

## ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н. Воробьева Н.П., заведующего кафедрой  
Электрификации производства и быта Алтайского государственного  
технического университета на диссертационную работу Утеулиева Бауыржана  
Айдилдаевича на тему «Разработка методов и средств оценки остаточного  
ресурса воздушных линий электропередачи», представленной на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 –  
Электрические станции и электроэнергетические системы

Надёжность электроэнергетического комплекса России и, в первую очередь, – Единой энергетической системы определяется, главным образом, надёжностью воздушных линий электропередачи (ВЛ), аварийность которых составляет около 80% от общего числа аварий в энергосистемах. Это связано со старением ВЛ, срок службы большинства из которых приближается к нормативному или превысил последний. В свете этого, задача, решаемая Б.А. Утеулиевым в диссертационной работе, является весьма актуальной.

Актуальность диссертационной работы обусловлена и тем, что практически отсутствуют нормативно-технические рекомендации по оценке показателя физического износа ВЛ и прогнозированию их остаточного ресурса, а специализированные организации по результатам обследования не берут на себя ответственности в части определения степени физического износа и остаточного ресурса ВЛ. У владельцев ВЛ нет ни критериев, ни методов и средств такой оценки.

В связи с чем необходима обоснованная методика для выбора тех ВЛ, которые необходимо реконструировать в первую очередь с учетом ограниченного финансирования. Для этого необходимо научное обоснование и разработка методов и средств оценки остаточного ресурса ВЛ.

Цель диссертационной работы соответствует ее содержанию.

Задачи работы обеспечивают достижение поставленной цели.

Объект исследования в диссертации определен корректно как и предмет исследования.

Заявленные методы исследования в полном объеме использованы в диссертации.

Научная новизна диссертации не вызывает сомнений.

Основные положения, выносимые на защиту, соответствуют базовым результатам, полученным в диссертации.

Личный вклад соискателя соответствует основным ее положениям.

**В разделе 1** диссертации проведен анализ способов оценки остаточного ресурса применительно к воздушным линиям электропередачи и постановка задач исследования, исследованы показатели надежности ВЛ на основе анализа опубликованных материалов по отказам ВЛ и статистики устойчивых отключений ВЛ.

При этом автором сделан вывод, что корреляция доли отключений (по любой из причин) с классом напряжения практически отсутствует.

Проведённый автором обзор повреждений элементов, показывает, что у каждого автора существует своя элементная классификация ВЛ, не позволяющая определить какой-либо единый подход к расчёту параметров надёжности ВЛ в целом.

При анализе методов оценки технического состояния ВЛ и определении ее физического износа автором установлено, что известные методы позволяют определить прочностные характеристики лишь поверхностного слоя бетона железобетонной конструкции, при том в одной точке.

Задачи исследования, перечисленные соискателем, подробно обоснованы.

**В разделе 2** приведен анализ повреждений ВЛ республики Казахстан, разработка структуры ВЛ с учетом конструктивных особенностей и задач оценки остаточного ресурса.

Автором сделан вывод, что необходимо и достаточно структурировать ВЛ по трем компонентам: опорный, проводниковый и изолирующий.

При этом соискателем разработана структура опорного, изолирующего и проводникового компонента.

При исследовании статистики аварийных отключений ВЛ 220 кВ и выше им представлена классификация и количество аварийных отключений ВЛ.

При анализе отказов ВЛ соискателем использованы статистические данные по отказам по различным причинам.

В подразделе «Расчет показателей надежности элементов, приводящих к отказу воздушных линий электропередачи» автором произведены обстоятельные расчеты для анализа показателей надежности ВЛ, результаты которых приведены в приложении диссертации.

Автором на основе показателей надежности элементов ВЛ сделан вывод, что большее внимание необходимо обращать на опорный компонент, восстановление которого связано с наибольшим временем восстановления и с наибольшими затратами.

В выводах по второй главе автором выявлены наихудшие показатели надежности применительно к различным компонентам ВЛ как «на 100 км ВЛ» и «на одну ВЛ».

С учетом того, что в нормативных документах отсутствуют методики оценки остаточного ресурса железобетонных опор, автором для более глубокого исследования приняты к рассмотрению железобетонные опоры.

**В 3 разделе** соискателем произведена оценка остаточного ресурса ВЛ на железобетонных опорах и оценка технического состояния железобетонных опор.

На основе эмпирических характеристик автором показано, что распределение отказов ВЛ из-за повреждений железобетонных опор подчиняются нормальному закону распределения случайных величин, а проводов и грозозащитных тросов – распределению Вейбулла.

При прогнозировании остаточного ресурса ВЛ автором показано, что свойства функции плотности вероятностей распределения случайной наработки позволяют прогнозировать среднее время наступления отказа ВЛ, проведение ремонтных работ обновляет ВЛ и с учетом дрейфа параметра фактического

состояния можно получить график, описывающий прогнозируемую периодичность проведения ремонтов при изменении параметра фактического состояния. Им же проведены соответствующие расчеты для построения такого графика.

Оценка влияния токов КЗ на ресурс проводов, проведенная соискателем, не выявила прямой зависимости к обрывам проводов, а корреляционная связь между средними значениями интеграла Джоуля и числом обрыва проводов оказалась не значима.

**В разделе 4** соискателем произведена оценка параметров физического износа ВЛ и модернизация прямого и косвенного метода оценки физического износа ВЛ.

Модернизация прямого метода свелась к тому, что для оценки надежности элементы были сгруппированы в опорный, проводниковый и изолирующий компоненты.

Произведен учет компонентов ВЛ, имеющих незначительные дефекты.

Весовой коэффициент опорного компонента получен путем сложения ряда весовых коэффициентов, а физический износ ВЛ определен суммированием степеней износа ее компонентов. Учтены предельные граничные параметры фактического состояния отдельных компонентов ВЛ и приведены примеры расчета физического износа нескольких ВЛ.

Модернизация косвенного метода оценки физического износа ВЛ свелась к тому, что при оценке параметров физического износа исходным значением является нормативный срок службы, который необходимо установить только для всех компонентов, а не для каждого элемента.

При уточнения физического износа ВЛ автор усовершенствовал метод хронологического возраста вводом весовых коэффициентов для каждого компонента ВЛ, а сам метод у него заключается в учете ранее проведенных ремонтов и реконструкций, если таковые имеются.

Физический износ ВЛ с учетом некоторых допущений также определяется суммированием физических износов отдельных компонентов ВЛ, введенных автором.

В предложенном автором методе оценки физического износа учитываются нормативные сроки службы компонентов ВЛ и количество замененных элементов в компонентах, что позволило снизить средний физический износ в целом по организации, обслуживающей ВЛ, и выполнить прогноз среднего физического износа.

Последнее положение подтверждено автором расчетным путем на примере конкретной ВЛ.

**В разделе 5** соискателем описано внедрение методов оценки остаточного ресурса ВЛ, приведен анализ результатов диагностики железобетонных опор и пример расчета прогнозирования остаточного ресурса действующей ВЛ.

Соискателем приведен график определения остаточного ресурса железобетонных опор по варианту с одним ремонтом и с двумя ремонтами.

В разделе сделан сравнительный анализ сроков реконструкции при оценке остаточного ресурса ВЛ.

По предложенной автором методике выбирают оптимальный вариант как по рациональным расходам на ремонты, так и по обеспечению надежной работы ВЛ.

Так в периоды ремонта, необходимо выполнить замену железобетонных опор с критичными коэффициентами состояния бетона, определенными по результатам обследования, а при начале реконструкции ВЛ выполнить замену остальных железобетонных опор с ухудшенными коэффициентами состояния бетона.

Оптимальный вариант сроков реконструкции при оценке остаточного ресурса ВЛ также приведен автором расчетно на примере ВЛ 220 кВ.

Из всех 23-х выводов по диссертации ключевым является вывод 10: "Рекомендуемый период ремонта и реконструкции компонента определяется путем сопоставления плотности распределения вероятностей прогнозируемых наработок с графиком изменения параметра фактического состояния", а остальные выводы дополняют и уточняют его.

Достоверность полученных автором результатов не вызывает сомнений, поскольку для оценки показателей надёжности автор использовал весь арсенал средств и методов диагностики ВЛ, широко апробированный практикой их применения. Метод ультразвуковой диагностики состояния бетона железобетонных опор проверен им непосредственными натурными испытаниями.

Диссертационное исследование Б.А. Утеулиева в целом представляет собой новый, системный подход к оценке остаточного ресурса воздушной линии электропередачи, позволяющий не только определить значение ресурса, но и обосновано подойти к наиболее экономичным способам его продления. Это, по существу, является новым и необходимым этапом системной диагностики ВЛ.

Наиболее интересными и новыми элементами такого подхода являются предложенные соискателем методика определения сроков ремонтов и реконструкции ВЛ по достижению предельного состояния элементов кластера и способ оценки показателя физического износа ВЛ с учетом замен элементов при ремонтах и реконструкции ВЛ.

В диссертации в целом излагаются новые научно обоснованные технические, технологические решения по оценке остаточного ресурса воздушных линий электропередачи, методы и средства продления этого ресурса, что имеет существенное значение для надёжного функционирования электроэнергетической системы страны.

Результаты диссертационного исследования применяются в энергосистеме Республики Казахстан и вполне могут быть распространены на энергосистемы Российской Федерации.

Основные научные результаты работы апробированы на научных конференциях России и Казахстана и в необходимом количестве опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в Перечень ВАК.

По тексту работы можно сделать ряд замечаний:

- На рисунке 1.1 приведены Хкр1 и Хкр2, а в расшифровке под рисунком: Хгр1 и Хгр2. И там же: "фактическое значение параметра фактического состояния" - лингвистический перебор.

- В таблице 3.8 (аналогично в таблице 3.11) - не проставлена единица измерения времени наработки до отказов отдельных ВЛ.

- Пространные вычисления по выявлению законов распределения случайных величин, проведенные автором в 3 разделе, целесообразней было бы выполнить более компактно, например, на основе Matlab.

- Таблица 3.18 не заполнена до конца.

- В таблице 5.4 не указана единица измерения времени.

- На с 136 при определении характера изменения первого этапа изменений параметра фактического состояния по формуле (1.11) время для расчета напрямую не связано с временем по рисунку 5.1. Аналогичное замечание относится и к с 137 при выявлении характера изменения второго этапа развития параметра фактического состояния по формуле (1.11) (рисунок 5.2).

- В заключении 21 видимо идет речь не о необходимости "распределить" количество заменяемых опор в зависимости от параметра фактического состояния, а о необходимости "определить" количество заменяемых опор.

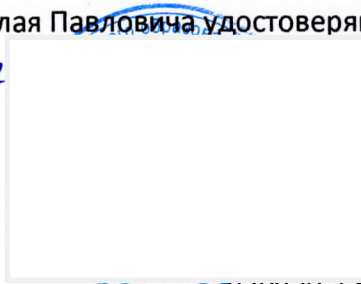
Указанные замечания не умаляют достоинств работы, что позволяет сделать вывод: рецензируемая работа полностью соответствует требованиям ВАК, а её автор - Утеулиев Бауыржан Айдилдаевич заслуживает присвоения ему учёной степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент  
доктор технических  
наук, доцент

Н.П. Воробьев 02.04.2019г.

Подпись Воробьева Николая Павловича удостоверяю:

Мачаи



Д-р А.А. Динчер

г. Барнаул, пр.Ленина, 46;

Тел: 8 (3852) 29-08-82

e-mail: epb\_401@mail.ru

Отзыв получен 02.04.2019г. Динчер А.А.

С отзывом ознакомлен 02.04.2019г. Утеулиев Б.А.