# Применение сметных нормативов для целей прогнозирования вероятности отказов и оценки эффективности планируемых воздействий на оборудование



**Максим КАРПОВ, к.э.н., начальник отдела производственного анализа и сметного регулирования «Россети ФСК ЕЭС»**

**В статье предлагается применять ведомственные укрупненные единичные расценки (ВУЕР) и ведомственные единичные пооперационные расценки (ВЕПР), в частности в актуальной редакции 2018 года, не только непосредственно для расчета стоимости капитальных и средних ремонтов основного технологического оборудования, но и для прогнозирования вероятности отказов функциональных узлов единиц оборудования подстанций или сегментов линий электропередачи по итогам планируемых к проведению технических воздействий. Автором предложена методика прогнозирования технико-экономической эффективности мероприятий плана ТОиР по поддержанию технического состояния.**

В соответствии со Стратегией развития электросетевого комплекса Российской Федерации[1], в электроэнергетике реализован переход от планово-предупредительного ремонта к обслуживанию оборудования по техническому состоянию, а также осуществляется внедрение риск-ориентированного подхода к управлению производственными активами (УПА), с учетом обеспечения оптимального соотношения цены и качества.

Достижение оптимального соотношения цены и качества в процессе УПА является достаточно сложной задачей и требует сбалансированного подхода к соотношению производительности, затрат и риска на всех этапах жизненного цикла активов [1, 2].

В целях реализации последней задачи регулятором (Минэнерго России) утверждены методические указания[2] (далее — МУ), в которых приведена методология расчета величины технического риска на основе вероятности отка-

[1] *Распоряжение Правительства РФ от 29.11.2017 № 2664-р «О внесении изменений в распоряжение Правительства РФ от 03.04.2013 № 511-р». URL: http://www.pravo.gov.ru.*

[2] *Приказ Минэнерго России от 19.02.2019 № 123 «Об утверждении методических указаний по расчету вероятности отказа функционального узла и единицы основного технологического оборудования и оценки последствий такого отказа» (Зарегистрировано в Минюсте России 04.04.2019 № 54277).*

за функционального узла и единицы основного технологического оборудования (далее — Оборудования) и оценки его последствий. Внедрение данной методологии в практику УПА электросетевых компаний позволит, кроме применяемой в настоящее время приоритизации воздействий на Оборудование на базе индексной оценки технического состояния, осуществлять приоритизацию по величине риска отказа оборудования, что должно повысить качество и эффективность принимаемых управленческих решений, а также обеспечить надежность энергоснабжения потребителей.

При этом согласно п. 9 МУ прогноз вероятности отказа функционального узла единицы Оборудования или сегмента ЛЭП на прогнозный период 5 лет в значительной мере зависит от изменения индекса технического состояния (ИТС) до и после технического воздействия, что определяется значением коэффициента $k_{П}$ в формуле:

$$p_{Ф}(t) = (1 - y(t)) \cdot k_{П}, \quad (1)$$

где $y(t)$ — функция изменения технического состояния функционального узла единицы Оборудования или сегмента ЛЭП, определенная в соответствии с пунктами 6–8 настоящих МУ на момент проведения оценки прогноза вероятности отказа функционального узла единицы Оборудования или сегмента ЛЭП; $k_{П}$ — коэффициент отношения величины ИТС функционального узла единицы Оборудования или сегмента ЛЭП до и после последнего технического воздействия или в предыдущем и текущем календарном году, определяемый по формуле:

$$k_{П} = ИТС_1 / ИТС_2, \quad (2)$$

где $ИТС_1$ и $ИТС_2$ — значения рассчитанного в соответствии с Методикой[1] оценки технического состояния индекса технического состояния функционального узла единицы Оборудования или индекса технического состояния сегмента ЛЭП до (1) и после (2) проведения последнего технического воздействия на объект электроэнергетики, Оборудование или его функциональный узел.

При этом Методика регламентирует оценку параметров технического состояния Оборудования по факту на основе располагаемых результатов проведения технического воздействия, обследований, испытаний и измерений на выведенном в ремонт Оборудовании (см. п. 2.5), а в случае отсутствия (непроведения) в течение года перечисленных выше мероприятий разрешает для расчета ИТС принимать такие же значения параметров, как и в предыдущем году.

Принимая во внимание описанное выше, можно сделать вывод о том, что на текущий момент в отрасли однозначно не регламентирован процесс или возможность прогнозирования значения ИТС Оборудования по результатам проведения планируемого в будущем технического воздействия (например, капитальных или средних ремонтов), что позволило бы менеджменту электросетевых компаний точнее оценивать эффективность различных сценариев (стратегий) УПА, а также прогнозировать изменение показателей технико-экономического состояния объектов электроэнергетики в будущем, расчет и мониторинг которых на постоянной основе осуществляет Минэнерго России в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 19.12.2016 № 1401 «О комплексном определении показателей технико-экономического состояния объектов электроэнергетики, в том числе показателей физического износа и энергетической эффективности объектов электросетевого хозяйства, и об осуществлении мониторинга таких показателей»[2].

В условиях ограниченного объема накопленной субъектами электроэнергетики статистики влияния капитальных или средних ремонтов (КР и СР соответственно) Оборудования на изменение ИТС по причине относительно небольшого времени применение последнего (с 17.10.2017) в ряде источников [3, 4] принято допущение о том, что планируемое проведение КР или СР Оборудования должно приводить к изменению интенсивности отказов на величину соответствующего ремонтного цикла в рамках прогнозной функции частоты отказов Оборудования, что наглядно представлено на рисунке 1.

Выбор КР и СР обусловлен тем, что они являются восстанавливающими техническими воздействиями[3], обеспечивающими приведение технического состояния Оборудования к значениям, близким к проектным и, как следствие, существенно влияющими на интенсивность отказов производственных активов. В свою очередь, техническое обслуживание и текущий ремонт являются поддерживающими техническими воздействиями, что позволяет оценить их влияние на техническое состояние Оборудования, как несущественное.

---

[1] *Методика оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей. Утверждена приказом Минэнерго России от 26.07.2017 г. № 676, зарегистрированным в Минюсте России 5 октября 2017 г. № 48429.*

[2] *Постановление Правительства РФ от 19.12.2016 № 1401 «О комплексном определении показателей технико-экономического состояния объектов электроэнергетики, в том числе показателей физического износа и энергетической эффективности объектов электросетевого хозяйства, и об осуществлении мониторинга таких показателей» (вместе с «Методикой комплексного определения показателей технико-экономического состояния объектов электроэнергетики, в том числе показателей физического износа и энергетической эффективности объектов электросетевого хозяйства»). Собрание законодательства РФ, 26.12.2016, № 52 (Часть V), ст. 7665.*

[3] *Приказ Минэнерго России от 25.10.2017 № 1013 «Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок «Правила организации технического обслуживания и ремонта объектов электроэнергетики». URL: http://www.pravo.gov.ru.*

Указанное допущение, по мнению автора, может приводить к существенной погрешности в оценке (прогнозировании) частоты отказов Оборудования по итогам планируемого проведения КР или СР, так как состав операций и количество запасных частей, подлежащих замене, может значительно отличаться для аналогичного Оборудования одного и того же года ввода в эксплуатацию в зависимости от его технического состояния.

Более точный прогноз изменения интенсивности отказов Оборудования может быть достигнут при применении сметных расценок, например Ведомственных укрупненных единичных расценок (ВУЕР) и Ведомственных единичных пооперационных расценок (ВЕПР), для расчета стоимости планируемых КР и СР Оборудования [5], с учетом установления соответствия последних с параметрами (дефектами) функциональных узлов[1], участвующими в расчете ИТС Оборудования, что наглядно представлено в таблице 1.

Из таблицы 1 следует, что наличие в плановой смете на КР или СР на будущий период указанных сметных расценок является основанием для изменения соответствующего параметра функционального узла в расчете прогнозного значения ИТС Оборудования после осуществления воздействия.

Полученное расчетное значение ИТС после проведения КР и СР позволит снизить погрешность прогнозирования вероятности отказа функционального узла единицы Оборудования или сегмента ЛЭП по формулам (1) и (2), приведенным выше, а также увеличит

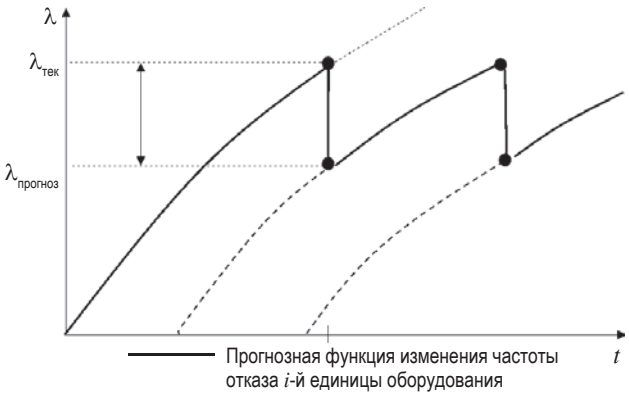



*Рис. 1. График изменения частоты отказа с учетом влияния технических воздействий (КР/СР Оборудования)*

**Табл. 1. Пример соответствия ВУЕР/ВЕПР и групп параметров функциональных узлов трансформатора (автотрансформатора) силового**

| Функциональный узел | Группа параметров функционального узла | Наименование сметных расценок (ВУЕР и ВЕПР) |
|---|---|---|
| Изоляционная система | Состояние масла | ВЕПР Заливка масла и ВЕПР Доливка масла<br>или<br>ТР0ОА1МОО Азотирование трансформаторного масла<br>и ТР0ОД2МОО Дегазация трансформаторного масла перед заливкой в бак<br>и ТР0ОГ2МОО Регенерация трансформаторного масла<br>и ТР0ОС3МОО Сушка и очистка трансформаторного масла перед заливкой в бак<br>и ТР0О31МОО Заливка трансформаторного масла в бак |
| | ХАРГ | |
| Магнитопровод | Состояние магнитопровода | ВЕПР Ремонт активной части |
| Обмотки трансформатора | Состояние обмоток трансформатора | ИО 010101к Полный объем работ при капитальном ремонте 3–20 кВ<br>ИО 010102к Полный объем работ при капитальном ремонте 35 кВ<br>ИО 010103к Полный объем работ при капитальном ремонте 110 кВ<br>ИО 010104к Полный объем работ при капитальном ремонте 220 кВ<br>ИО 010105к Полный объем работ при капитальном ремонте 330 кВ<br>ИО 010106к Полный объем работ при капитальном ремонте 500 кВ<br>и ВЕПР Ремонт активной части |
| Система регулирования напряжения | Состояние изоляционной системы (масло) | ВЕПР Заливка масла и ВЕПР Доливка масла<br>или<br>ТР0ОА1МОО Азотирование трансформаторного масла<br>ТР0ОД2МОО Дегазация трансформаторного масла перед заливкой в бак<br>ТР0ОГ2МОО Регенерация трансформаторного масла<br>ТР0ОС3МОО Сушка и очистка трансформаторного масла перед заливкой в бак<br>ТР0О31МОО Заливка трансформаторного масла в бак |
| | Состояние механизмов привода и контактора | ВЕПР Ремонт переключателя<br>или<br>ТР2ПР4Б1О–ТР6ПР4БОО Замена переключающего устройства ПБВ<br>ТР2ПР7Б1О–ТР6ПР7БОО Ремонт переключающего устройства ПБВ<br>ТР2НР4И1О–ТР4НР4И3О, ТР3НР7ИНО–ТР4НР7И3О Замена/ремонт избирателя переключающего устройства РПН типа ...<br>ТР0НР4ПОО–ТР4НР4К3О, ТР3НР7КНО–ТР4НР7К3О Замена/ремонт контактора переключающего устройства РПН типа ...<br>ТР2НР7ПОТ–ТР4НР7П3О, ТР0НР4ПОО Ремонт/замена привода переключающего устройства РПН типа ... |

[1] *Приложение № 2 к Методике оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей, утвержденной Приказом Минэнерго России от 26.07.2017 г. № 676, зарегистрированным в Минюсте России 5 октября 2017 г. № 48429.*

точность расчета изменения показателей надежности SAIDI и SAIFI в соответствии с МУ[1], что, в свою очередь, приведет к повышению качества управленческих решений по УПА, а именно: повышению обоснованности включения Оборудования в планы по техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР) на будущие периоды.

Определяемое в соответствии с описанной выше методикой значение ИТС после проведения КР и СР может также применяться для целей прогнозирования технико-экономической эффективности мероприятий плана ТОиР по поддержанию технического состояния Оборудования[2] исходя из выполнения нескольких критериев, подробно изложенных в таблице 2.

**Табл. 2. Критерии оценки эффективности мероприятий плана ТОиР по поддержанию технического состояния Оборудования**

| № п/п | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| Значение динамики (дельты) совокупного ИТС оборудования с ИТС ≤ 50, включенного в план ТОиР на ПП по сравнению с ГПП ΔИТС (диапазон значений) | < 0 | > 0 | > 0 |
| Значение среднего долевого значения количества оборудования с ИТС ≤ 50, включенного в план ТОиР на ПП (диапазон значений) | – | < 0,9 | > 0,9 |
| **Вывод об эффективности мероприятий плана ТОиР** | **Низкая эффективность** | **Умеренная эффективность** | **Высокая эффективность** |

Динамика (дельта) совокупного ИТС Оборудования, включенного в план ТОиР на плановый период (ПП) по сравнению с годом предшествующим планируемому (ГПП), рассчитывается по следующей формуле:

$$\Delta ИТС = ИТС_{ГПП} - ИТС_{ПП}, \quad (3)$$

где ΔИТС — динамика совокупного ИТС Оборудования, включенного в проект плана ТОиР на ПП по сравнению с ГПП, балл; $ИТС_{ГПП}$ — совокупный индекс технического состояния Оборудования с ИТС менее 50, включенного в план ТОиР на ПП субъекта электроэнергетики в целом и/или его обособленного подразделения, рассчитанного на момент формирования плана ТОиР (ГПП) в соответствии с Методикой; $ИТС_{ПП}$ — совокупный индекс технического состояния Оборудования с ИТС менее 50, включенного в план ТОиР на ПП субъекта электроэнергетики в целом и/или его обособленного подразделения, прогнозируемый на конец ПП по Методике исходя из включенных в смету расценок (операций) ТОиР в соответствии с таблицей 1.

Кроме того, в целях выявления наиболее эффективных мероприятий плана ТОиР по поддержанию технического состояния Оборудования автором предлагается анализировать плановую эффективность удельных затрат ТОиР в разрезе видов Оборудования и классов напряжения по формуле:

$$Э_{вид\ и\ класс\ U} = З_{КР/СР\ вид\ и\ класс\ U\ ПП} / \Delta ИТС_{вид\ и\ класс\ U\ ПП} - З_{КР/СР\ вид\ и\ класс\ U\ ГПП} / \Delta ИТС_{вид\ и\ класс\ U\ ГПП}, \quad (4)$$

где $Э_{вид\ и\ класс\ U}$ — эффективность удельных затрат ТОиР по поддержанию технического состояния в разрезе видов Оборудования и классов напряжения, тыс. руб./балл; $\Delta ИТС_{вид\ и\ класс\ U\ ПП}$ — планируемое изменение (динамика) ИТС Оборудования, включенного в план ТОиР на ПП субъекта электроэнергетики в целом и/или его обособленного подразделения, прогнозируемое на конец ПП по Методике исходя из включенных в смету расценок (операций) ТОиР в соответствии с таблицей 1 в разрезе видов оборудования и классов напряжения, балл; $З_{КР/СР\ вид\ и\ класс\ U\ ПП}$ — плановые затраты на КР и/или СР на ПП, рассчитанные с применением сметных нормативов ВУЕР и ВЕПР, в разрезе видов Оборудования и классов напряжения, тыс. руб. (без учета НДС); $\Delta ИТС_{вид\ и\ класс\ U\ ГПП}$ — фактическое изменение (динамика) ИТС Оборудования, включенного в план ТОиР на ПП субъекта электроэнергетики в целом и/или его обособленного подразделения, рассчитанного на момент формирования плана ТОиР (ГПП) в соответствии с Методикой в разрезе видов оборудования и классов напряжения, балл; $З_{КР/СР\ вид\ и\ класс\ U\ ГПП}$ — фактические затраты на КР и/или СР за ГПП, рассчитанные с применением сметных нормативов ВУЕР и ВЕПР, в разрезе видов оборудования и классов напряжения, тыс. руб. (без учета НДС).

Целевые значения $Э_{вид\ и\ класс\ U}$ могут устанавливаться субъектом электроэнергетики отдельными информационными письмами на соответствующие периоды. Положительное значение $Э_{вид\ и\ класс\ U}$ свидетельствует об эффективности мероприятий плана ТОиР в части КР и/или СР оборудования на ПП, а отрицательное значение $Э_{вид\ и\ класс\ U}$ свидетельствует о неэффективности мероприятий плана ТОиР в части КР и/или СР рассматриваемого оборудования на ПП.

---

[1] *Приказ Минэнерго России от 19.02.2019 № 123 «Об утверждении методических указаний по расчету вероятности отказа функционального узла и единицы основного технологического оборудования и оценки последствий такого отказа» (зарегистрировано в Минюсте России 04.04.2019 № 54277).*

[2] *Приложение № 2 к Методике комплексного определения показателей технико-экономического состояния объектов электроэнергетики, в том числе показателей физического износа и энергетической эффективности объектов электросетевого хозяйства, утвержденной Постановлением Правительства РФ от 19.12.2016 № 1401 «О комплексном определении показателей технико-экономического состояния объектов электроэнергетики, в том числе показателей физического износа и энергетической эффективности объектов электросетевого хозяйства, и об осуществлении мониторинга таких показателей». Собрание законодательства РФ, 26.12.2016, № 52 (Часть V), ст. 7665.*

Таким образом, предлагаемая автором методология прогнозирования вероятности отказов функционального узла единицы Оборудования или сегмента ЛЭП после проведения КР или СР в рамках плана ТОиР с применением актуальных сметных нормативов ВУЕР и ВЕПР устанавливает однозначную взаимосвязь между параметрами технического состояния и стоимостью воздействий на данные параметры, что позволит менеджменту электросетевых компаний моделировать последствия реализации различных стратегий УПА, в том числе их влияние на надежность электроснабжения потребителей как в среднесрочной, так и в долгосрочной перспективе, а также принимать оптимальные управленческие решения по формированию планов ТОиР и программ развития субъектов электроэнергетики.

Кроме того, предлагаемая методика прогнозирования технико-экономической эффективности мероприятий плана ТОиР позволит регулятору и субъектам электроэнергетики до момента начала реализации производственных программ оценить эффективность их влияния на динамику показателей технического состояния электросетевого комплекса, что может служить удобным инструментом для менеджмента электросетевых компаний по оценке эффективности планируемых операционных затрат на поддержание технического состояния производственных активов.

ЛИТЕРАТУРА


1. ГОСТ Р 55235.1-2012. Практические аспекты менеджмента непрерывности бизнеса. Менеджмент активов. Требования к оптимальному управлению производственными активами. АНО «НИЦ КД». URL: http://docs.cntd.ru/document/1200100248.
2. Новомлинский Э.В. Опыт внедрения и развития системы управления производственными активами в ПАО «Россети» / II Научно-практическая конференция «Контроль технического состояния оборудования объектов электроэнергетики» 6 декабря 2018, Москва. URL: http://www.ti-ees.ru/fileadmin/f/Conference/2015/report/novomlinskij.pdf.
3. Гвоздев Д.Б. Применение риск-ориентированного подхода при планировании производственных программ / V Научно-практическая конференция «Контроль технического состояния оборудования объектов электроэнергетики» 6 декабря 2018, Москва. URL: http://www.ti-ees.ru/fileadmin/f/Conference/2018/present/02_Gvozdev_D.B._Prezentacija_Konferencija_EHS-2018.pdf.
4. Наталья Рудычева. Решения «Галактики» обеспечивают переход на ремонт по техсостоянию при сокращении затрат и повышении надежности. URL: http://www.cnews.ru/articles/2019-02-11_energetiki_otkazyvayutsya_ot_planovogo_remonta_oborudovaniya.
5. Карпов М.В. Актуализация сметно-нормативной базы как фактор повышения эффективности деятельности электросетевых компаний // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение. Ежеквартальный спецвыпуск «Россети» № 4(7), декабрь 2017. С. 22–27.







**Издательство журнала «ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение» выпустило книгу академика РАЕН, профессора Владимира Абрамовича НЕПОМНЯЩЕГО**

**«НАДЕЖНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ»**

В монографии исследована надежность оборудования электростанций и электрических сетей напряжением 1150–10(6) кВ, разработана методика сбора и статистической обработки информации о надежности оборудования. На основе статистических данных и расчетов определены основные параметры надежности и динамика их изменения в процессе эксплуатации. Выявлены статистические законы распределения отказов и времени восстановления элементов энергосистем. Проведено их сравнение с зарубежными данными.

**Для приобретения издания необходимо позвонить по многоканальному телефону +7 (495) 645-12-41 или написать по e-mail: info@eepir.ru**

# Cabex — энергия успеха

ufi Approved Event

Cabex

**19-я Международная выставка кабельно-проводниковой продукции**

**17–19 марта 2020 года**
Москва, КВЦ «Сокольники»

- Кабели и провода
- Кабельная арматура
- Электромонтажные изделия
- Электротехнические изделия
- Оборудование для монтажа, переработки кабеля
- Материалы для производства кабеля



Реклама

Забронируйте стенд
**www.cabex.ru**

Организаторы

Международная Выставочная Компания
+7 (495) 252 11 07
cabex@mvk.ru

ОАО «ВНИИКП»

АССОЦИАЦИЯ ЭЛЕКТРОКАБЕЛЬ

Генеральный информационный партнер

RusCable.Ru
Энергетика. Электротехника. Связь.
Первое отраслевое электронное СМИ ЭЛ № ФС77-28661

Специальный отраслевой партнер

ЭЛЕКТРО ЭНЕРГИЯ