

**Д.К. Елтышев, С.В. Бочкарев**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

## **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РЕМОНТАМИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Рассматриваются вопросы разработки структурно-функциональной модели, характеризующей процесс принятия решений при управлении ремонтами электротехнического оборудования, с учетом особенностей его эксплуатации по фактическому техническому состоянию.*

Для повышения эффективности функционирования энергетических предприятий необходим переход к более прогрессивной стратегии обеспечения эксплуатационной надежности входящего в их состав электротехнического оборудования (ЭО). Обозначенная стратегия основывается на планировании и организации ремонтных мероприятий в соответствии с его фактическим техническим состоянием (ТС) [1, 2, 3, 4]. Эффективное управление ремонтами электротехнических устройств требует принятия качественных решений при формировании соответствующих ремонтных воздействий, направленных на поддержание оборудования в состоянии работоспособности при минимальных затратах [2, 3, 5]. Такие решения нуждаются в поддержке, связанной с обеспечением ответственных лиц актуальной и достаточной по объему информацией о состоянии ЭО и среде его функционирования, рациональных подходах, методах и принципах управления процессом его эксплуатации, обслуживания, ремонта.

**Общая характеристика процесса управления ремонтами ЭО.** Структура процесса принятия решений при управлении ремонтами (ПРУР) ЭО определяется на основе анализа концептуальных особенностей его эксплуатации по фактическому ТС [2, 3, 4, 6, 7, 8]. Приведем краткое описание основных структурных элементов (уровней) ПРУР (рис. 1).

*Уровень 1:* контроль ТС ЭО (определяющих параметров) в непрерывном режиме или периодически в соответствии с регламентом мониторинга/диагностирования.

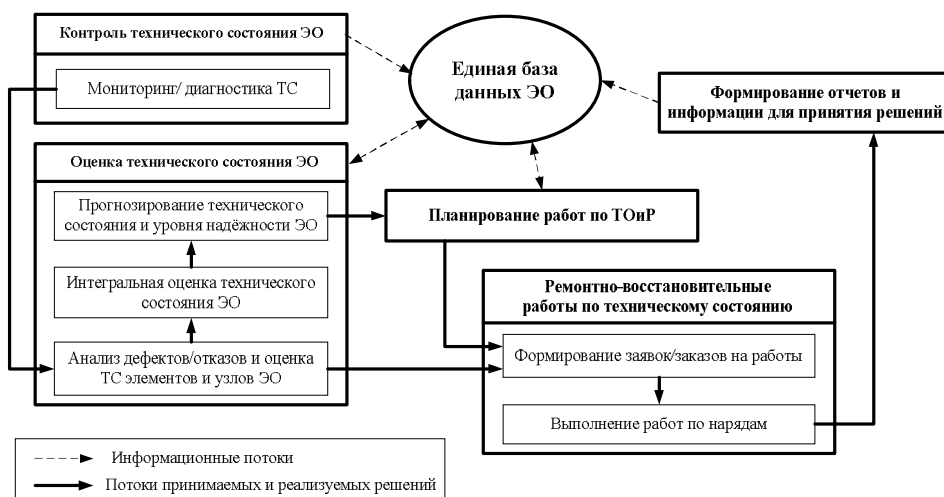


Рис. 1. Структурная модель процесса принятия решений при управлении ремонтами ЭО с учетом ТС

Процедура управления ремонтами ЭО с учетом ТС основана на контроле за изменением ключевых (диагностических) параметров, характеризующих состояние ЭО и условия его эксплуатации [3, 8, 9]. Определяющее значение для эффективного контроля и оценки ТС ЭО имеет применение современных методов и средств диагностирования, основная задача которого состоит в получении достоверной информации о ТС ЭО в процессе эксплуатации, необходимой и достаточной для организации ремонтно-эксплуатационного обслуживания оборудования по ТС и управления его ресурсом [3, 7, 9]. Выбор конечной структуры и подхода к определению ТС ЭО (соответствующих методов и средств контроля состояния и способа его организации) определяется глубиной необходимой информации и во многом зависит от специфики предприятия, его финансовых и материально-технических возможностей, особенностей находящегося в его распоряжении ЭО и условий его эксплуатации.

С целью повышения оперативности, достоверности и целостности подобной информации целесообразными являются ее запись и хранение в единой базе данных (БД) для отслеживания динамики происходящих процессов (развитие дефектов и повреждений) в об-

следуемом оборудовании. Подобная база данных ЭО (см. рис. 1) должна аккумулировать всю информацию, полученную в процессе эксплуатации ЭО энергетических объектов, и играть роль основного источника данных для анализа и последующего принятия решений при организации и управлении ремонтами как единичного оборудования, так и его совокупности [10].

*Уровень 2:* идентификация и оценка ТС ЭО с учетом результатов контроля, а также выработка рекомендаций относительно его дальнейшей эксплуатации (вывод в ремонт, списание, эксплуатация без вмешательства и т.д.).

Установление количественных и качественных связей между интенсивностью изменения диагностических параметров ЭО, допустимыми границами их возможных значений, группами дефектов, соответствующих текущим тенденциям изменения параметров, категориями обобщенных состояний и типами принимаемых решений позволяет сформировать уровень идентификации и оценки ТС оборудования [3, 4, 6, 8]. С позиций управления ремонтами ЭО это означает интегральную оценку его фактического состояния оборудования на основе информации, полученной с уровня контроля ТС. Подобная оценка должна позволять с достаточной степенью точности определить (в рамках установленного перечня возможных градаций) вид состояния оборудования (работоспособность, отказ) и тип соответствующего этому состоянию управляющего воздействия, которое нужно приложить к оборудованию в целях обеспечения его работоспособности в течение максимально возможного срока.

*Уровень 3:* планирование ремонтных и диагностических работ с учетом результатов контроля и оценки ТС и проведение необходимых ремонтно-восстановительных мероприятий с учетом информации, агрегированной на предшествующих этапах.

Основная особенность данного уровня заключается в необходимости комплексного анализа информации обо всех единицах ЭО энергетического предприятия, а также учете специфики предприятия в целом, выраженной существующим уровнем ресурсного обеспечения ремонтной деятельности. Каждая единица ЭО должна характеризоваться рядом объективных параметров, позволяющих оценить ее приоритет с позиций очередности проведения ремонтных мероприятий. Таковым параметром, в первую очередь, является уровень

фактического ТС ЭО. Таким образом, осуществляется ранжирование оборудования по значению приоритета и единицы с наивысшим приоритетом вносятся в списки профилактических ремонтов на ближайший плановый период с учетом системы ограничений ресурсов (финансовых, трудовых, временных, материальных). Система ограничений позволяет энергетическому предприятию рационально планировать только те объемы работ, которые действительно смогут быть реализованы в течение рассматриваемого планового периода.

**Функциональная модель процесса ПРУР.** Скорость и качество принимаемых решений по управлению состояниями ЭО в процессе эксплуатации во многом связаны с решением проблемы эффективного взаимодействия (в первую очередь информационного) элементов процесса управления ремонтами на всех его уровнях. Это осуществляется за счет их обеспечения оперативной и достоверной информацией о ТС оборудования и наличия соответствующей методической и алгоритмической базы, позволяющей необходимым образом обрабатывать эту информацию и принимать на ее основе обоснованные решения.

Для выявления узловых точек, оказывающих наибольшее влияние на процедуру принятия решений по формированию того или иного управляющего воздействия на ЭО, выполнено функциональное моделирование процесса ПРУР ЭО на основе методологии системного анализа и проектирования *IDEF*.

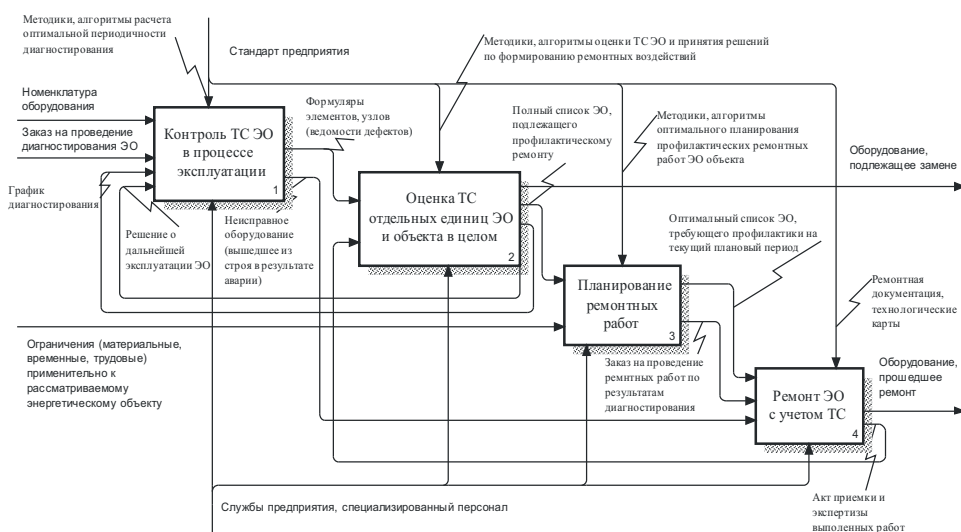


Рис. 2. Функциональная модель процесса принятия решений при управлении ремонтами ЭО с учетом ТС

Модель отражает этапы принятия решений, тип необходимой на каждом этапе информации, требования к методическому и алгоритмическому обеспечению этапов, структуру информационных связей между этапами. Фрагмент разработанной структурно-функциональной модели процесса ПРУР ЭО представлен на рис. 2.

Результаты структурно-функционального моделирования наглядно показывают, что на некоторых этапах рассматриваемого процесса неоднократно требуется наличие актуальной и достоверной информации о ТС ЭО как основы для принятия решений при управлении ремонтами ЭО и формировании перечня необходимых работ [3]. В частности, для уровня контроля ТС ЭО – это набор специализированных методов измерения характеристик состояния ЭО, актуальные графики, определяющие периодичность проведения диагностических работ (см. рис. 2). Для уровня оценки ТС ЭО (рис. 3) – это формуляры элементов и узлов оборудования (ведомости дефектов), методики и алгоритмы идентификации, комплексной оценки ТС и принятия решений по выбору вида, способа воздействия на оборудование (его допуск в эксплуатацию, направление на профилактику или замена). Для уровня планирования ремонтных работ (рис. 4) – это результаты оценки ТС ЭО, методики и алгоритмы формирования план-графиков ремонтных работ в соответствии с приоритетностью оборудования.

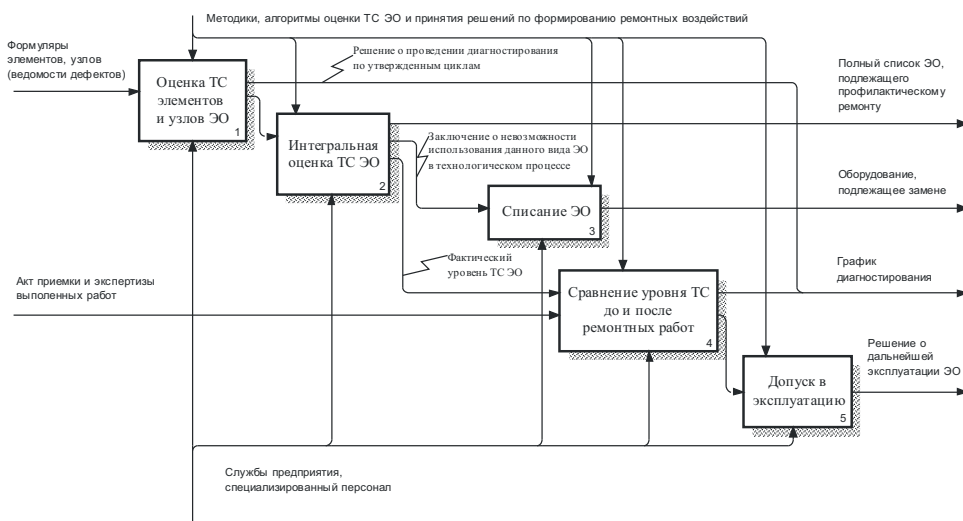


Рис. 3. Декомпозиция функционального блока «Оценка ТС ЭО»

Таким образом, практически для каждого уровня иерархии процесса ПРУР ЭО необходима разработка средств анализа и поддержки принятия управленческих решений, включающих соответствующие модели и алгоритмы. При этом следует учитывать опыт и специфику эксплуатации ЭО, его конструктивно-функциональные особенности, требования нормативно-технической документации, содержащей «регулируемые» критерии для определения вида принимаемых решений, полномочий по принятию решений и т.д.

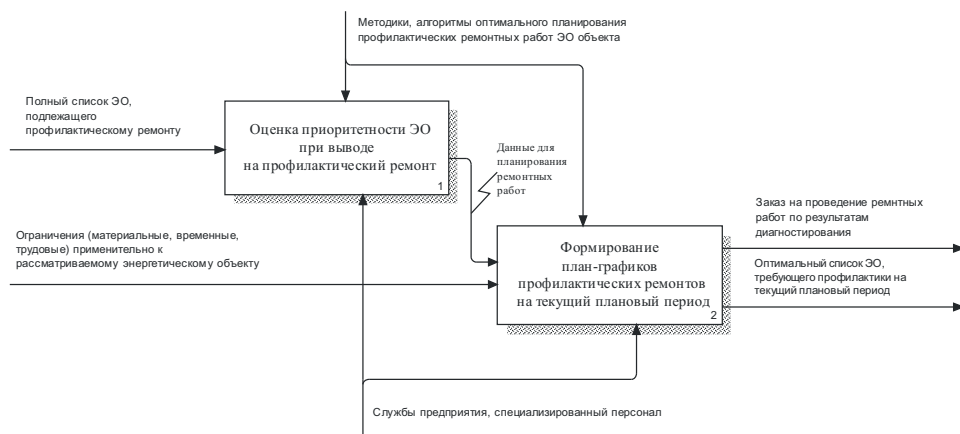


Рис. 4. Декомпозиция функционального блока «Планирование ремонтных работ»

Разработанная функциональная модель процесса ПРУР ЭО с учетом его фактического ТС позволяет отследить структуру внутренних и внешних по отношению к этому процессу факторов и в дальнейшем адекватно реагировать на них с целью повышения эффективности управления с точки зрения выбранных технико-экономических критериев. Наиболее важными с позиций принятия решений элементами процесса ПРУР ЭО при этом являются решения следующих задач.

Для уровня контроля ТС ЭО – определение обоснованной совокупности ключевых параметров, достаточных, чтобы в полной мере охарактеризовать состояние ЭО, а также методов и средств контроля за их изменением; определение оптимальной периодичности контроля ТС ЭО, позволяющей эффективно отслеживать процесс деградации.

Для уровня комплексной оценки ТС ЭО – определение оптимального с позиций технико-экономических критериев уровня ТС ЭО, соответствующего моменту вывода оборудования на профилактический ремонт с целью предупреждения отказов и устранения дефектов на ранних стадиях их развития.

Для уровня планирования работ – формирование оптимальных списков ЭО, выводимого на профилактику в рассматриваемом плановом периоде, с учетом приоритетности оборудования и существующих на предприятии ограничений.

Сложность, многофакторность, ответственность процесса управления ремонтами ЭО по фактическому ТС требуют системного рассмотрения вопросов обеспечения поддержки принятия решений на каждом из рассмотренных уровней. Такой комплексный подход, реализующий взаимодействие всех уровней этого процесса, позволит осуществить качественный выбор необходимых ремонтных воздействий на ЭО в процессе эксплуатации и поддерживать его в работоспособном состоянии в течение максимально возможного срока.

### **Библиографический список**

1. Сугак Е.В. [и др.]. Надежность технических систем / НИИ СУВПТ; МГП «Раско». – Красноярск, 2001. – 496 с.
2. Барзилович Е. Ю. Модели технического обслуживания сложных систем: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1982. – 231 с.
3. Назарычев А.Н. Методы и модели оптимизации ремонта электрооборудования объектов энергетики с учетом технического состояния / Иван. гос. энерг. ун-т. – Иваново, 2002. – 168 с.
4. Маньшин Г.Г. Управление режимами профилактик сложных систем. – Минск: Наука и техника, 1976. – 256 с.
5. Гук Ю.Б., Н.А. Казак, А.В. Мясников. Теория и расчет надежности систем электроснабжения. – М.: Энергия, 1970. – 176 с.
6. Смирнов Н.М., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. – М.: Транспорт, 1987. – 272 с.
7. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.
8. Назарычев А.Н., Таджибаев А.И., Андреев Д.А. Совершенствование системы проведения ремонтов электрооборудования электростанций и подстанций / ПЭИПК. – СПб., 2004. – 63 с.
9. Таран В.П. Техническая диагностика при эксплуатации электрооборудования. – Киев: Урожай, 1978. – 152 с.
10. Елтышев Д.К., Петроченков А.Б., Гладков В.К. Разработка системы поддержки жизненного цикла высоковольтного электротехнического оборудования // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2010. – № 1. – С 113–117.

Получено 05.09.2012