**глава 11. оценка надежности теплоснабжения**

Вологда

2025

### Общие положения

Под надежностью системы теплоснабжения понимают способность проектируемых и действующих источников тепловой энергии, тепловых сетей, и в целом системы центрального теплоснабжения, обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения.

Основным показателем (критерием) является вероятность безотказной работы системы (Р) – способность системы не допускать отказов, приводящих к падению температуры в отапливаемых помещениях жилых и общественных зданий ниже +12 0С, в промышленных зданиях ниже +8 0С, более числа раз, установленного нормативами.

Главное свойство отказов заключается в том, что они представляют собой случайные и редкие события. Эти свойства характеризуют не только отказы, связанные с нарушением прочности, но и все отказы.

Одной из важнейших характеристик надежности элементов является параметр потока отказов, который можно определить как безусловную вероятность отказа (не обязательно первого) на интервале времени *dt*.

### Термины и определения

Термины и определения, используемые в данном разделе, соответствуют определениям «ГОСТ 27.002-2015 Межгосударственный стандарт. Надежность в технике. Термины и определения».

*Надежность* - свойство участка тепловой сети или элемента тепловой сети сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Надежность тепловой сети и системы теплоснабжения является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать в себя безотказность, ремонтопригодность, восстанавливаемость, долговечность, сохраняемость, готовность или определенные сочетания этих свойств.

*Безотказность -* свойство тепловой сети непрерывно сохранять способность выполнять требуемые функции в течение некоторого времени или наработки в заданных режимах и условиях применения.

*Долговечность* – свойство тепловой сети или объекта тепловой сети, заключающееся в его способности выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях использования, технического обслуживания и ремонта до достижения предельного состояния.

*Ремонтопригодность* – свойство элемента тепловой сети, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

*Исправное состояние* – состояние элемента тепловой сети и тепловой сети, в котором он соответствует всем требованиям, установленным в документации на него.

*Неисправное состояние* – состояние элемента тепловой сети или тепловой сети, в котором он не соответствует хотя бы одному из требований, установленных в документации на него.

*Работоспособное состояние* – состояние элемента тепловой сети или тепловой сети, в котором указанные объекты способны выполнять требуемые функции.

*Неработоспособное состояние* - состояние элемента тепловой сети, в котором он не способен выполнять хотя бы одну требуемую функцию по причинам, зависящим от него или из-за профилактического технического обслуживания.

*Предельное состояние* – состояние элемента тепловой сети или тепловой сети в целом, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

*Критерий предельного состояния* - признак или совокупность признаков предельного состояния элемента тепловой сети, установленные в документации на него.

*Повреждение* – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния.

*Отказ* – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния элемента тепловой сети или тепловой сети в целом.

*Критерий отказа* – признак или совокупность признаков нарушения работоспособного состояния тепловой сети, установленные в документации.

### Существующее положение

Авариями в коммунальных отопительных котельных считаются разрушения (повреждения) зданий, сооружений, паровых и водогрейных котлов, трубопроводо пара и горячей воды взрывы и воспламенения газа в топках и газоходах котлов, вызвавшие их разрушение, а также разрушения газопроводов и газового оборудования, взрывы в топках котлов, работающих на твердом и жидком топливе, вызвавшие остановку их на ремонт.

Авариями в тепловых сетях считаются разрушение (повреждение) зданий, сооружений, трубопроводов тепловой сети в период отопительного сезона при отрицательной среднесуточной температуре наружного воздуха.

Статистика отказов тепловых сетей (аварий, инцидентов) за прошедшие годы представлены в таблице 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | количество | **%** |
| По причине нарушения | Дефекты строительства, наружной и внутренней коррозии, дефекты монтажа, другие причины | 2 | **1,9** |
| Изменение свойств материалов в процессе эксплуатации | 10 | **9,52** |
| Нарушение условий эксплуатации | 3 | **2,86** |
| Естественный износ | 89 | **84,7** |
| Другие причины | 1 | **0,95** |
|  | *105* | ***100*** |
| По виновникам нарушения | Организация потребитель | 3 | **2,86** |
| Строительная организация | 1 | **0,95** |
| Ремонтная организация | 12 | **11,4** |
| Другие организации | 89 | **84,7** |
|  | *105* | ***100*** |
| По типу отказавшего оборудования | Котел | 1 | **0,8** |
| Подающий трубопровод | 98 | **78,4** |
| Обратный трубопровод | 25 | **20** |
| Прочее оборудование | 1 | **0.8** |
|  | *125* | ***100*** |
| По характеру повреждения | Трещина, свищ | 27 | **25,7** |
| Эрозийный износ | 76 | **72,4** |
| Разрыв | 1 | **0,95** |
| Прочие тепловые повреждения | 1 | **0,95** |
|  | *105* | ***100*** |
| По причине повреждения | Дефекты монтажа и наладки | 1 | **0,7** |
| Изменение материалов в процессе эксплуатации | 103 | **98,1** |
| Посторонние воздействия | 1 | **0,95** |
|  | *105* | ***100*** |
| По диаметру трубопроводов (мм) | 57 | 15 | **14,4** |
| 89 | 11 | **10,6** |
| 108 | 22 | **21,2** |
| 76 | 13 | **12,5** |
| 159 | 19 | **18,3** |
| 219 | 8 | **7,69** |
| 273 | 4 | **3,85** |
| 133 | 5 | **4,81** |
| 325 | 1 | **0,96** |
| 530 | 1 | **0,96** |
| 100 | 3 | **2,88** |
| 150 | 1 | **0,96** |
| 80 | 1 | **0,96** |
|  | *104* | ***100*** |

В большинстве случаев, причиной отказов является износ и ветхость трубопроводов тепловых сетей.

Среднее время, затраченное на восстановительные работы – 3 часа 14 минут.

Анализ технологических нарушений (функциональных отказов) за период с 2009-2021 годов приведен в таблице 2.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Районы** | **2013**  | **2014** | **2015** | **2016** | **2017** | **2018** | **2019** | **2020** | **2021** |
| Общее кол-во | 104 | 79 | 83 | 149 | 117 | 139 | 93 | 99 | 105 |
| Район №1 | 7 | 2  | 6 | 12 | 6 | 9 | 5 | 6 | 6 |
| Район №2 | 16 | 17 | 16 | 13 | 12 | 19 | 8 | 5 | 13 |
| Район №3 | 49 | 41 | 23 | 34 | 33 | 42 | 23 | 39 | 38 |
| Район №4 | 19 | 12 | 11 | 17 | 13 | 12 | 15 | 13 | 12 |
| Район №5 | 13 | 7 | 27 | 73 | 53 | 57 | 42 | 36 | 37 |
| Район №6 | объединен с 5ым районом | объединен с 5ым районом | объединен с 5ым районом | объединен с 5ым районом | объединен с 5ым районом | объединен с 5ым районом | объединен с 5ым районом | объединен с 5ым районом | объединен с 5ым районом |
| Район №7 | объединен со 2ым районом | объединен со 2ым районом | объединен со 2ым районом | объединен со 2ым районом | объединен со 2ым районом | объединен со 2ым районом | объединен со 2ым районом | объединен со 2ым районом | объединен со 2ым районом |
| Экономический ущерб | 233,76 тыс.руб. | 424 тыс. руб. | 423 тыс. руб. | 1291 тыс. руб. | 1 013 тыс. руб. | 947,53 тыс. руб. | 633,96 тыс. руб. | 774,9 тыс. руб. | 613,27 тыс. руб. |
| По причинам нарушений | Естественный износ 57%.Изменение свойств материалов в процессе эксплуатации 19,6%.Дефекты строительства и монтажа 11,3%. | Естественный износ 65%.Изменение свойств материалов в процессе эксплуатации 15%.Дефекты строительства и монтажа 12,5%. | Естественный износ 47%.Изменение свойств материалов в процессе эксплуатации 15,7%.Дефекты строительства и монтажа 33,7%. | Естественный износ 34,4%.Изменение свойств материалов в процессе эксплуатации 13,4%.Дефекты строительства и монтажа 47,8%. | Естественный износ 41%.Изменение свойств материалов в процессе эксплуатации 67%.Дефекты строительства и монтажа 5%. | Естественный износ 76,9%.Изменение свойств материалов в процессе эксплуатации 11,5%.Дефекты строительства и монтажа 5,8%. | Естественный износ 57%.Изменение свойств материалов в процессе эксплуатации 15%.Дефекты строительства и монтажа 21%. | Естественный износ 79,8%.Изменение свойств материалов в процессе эксплуатации 13%.Дефекты строительства и монтажа 3%. | Естественный износ 84,76%.Изменение свойств материалов в процессе эксплуатации 9,52%.Дефекты строительства и монтажа 1,9%. |
| По виновникам нарушений | Энергетическая организация системы ЖКХ 71,3%.Строительно-монтажная организация 16,7%. | Энергетическая организация системы ЖКХ86,1 %Строительно-монтажная организация10,2% | Энергетическая организация системы ЖКХ67,8 %Строительно-монтажная организация26,2% | Энергетическая организация системы ЖКХ 40,6%.Строительно-монтажная организация 51,4%Ремонтная организация 4%. | - | Строительно-монтажная организация 19%Ремонтная организация 35%.Другие организации 35%.Посторонние лица 10%. | - | Строительно-монтажная организация 10,1%Ремонтная организация 6,1%.Другие организации 81,8%. | Строительно-монтажная организация 0,95%Ремонтная организация 11,43%.Другие организации 84,76%. |
| По характеру повреждения | Коррозийный износ 48,6%.Трещина, свищ 32,5%. | Трещина, свищ 29,7 %Эрозийный износ 53,1 % | Трещина, свищ 29,3 %Эрозийный износ 46,3 % | Трещина, свищ 37,8%Эрозийный износ 57,6 % | - | Трещина, свищ 25,9%Эрозийный износ 66,9 % | Трещина, свищ 26%Эрозийный износ 67 % | Трещина, свищ 22,2%Эрозийный износ 75,8 % | Трещина, свищ 25,71%Эрозийный износ 72,38 % |
| По диаметру трубопроводов (мм) | 108 мм 23%89 мм 15%57 мм 14%76 мм 14% | 108 мм 17,9%89 мм 21,8%57 мм 17,9%159 мм 11,5%219 мм 11,5%76 мм 8,9% | 108 мм 18,1%89 мм 16,9%219 мм 7,2%57 мм 9,6%76 мм 9,6% | 525 мм 1,4%273 мм 3,6%219 мм 19,8%159 мм 11,7%133 мм 5,1%108 мм 8%89 мм 29,2%76 мм 9,5%57 мм 11,7% | 425 мм 1%325 мм 5,1%273 мм 2,6%219 мм 16,2%159 мм 6,8%108 мм 21,4%89 мм 24,8%76 мм 8,6%57 мм 10,3%45 мм 2%32 мм 2% | 530 мм 2,9%325 мм 1,4%273 мм 4%219 мм 8%159 мм 16%108 мм 14%89 мм 19%76 мм 7,9%57 мм 13%32 мм 2% | 325 мм 4,35%273 мм 1,08%219 мм 14%159 мм 12%108 мм 18,5%89 мм 22%76 мм 7,6%57 мм 8,7%32 мм 1% | 325 мм 1,0%273 мм 6,1%219 мм 8,2%159 мм 9.2%108 мм 15.3%89 мм 19,4%76 мм 13,3%57 мм 21,4%32 мм 1% | 530 мм 0,96%325 мм 0,96%273 мм 3,85%219 мм 7,69%159 мм 18,27%108 мм 21,15%89 мм 10,58%76 мм 12,5%57 мм 14,42% |