция региональной информационной базы данных корреляционно-регрессионных моделей по уровням системы электроснабжения для определения потребности в электрооборудовании, электроконструкциях и электроустановочных изделиях, объемах электромонтажных и электроремонтных работ на предпроектных и проектных стадиях. Предложена ценологическая система электроремонта и электромонтажа и распределения объемов работ между подразделениями различной централизации на примере отрасли (черная металлургия) и региона (республика Хакасия).

7. Разработаны алгоритмы, модели и методики для менеджмента электроремонта, основанного на управлении разнообразием структуры множества эксплуатируемого электрооборудования, и предложены ценологические формулы системной трудоемкости, учитывающие структуру ремонтируемого. Создана декомпозиционная ценологическая двухуровневая мо-

дель временных рядов множества ремонтируемых электрических машин и их компонент, которая структурно-топологическим синтезом на основе справочно-информационной базы данных определяет периодичность и объемы электроремонта, потребность в электромонтажных работах, низковольтной аппаратуре, комплектующих, запасных частях и материалах.

### **Практическая ценность работы:**

1. Разработанный ценологический метод расчета параметров электропотребления на основе созданной информационной базы данных "Хакасэлектро" позволяет получить более достоверные и точные результаты при заключении договоров на пользование электроэнергией между предприятиями и энергоснабжающими организациями.

2. Ценологическая методика структуризации по видам деятельности массы малых предприятий (составляющих 90% общего количества потребителей электроэнергии) позволяет определить параметры электропотребления, удельные расходы электроэнергии и реализовать энергосбережение, особенно при внедрении предложенной идеологии ЯЧЭЛ.

3. Предложенные показатели и методы оценки видовой надежности и живучести электротехнических комплексов и систем позволяют получить количественные критерии при разработке рекомендаций: службам электроремонта по совершенствованию электроремонтной базы и электротехнической промышленности по оптимальным количеству и срокам обновления серий электрооборудования.

4. Разработанная информационная база данных, ценологические прогнозные декомпозиционные модели ремонтируемых электрических машин (включая подшипники, обмоточный провод, сборочные детали) позволяют определять периодичность, номенклатуру, потребность в комплектующих, запчастях и материалах электромонтажа и электроремонта, в том числе при распределении объемов работ между подразделениями различной централизации.

5. Разработанные алгоритмы, модели и методики для менеджмента электроремонта, основанного на управлении разнообразием структуры множества эксплуатируемого электрооборудования позволяют до 30% повысить производительность труда электроремонтного персонала.

### **Реализация полученных результатов.**

1. Внедрение основных положений диссертации реализовано путем создания при администрации города Абакана (столица республики Хакасия) научно-исследовательского центра системных исследований, осуществляющего повседневно практическое применение проводимых теоретических разработок.

2. Концепция системного ценологического подхода к организации эффективного электропотребления внедрена на уровне законодательной власти республики Хакасия путем использования результатов диссертационной работы при разработке Закона "Об энергосбережении в Республике Хакасия" (принят в первом чтении Верховным Советом РХ 25.06.1999 г.).

3. Ценологический подход к созданию среды функционирования малых предприятий при защите интересов потребителей электроэнергии внедрен в Государственном Комитете по антимонопольной политике России.

4. Разработанная концепция ЯЧЭЛ в системах электроснабжения малых предприятий реализована при строительстве 4-х малых предприятий в г. Абакане.

5. Созданная информационная база данных "Хакасэлектро" и методология ценологического подхода к определению параметров электропотребления предприятиями Хакасии внедрена в АО "Хакасэнерго".

6. Инженерные методики повышения эффективности электроремонта управлением разнообразия множества эксплуатируемого электрооборудования и ценологического определения периодичности и объемов электроремонта используются в производстве (ПО "Абаканвагонмаш" и ПТП "Черметэлектроремонт"). Подтверждением практической реализации является внедрение аналогичных методик на Новосибирском металлургическом заводе, предприятии "Азот" и региональном электроремонтном заводе (г. Новомосковск).

7. Алгоритмы и программы внедрены при проектировании в САПР Гипромез (управление структурой проектируемого) и АК Хакасэнергоремонт (создание структуры централизованного электроремонта в регионе).

8. Издано учебное пособие для студентов вузов по специальности "Электроснабжение промышленных предприятий" Московского энергетического института (1992 г.). Материалы работы вошли в учебник для студентов вузов (Б.И. Кудрин "Электроснабжение промышленных предприятий" - М.: Энергоатомиздат, 1995).