

## ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ДЛЯ КВАРТАЛЬНЫХ СЕТЕЙ Г. КАЗАНИ

Т.О. Политова, Ш.Г. Зиганшин, Р.Р. Салыхова

*Казанский государственный энергетический университет,  
Россия, Казань, PolitovaTatyana@yandex.ru*

*Аннотация.* В работе рассматривались три метода, позволяющие строить модели надежности трубопроводов: метод наименьших квадратов, метод экспоненциальной регрессии и графический метод линий тренда. Для расчета были использованы данные МУП ПО «Казэнерго» за 2009-2013 года.

*Ключевые слова.* Системы теплоснабжения, надежность, модели надежности, теплоснабжение, отказы, тепловые сети.

## CONSTRUCTION of RELIABILITY MODELS FOR QUARTERLY NETWORKING KAZAN

T.O. Politova, S.G. Ziganshin, R.R. Salyakhova

*Kazan state power engineering university,  
Russia, Kazan, PolitovaTatyana@yandex.ru*

*Abstract.* The paper focuses on three methods that allow you to build reliability models tube wiring: the method of least squares, exponential regression method and the graphical method of lines Tran-Yes. For calculation used data ON MUP "Kazenergo" for 2009-2013 years..

*Keywords:* heat supply systems, reliability, models of reliability, heat, cracks, heat networks.

Актуальность работы: Теплоснабжение- это сложный производственный и социально-экономический комплекс, важнейшую часть которого составляют централизованные системы теплоснабжения, которые предназначены для бесперебойного обеспечения тепловой энергией и горячей водой населения, объектов социальной сферы, а также значительной доли промышленных предприятий поселений.

Отказ теплоснабжающих систем жилых и общественных зданий приводит к нарушению нормальных условий жизни и работы людей, наносят большой экономический вред потребителям. В связи с этим повышение надежности тепловых сетей становится все более актуальным.

Необходимо поддерживать тепловые сети в работоспособном состоянии. Это достигается повышением надежности элементов и резервированием. Необходимо предпринимать ряд мер для достижения высоких показателей надежности.

Выделим несколько мер для повышения надежности:

- замена старых трубопроводов на более современные, пластиковые или трубопроводы с ППУ изоляцией;
- мероприятия, направленные на снижение коррозионной активности сетевой воды;
- постоянный контроль ремонта и монтажа трубопроводов;
- резервирование тепловых сетей;

В общем комплексе мероприятий по обеспечению надёжности тепловых сетей сбор статистической информации об отказах и оценка показателей надёжности в условиях эксплуатации являются последним, заключительным этапом. При этом появляется возможность оценить реальные значения показателей надёжности и, следовательно, оценить эффективность мероприятий по обеспечению надёжности на всех этапах – проектирование, производство, испытания, монтаж, эксплуатация. Поэтому особое значение приобретает вопрос качества получаемых в эксплуатации оценок показателей надёжности.

Энергетика России вступила в новую фазу развития, характеризующуюся изменением целей и задач экономического роста и условий энергоснабжения народного хозяйства страны. Резко повышаются требования к безопасности энергетических объектов. Возрастает цена социально-экономического ущерба от перерыва в энергоснабжении и, следовательно, ужесточаются требования к живучести электрических и тепловых систем и надежности энергоснабжения. Системы централизованного теплоснабжения (СЦТ) как и все технические системы массового обслуживания должны качественно обеспечивать по-требителей тепловой энергией, выполнять заданные функции при минимальных затратах на сооружение и эксплуатацию, обладать требуемой надежностью.

Надежность тепловых сетей – это свойство транспортной системы обеспечивать в течение заданного времени подачу потребителю требуемого количества качественного теплоносителя с определенными температурой и давлением.

Надежность тепловых сетей оценивается показателем надежности, величина которого должна быть не менее установленного уровня. Так как с ростом системы ущерб, связанный с авариями, прогрессивно растет, поэтому для больших систем уровень надежности устанавливается выше. Вопрос об оптимальном уровне надежности систем теплоснабжения в настоящее время не решен. Предварительно уровень надежности систем теплоснабжения от квартальных котельных и районных тепловых станций можно принимать не ниже 0,85, а от ТЭЦ — не ниже 0,90. Такой сравнительно невысокий уровень надежности объясняется большими значениями параметра потока отказов элементов тепловых сетей.

В тепловых сетях могут происходить отказы, приводящие к недоотпуску тепла той или иной группе потребителей. Отказ может быть полным (отказ-срыв), когда система прекращает работу, и частичным (отказ-помеха), при котором осуществляется пониженная подача тепла.

Надежность характеризуется вектором узловых показателей. Системы централизованного теплоснабжения – это сложные, пространственно распределенные инженерные сооружения с принципиальной недостаточностью статистической информации об отказах элементов и законах распределения случайных величин. При возникновении аварии в СЦТ недопустимо полное длительное отключение нагрузки отопления (а иногда и вентиляции). Вместе с тем благодаря инерционности и аккумулирующей способности тепловых сетей и зданий и возможности некоторого временного снижения температуры внутри отапливаемых помещений против заданного значения (за исключением отдельных категорий потребителей) в аварийных условиях можно ограничить подачу тепла, т.е. установить пониженный по сравнению с расчетным уровень теплоснабжения. Чтобы такое понижение не оказалось ниже минимально допустимого, этот уровень должен соответствовать некоторой, заранее установленной норме.

Системы централизованного теплоснабжения имеют ряд свойств, характерных для теории надежности:

- большое число взаимосвязанных и взаимодействующих элементов;
- сложность выполняемой функции;
- иерархическую структуру, возможность деления системы на подсистемы;
- наличие управления, интенсивных потоков информационной сети;
- взаимодействие с внешней средой и функционирование в условиях воздействия случайных факторов.

В общем комплексе мероприятий по обеспечению надёжности тепловых сетей сбор статистической информации об отказах и оценка показателей надёжности в условиях эксплуатации являются последним, заключительным этапом. При этом появляется возможность оценить реальные значения показателей надёжности и, следовательно, оценить эффективность мероприятий по обеспечению надёжности на всех этапах – проектирование, производство, испытания, монтаж, эксплуатация. Поэтому особое значение приобретает вопрос качества получаемых в эксплуатации оценок показателей надёжности. Качество получаемых оценок, в свою очередь, зависит от того, насколько тщательно организован сбор информации, насколько обеспечены полнота и достоверность информации о наработке и отказах тепловых сетей и насколько адекватны и корректны методы её обработки.

Построение модели надёжности системы теплоснабжения может позволить достоверно оценивать параметры ее текущего состояния, рассматривать различные варианты ее развития, а также определять оптимальные варианты теплоснабжения потребителей при аварийных ситуациях. Основной трудностью при разработке схемы теплоснабжения является получение данных, характеризующих фактическое состояние системы теплоснабжения. Чему должно предшествовать создание модели надёжности системы теплоснабжения, которую в дальнейшем можно использовать для организации ремонтно-восстановительных работ.

В конечном счете, создание подобной модели может позволить сбалансировать процессы снабжения тепловой энергии от источников до потребителей, обеспечив при этом более экономичный и энергоэффективный режим. Возможности многовариантного моделирования помогли выбрать оптимальные решения при разработке перспективной схемы теплоснабжения города. Поэтому повышение качества и надёжности работы систем теплоснабжения, позволили повысить эффективность существующих тепловых сетей.

Предоставленные ОАО «Казэнерго» статистические данные о повреждениях (порывах) в их тепловых сетях содержат информацию за период с 2009 г. по 2013 г. (таблица 1). МУП «ПО «Казэнерго» имеет в своем составе 5 энергорайонов: северный (СЭР); восточный (ВЭР); зареченский (ЗЭР); приволжский (ПЭР); дербышенский (ДЭР).

Таблица 1 Порывы на тепловых сетях «Казэнерго» за 2009-2013 года

Район/года	СЭР	ВЭР	ЗЭР	ПЭР	ДЭР
2009	139	220	205	107	138
2010	100	105	129	93	99
2011	97	114	124	93	76
2012	96	109	115	47	56
2013	103	71	137	83	85

В Excel существуют три метода, позволяющие строить модели надёжности трубопроводов: метод наименьших квадратов, метод экспоненциальной регрессии и графический метод линий тренда. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки.

#### **Метод наименьших квадратов**

Достоинства – универсальный, так как можно построить любую модель надёжности (нет ограничений по видам функций надёжности)

Недостатки – более трудоемкий по сравнению с другими методами. . Необходимо проводить дополнительные исследования, чтобы проверить достоверность построенной модели

## Метод экспоненциальной регрессии

Достоинства: Имеет встроенную оценку достоверности построенной модели надежности; по сравнению с другими методами позволяет получить таблицу дополнительных статистических характеристик построенной модели

Недостатки: используется только для построения экспоненциальных моделей надежности

## Графический метод–построение линий тренда

Достоинства: Наглядный метод и прост в использовании; имеет встроенную оценку достоверности построенной модели надежности

Недостатки: Имеет ограничения по видам моделей надежности (видам функций надежности).

Проведено исследования статистических данных отказов тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения по МУП «Казэнерго» за 2009-2013 год. На основании этих данных построили модель надежности трубопроводов для каждого энергорайона (рис. 1-5). В таблице 2 приведены модели надежности для каждого энергорайона.

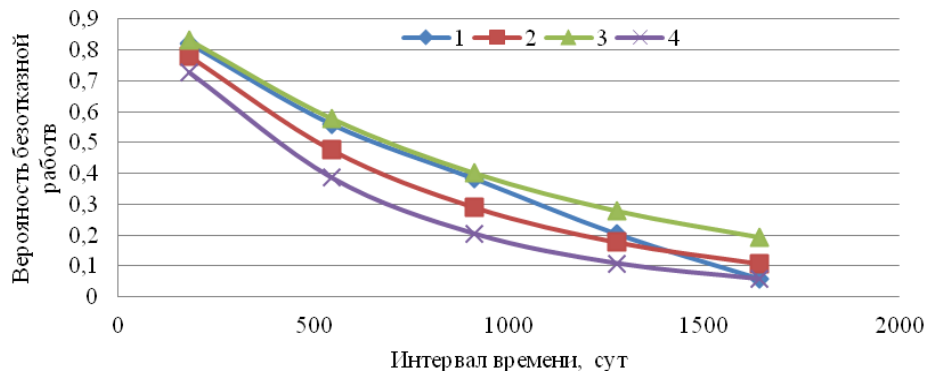


Рис. 1. Модель надежности для ВЭР

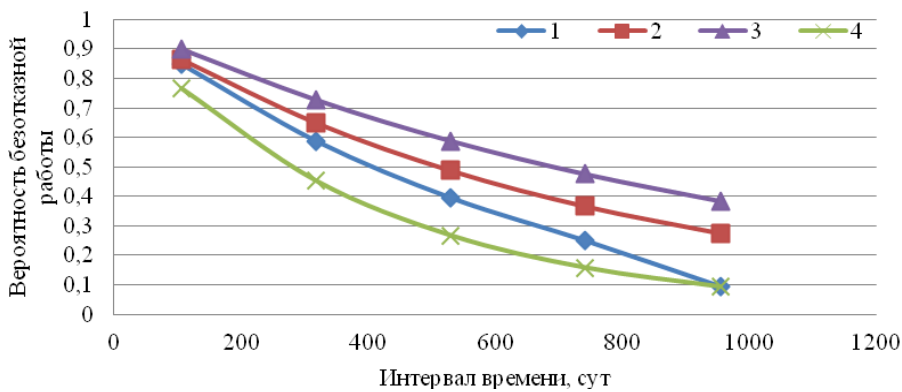


Рис.2. Модель надежности для ДЭР

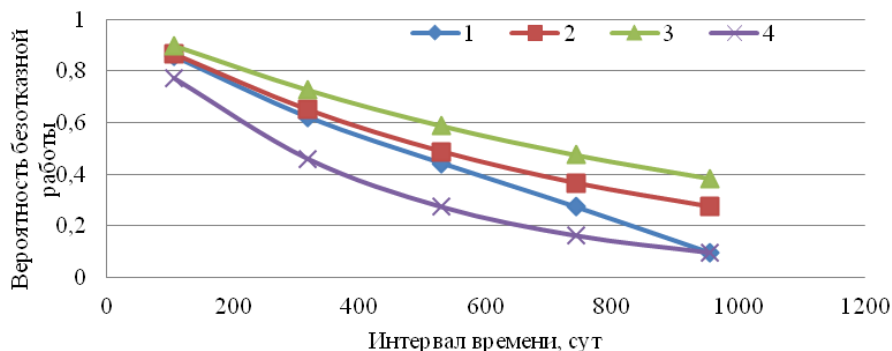


Рис.3. Модель надежности для ЗЭР

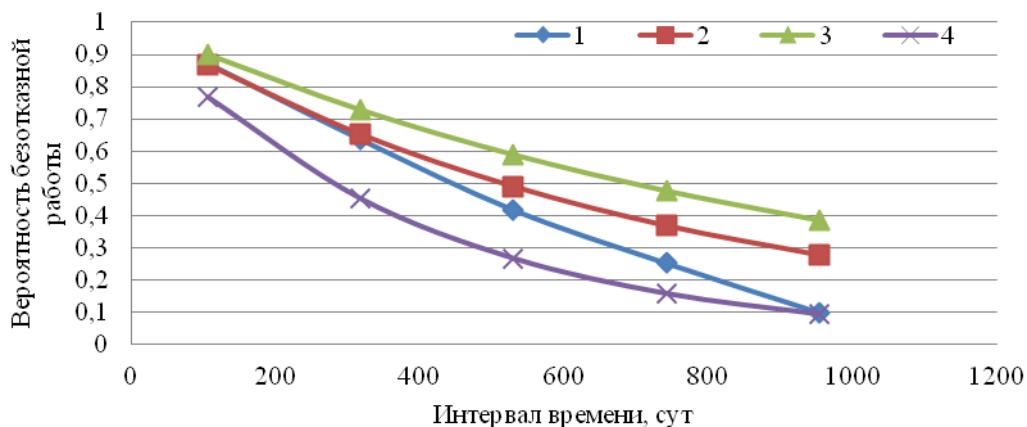


Рис.4. Модель надежности для ПЭР

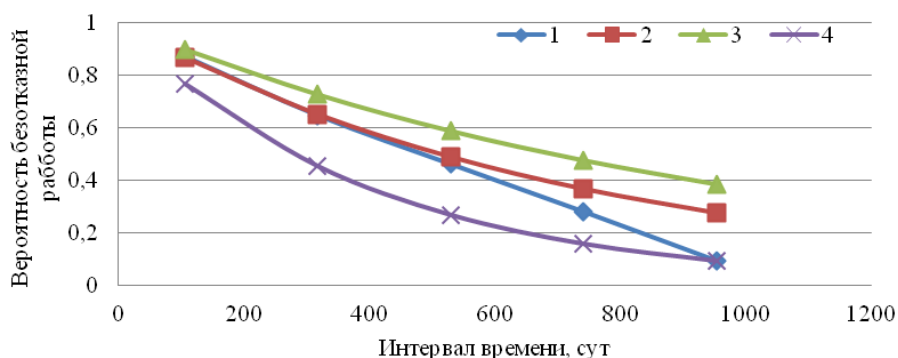


Рис.5. Модель надежности для СЭР

- Линия 1- эмпирическая вероятность, которая определялась по исходным данным
- Линия 2 – вероятность безотказной работы методом наименьших квадратов
- Линия 3 – вероятность безотказной работы графическим методом
- Линия 4 – вероятность безотказной работы методом экспоненциальной регрессии

Таблица 2 Модели надежности тепловых сетей

Дербышенский энергорайон	$P_{lr}(t) = Ce^{-\lambda t} = 0,915e^{-0,0016t}$
Вахитовский энергорайон	$P_{lr}(t) = Ce^{-\lambda t} = 0,697e^{-0,002t}$
Зареченский энергорайон	$P_{lr}(t) = Ce^{-\lambda t} = 0,814e^{-0,00243t}$
Приволжский энергорайон	$P_{lr}(t) = Ce^{-\lambda t} = 0,827e^{-0,00251t}$
Советский энергорайон	$P_{lr}(t) = Ce^{-\lambda t} = 0,842e^{-0,00226t}$

На рисунке 6 произведено сравнение показателей надежности для каждого энергорайона.

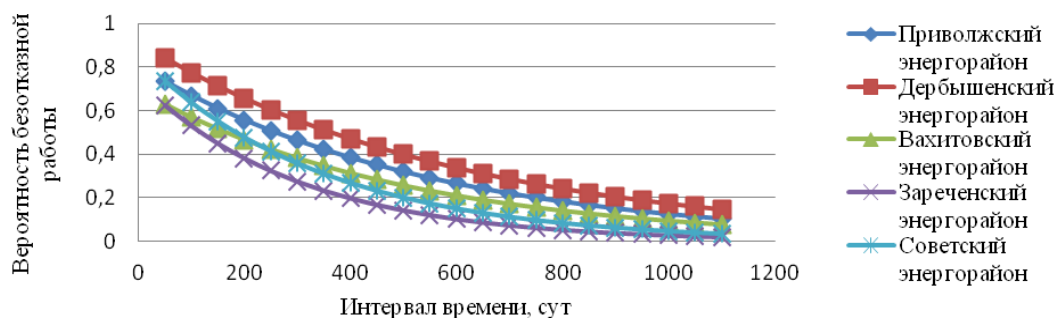


Рис. 6. Сравнение показателей надежности тепловой сети

Сравнительный анализ показал, что надежность Зареченского энергорайона ниже остальных энергорайонов. Из чего следует, шанс отказа трубопровода на нем выше.

### **Заключение**

Надежность тепловых сетей является одним из важнейших показателей теплоэнергетики. На данный момент повышение надежности тепловых сетей является наиболее актуальной темой исследований.

Проведенный анализ показателей надежности по МУП «Казэнерго», показал, какие из энергорайонов больше других нуждаются в реконструкции тепловых сетей.

Первичной информацией являются данные по отказам тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения по МУП «Казэнерго» за 2008-2012 год.

В качестве инструмента обработки данных выбрана математическая среда Microsoft Excel, которая позволяет быстро обработать данные и составить модели надежности.

Построенные модели позволят спрогнозировать возможные отказы и принять меры по повышению надежности.

### **Библиографический список**

- 1) Дейнеко С.В. Обеспечение надежности систем трубопроводного транспорта нефти и газа. - Москва. Издательство «Техника», ТУМА ГРУПП, 2011. 176 с.
- 2) Дейнеко С.В. Построение моделей газонефтепроводов методом компьютерного моделирования. Лабораторный практикум. Москва 2007.
- 3) Сухарев М. Г. Математическая теория надежности и ее инженерные приложения: Учебное пособие. - М.: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2005. 61с.
- 4) Ваньков Ю.В., Зиганшин Ш.Г., Горбунова Т.Г., Политова Т.О., Хабибуллин Р.М. Анализ повреждаемости тепловых сетей г. Казани и разработка рекомендаций для повышения их надежности. // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2012. №7-8. С.10-18.
- 5) Горбунова Т.Г., Ваньков Ю.В., Политова Т.О. Расчет и оценка показателя надежности при проектировании тепловых сетей [Электронный ресурс] //Инженерный вестник Дона. 2014. №1. Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2228>. – Яз.рус.
- 6) Ваньков Ю.В., Горбунова Т.Г., Политова Т.О., Зиганшин Ш.Г. «Функциональная надежность тепловых сетей г.Казани: теория и практика» // НАДЕЖНОСТЬ И КАЧЕСТВО – 2012 : Труды Международного симпозиума: в 2 т. под ред. Н. К. Юркова. Пенза: Изд-во Пенз. ГУ, 2012. 1 том. 506 с.