

Ю.Г. Мунц, канд. техн. наук, доцент,<sup>1</sup>  
г. Екатеринбург

## **ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Проведен анализ информации по авариям на котельных и тепловых сетях муниципальных образований Свердловской области за шесть лет. Показано, что факторами, определяющими среднегодовое количество аварий на тепловых сетях, являются протяженность тепловых сетей и доля сетей, нуждающихся в замене, а факторами, определяющими аварийность теплоисточников – их количество и доля котельных мощностью менее 3 Гкал/час. Проанализировано соответствие фактической аварийности нормативным значениям, выявлены муниципальные образования с повышенной аварийностью тепловых сетей и котельных для разработки соответствующих муниципальных программ повышения надежности.

**Ключевые слова:** тепловые сети, теплоисточники, надежность, аварийность, корреляция, аппроксимация.

Обеспечение надежности систем теплоснабжения, снижение числа аварий, происходящих в течение отопительного сезона на теплоисточниках и тепловых сетях наряду с бесперебойной и качественной подачей тепловой энергии потребителям относятся к основным задачам как теплоснабжающих организаций, так и региональных и муниципальных органов власти.

Федеральное законодательство о теплоснабжении и повышении энергетической эффективности одной из своих задач в среднесрочной перспективе ставит задачу повышения надежности систем теплоснабжения, в том числе снижения числа аварий на тепловых сетях [1, 2].

Свердловская область является крупнейшим промышленным регионом России [3]. Производственный комплекс составляет около 40 % в структуре валового регионального продукта (ВРП), что больше, чем в целом по стране. В 2000–2008 гг. в

области были проведен комплекс целевых мероприятий, направленных на качественное преобразование экономики области, что привело к росту ВРП в 2008 г. по сравнению с 2000 г. в сопоставимых ценах на 84 %. В результате индустриального характера экономики и высокой концентрации промышленного производства кризис 2008–2009 гг. существенно ухудшил экономические показатели региона. Так, в начале 2009 г. объемы промышленного производства сократились на 30 % по сравнению с 2008 г. В целом за 2009 г. индекс промышленного производства составил 82,3 % к уровню 2008 г., налоговые и неналоговые доходы консолидированного бюджета сократились по сравнению с 2008 г. на 20,8 %. Тем не менее объем ВРП за 2009 г. составил 835,4 млрд руб., что позволило Свердловской области войти в пятерку лидеров по объему ВРП среди субъектов Российской Федерации.

В то же время отмечается, что фактический объем инвестиций в основной капитал не соответствует промышленному потенциалу и месту Свердловской области в экономике страны [3]. Норма инвестиций (доля

<sup>1</sup> Мунц Юлия Георгиевна – кандидат технических наук, доцент кафедры систем управления энергетикой и промышленными предприятиями Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина; e-mail: Ju\_munts@mail.ru.

инвестиций в ВРП) в 2008 г. составляла 25,5 %; в 2009–2010 гг. – 24 %, а должна быть на уровне 35 % для обеспечения роста ВРП в размере 108–111 % в год. В области повышения энергоэффективности экономики области отмечаются следующие проблемы [3]:

- энергоемкая структура экономики области, отставание производственного и инфраструктурного потенциала от мирового научно-технического уровня;
- высокий износ основных фондов, особенно в электроэнергетике и коммунальной инфраструктуре;
- низкие теплотехнические характеристики зданий (высокие потери тепловой энергии через ограждающие конструкции);
- высокие потери топлива и энергии на всех стадиях добычи (производства), транспортировки (передачи) и потребления;
- низкий уровень оснащения процессов производства и потребления топлива и энергии средствами учета и автоматического регулирования;
- недостаточный статистический учет и государственный мониторинг потребления топливно-энергетических ресурсов;
- отсутствие эффективных систем стимулирования повышения энергоэффективности и экономии топливно-энергетических ресурсов на производстве и в быту.

Указанные проблемы подтверждаются статистической информацией [4]. В конце 2010 г. населению и бюджетофинансируемым организациям отпускали тепло 1318 котельных суммарной мощностью 17,2 тыс. Гкал/час. Из общего числа источников теплоснабжения 50,4 % работают на твердом топливе, 43,8 % – газообразном. За 2010 г. отпущено потребителям 40,7 млн Гкал тепловой энергии, 55,4 % которой направлено на нужды населения

и 11,5 % – на нужды бюджетофинансируемых организаций.

В 2010 г. удельный вес тепловых сетей, нуждающихся в замене, составил 39% (2,9 тыс. км) от всей протяженности тепловых сетей. Сети изношены больше чем на 50 % в городах: Каменске-Уральском (201 км), Первоуральске (165,5 км), Краснотурьинске (109,5 км), Полевском (89,5 км), Асбесте (59,6 км), в Артемовском районе (102,4 км). В городе Екатеринбурге 734,8 км сетей нуждаются в замене, из них 98 % находятся в ветхом состоянии. Эта информация свидетельствует о необходимости постоянного мониторинга показателей надежности теплоснабжения региона.

Понятие надежности систем тепловых сетей, основные показатели надежности применительно к системам централизованного теплоснабжения достаточно подробно освещены ([5, 6]).

Официальная информация о количестве аварий на теплоисточниках и тепловых сетях в Свердловской области публикуется в ежегодном региональном статистическом сборнике «Коммунальное хозяйство Свердловской области» [7]. Для анализа закономерностей, присущих показателям аварийности систем теплоснабжения Свердловской области, в настоящей статье была использована информация, представленная в указанном сборнике за 6 лет (с 2005 по 2010 гг.). Сводные данные по количеству аварий на тепловых сетях приведены в табл. 1.

В табл. 2 представлена сводная информация о количестве и аварийности источников теплоснабжения (котельных) на территории области за тот же период.

Дальнейший детальный анализ аварийности тепловых сетей в разрезе муниципальных образований позволил выявить следующие закономерности.

Обнаружена корреляционная зависимость между среднегодовым числом аварий на тепловых сетях и протяженностью тепловых сетей. Коэффициент парной

Таблица 1

Сводные данные о протяженности и количестве аварий на тепловых сетях Свердловской области с 2006 по 2010 гг.

Показатель	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	ВСЕГО за 6 лет
Протяженность тепловых сетей в двухтрубном исчислении, км	7964,1	7836,4	7786,5	7877,3	7610,2	7542,9	7769,6
в том числе ветхих, км	1595,0	1582,1	1961,6	2298,4	2206,5	2109,5	1958,9
в том числе нуждающихся в замене	2370,5	2093,1	2586,6	2946,6	2873,3	2944,4	2635,8
число аварий на тепловых сетях в год	2645,0	2482,0	1664,0	1374,0	1634,0	1526,0	1887,5
Удельное количество аварий, 1 км/год	0,332	0,317	0,214	0,174	0,215	0,202	0,243
доля ветхих сетей	20,0 %	20,2 %	25,2 %	29,2 %	29,0 %	28,0 %	25,2 %
доля сетей, нуждающихся в замене	29,8 %	26,7 %	33,2 %	37,4 %	37,8 %	39,0 %	33,9 %

Таблица 2

Сводные данные о количестве теплоисточников в Свердловской области и количестве аварий на них за период с 2006 по 2010 гг.

Показатель	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Всего за 6 лет
Количество источников теплоснабжения	1406	1342	1319	1330	1368	1318	8083
в том числе маломощных (до 3 Гкал/ч)	904	894	867	863	893	844	5265
число аварий на источниках теплоснабжения	387	368	394	165	207	234	1755
Удельное число аварий, 1 кот/год	0,275	0,274	0,299	0,124	0,151	0,178	0,217

корреляции рассчитывался по формуле [8]:

$$r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}, \quad (1)$$

где  $\overline{xy}$ ,  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  – средние величины соответствующих переменных,  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  – их среднеквадратические отклонения.

Рассчитанный по (1) коэффициент парной корреляции для протяженности тепловых сетей ( $x$ ) и среднегодового количества аварий ( $y$ ) составил 0,9109, что свидетельствует о тесной взаимосвязи.

Зависимость среднегодового количества аварий на тепловых сетях  $N_{mc}^{ae}$  от протяженности тепловых сетей  $L$  в двухтрубном исчислении неплохо аппроксимируется следующим выражением:

$$N_{mc}^{ae} = 0,0003 \cdot L^2 - 0,1325 \cdot L + 23,251. \quad (2)$$

Анализ отклонений фактического количества аварий на тепловых сетях от количества, рассчитанного по аппроксимационной зависимости (2) выявил зависимость величины данных отклонений от доли сетей, нуждающихся в замене  $d_{mc}^{зам}$ . Величина коэффициента множественной корреляции для факторов  $y = N_{mc}^{ae}$ ,  $x_1 = L$  и  $x_2 = d_{mc}^{зам}$  была рассчитана по следующему выражению [8]:

$$\sigma_{yx_1x_2} = \sqrt{\frac{r_{yx_1}^2 + r_{yx_2}^2 - 2 \cdot r_{yx_1} \cdot r_{yx_2} \cdot r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2}}, \quad (3)$$

где  $r_{yx_1}$ ,  $r_{yx_2}$ ,  $r_{x_1x_2}$  – соответствующие коэффициенты парной корреляции.

Величина коэффициента множественной корреляции для количества аварий на тепловых сетях, протяженности тепловых сетей и доли сетей, нуждающихся в замене, составила 0,919, иными словами, превысила величину рассчитанной ранее парной

корреляции для показателей  $N_{mc}^{ae}$  и  $L$ , то есть модель с двумя влияющими факторами лучше описывает закономерности изменения результирующего показателя – сред-

негодового количества аварий на тепловых сетях.

Аппроксимационная зависимость величины  $N_{mc}^{ae}$  от двух влияющих факторов может быть записана в виде:

$$N_{mc}^{ae} = 0,0003 \cdot L^2 - 0,1325 \cdot L + 39,651 \cdot d_{mc}^{зам} + 8,958. \quad (4)$$

Рис. 1 иллюстрирует данную зависимость в сравнении с нормативными значениями количества аварий на тепловых сетях ([5, 6]). Нормативное значение количества аварий на тепловых сетях составляет 0,05 аварий км/год (в однострубно исчислении). Очевидно, что для достаточно представительной выборки муниципальных образований фактическое число аварий на тепловых сетях меньше нормативного (табл. 3).

Для остальных муниципальных образований Свердловской области, включая Екатеринбург, ситуация с авариями на тепловых сетях хуже нормативной, что свидетельствует о необходимости разработки программ повышения надежности и проведения соответствующих мероприятий.

Аналогичный анализ проводился для выявления закономерностей, присущих величине среднегодового количества аварий

на теплоисточниках  $N_{кот}^{ae}$  в разрезе муниципальных образований Свердловской области. Обнаружена корреляционная зависимость между данным результирующим показателем и двумя факторами: количеством теплоисточников  $n_{кот}$  в муниципальном образовании и долей маломощных (мощ-

ностью до 3 Гкал/ч) котельных  $d_{кот}^{мал}$ . Соответствующий коэффициент множественной корреляции составил 0,807, итоговая аппроксимационная зависимость записывается в виде:

$$N_{кот}^{ae} = 0,0087 \cdot n_{кот}^2 - 0,3045 \cdot n_{кот} + 2,1813 \cdot d_{кот}^{мал} + 2,6419. \quad (5)$$

Рис. 2 иллюстрирует данную зависимость в сравнении с нормативными значе-

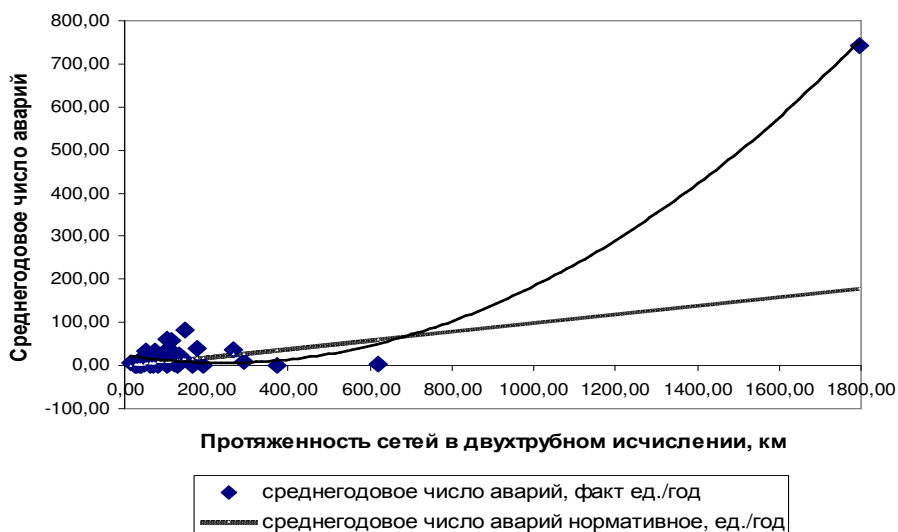


Рис. 1. Зависимость среднегодового числа аварий на тепловых сетях от их напряженности

Таблица 3

Перечень муниципальных образований Свердловской области, аварийность на тепловых сетях которых не превышает нормативную величину

Наименование муниципального образования	Среднегодовое число аварий на тепловых сетях фактическое, ед./год	Среднегодовое число аварий на тепловых сетях нормативное, ед./год
Асбест	0,33	19,30
Камышлов	1,50	4,22
Карпинск	1,00	8,08
Качканар	3,00	6,81
Кировград	8,33	29,13
Краснотурьинск	1,33	12,85
Красноуральск	3,17	12,14
Красноуфимск	0,50	6,10
Нижний Тагил	2,33	61,85
Нижняя Салда	3,00	4,68
Нижняя тура	5,17	10,91
Ревда	4,50	10,79
Североуральск	0,50	16,71
Серов	5,17	12,01
Аргинский	1,00	3,74
Ачитский	1,67	2,55
Верхотурский	3,17	4,21
Красноуфимский	1,83	6,94
Новолялинский	0,17	10,27
Пригородный	2,33	7,18
Серовский	1,50	3,09
Шалинский	2,17	3,15

ниями количества аварий на теплоисточниках ([6]).

Нормативное значение количества аварий на теплоисточниках составляет 0,03 аварии (ед./год) [5], то есть на одной котельной должна происходить авария один раз в тридцать лет.

Перечень муниципальных образований, среднегодовое количество аварий на тепло-

источниках которых за шесть лет не превышало нормативные значения, приведен в табл. 4. Для остальных муниципальных образований Свердловской области, включая Екатеринбург, количество аварий на котельных в среднем за шесть лет существенно превысило нормативные значения, что свидетельствует о необходимости повышения надежности теплоисточников.

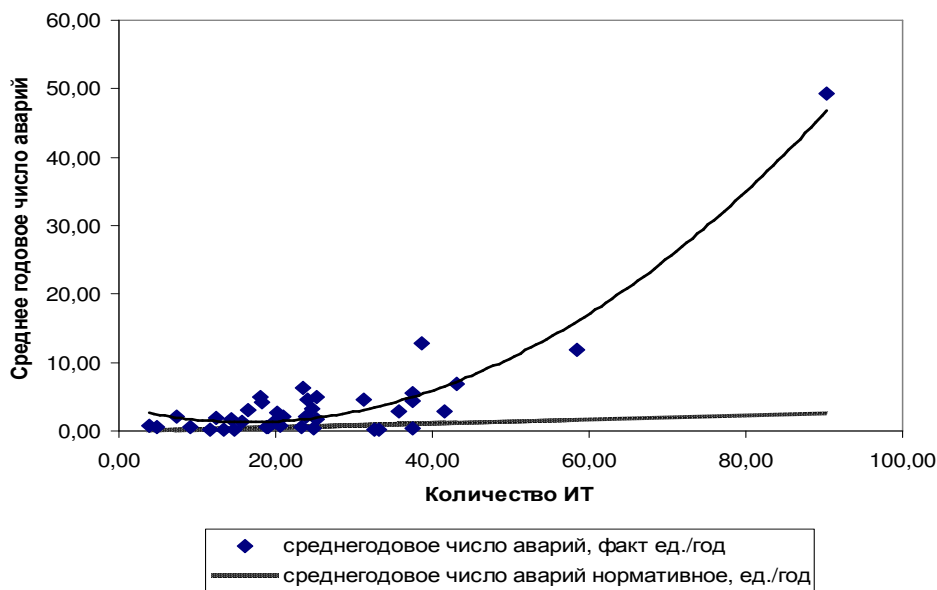


Рис. 2. Статистика по авариям источников теплоснабжения

Таблица 4

Перечень муниципальных образований Свердловской области, аварийность на теплоисточниках которых не превышает нормативную величину

Наименование муниципального образования	Среднегодовое число аварий на котельных, факт ед./год	Среднегодовое число аварий на котельных нормативное, ед./год
Ирбит	0,50	0,57
Каменск-Уральский	0,17	0,40
Красноуфимск	0,17	0,98
Первоуральск	0,17	1,00
Аргинский	0,33	1,13
Ачитский	0,17	0,35
Новолялинский	0,17	0,45
Пригородный	0,33	0,75
Сухоложский	0,50	0,70

Следовательно, подавляющее число муниципальных образований Свердловской области имеет неудовлетворительное состояние систем теплоснабжения, что свидетельствует о необходимости кардинального реформирования системы теплоснабжения региона.

Согласно Концепции реформирования жилищно-коммунального хозяйства Свердловской области на 2009–2020 годы [9], основными целями реформирования системы теплоснабжения области являются:

1) Повышение качества и надежности теплоснабжения. В Свердловской области по всем видам организаций жилищно-коммунального комплекса степень износа основных фондов превышает среднероссийский уровень. Самый высокий уровень износа наблюдается на предприятиях, осуществляющих производство, передачу и распределение пара и горячей воды (тепловой энергии), – 59,0 % (показатель по Российской Федерации – 43,4 %).

2) Повышение благоустройства жилищного фонда для улучшения жилищных условий населения. Уровень благоустройства жилищного фонда в Свердловской области на 1 января 2007 г. составил 66 %. В целом по области более 20 % населения не имеет систем централизованного водоснабжения, а 22 % – систем водоотведения.

3) Увеличение объемов капитального ремонта и реконструкции жилищного фонда с целью предотвращения его дальнейшего износа. В структуре жилищного фонда по году постройки домов в Свердловской области преобладают дома, построенные до 1971 г., а это здания с самыми высокими теплоспотреблениями.

4) Модернизация коммунальной инфраструктуры для повышения ресурсной эффективности производства и предоставления услуг. В области высок показатель доли коммунальных сетей, нуждающихся в замене, увеличивающийся год от года. В ходе транспортировки до потребителя теряется 50 % воды, 14 % электрической энергии,

12% тепловой энергии. Высокий уровень износа основных фондов, низкие показатели замены и ввода в действие новых коммунальных сетей приводят к росту числа аварий и технологических отказов на объектах коммунальной инфраструктуры. Отсутствие единой государственной политики по вопросам ресурсосбережения не позволяет системно использовать возможности бюджетного и налогового законодательства для стимулирования процесса снижения затрат в жилищно-коммунальной сфере.

5) Совершенствование системы финансирования и ценообразования на рынке жилищно-коммунальных услуг. Бюджетные расходы на жилищно-коммунальный комплекс Свердловской области ниже среднероссийского уровня, причем уровень расходов с 2002 г. практически не меняется (12,7 % в 2006 г. при среднем по Российской Федерации 15,8 %), несмотря на выявленные проблемы. По результатам 2006 г. убыточные организации составляют 77,1 % от общего числа организаций жилищно-коммунального комплекса Свердловской области и 55,1 % в среднем по Российской Федерации.

6) Повышение инвестиционной привлекательности жилищно-коммунального комплекса. В настоящее время в Свердловской области отсутствует система мониторинга целевых параметров социально-экономического развития жилищно-коммунального комплекса, не разработаны конкретные экономические механизмы, которые способствовали бы успешной реализации утвержденной концепции реформирования системы ЖКХ региона.

В Стратегии социально-экономического развития Свердловской области на период до 2020 года [3] названы следующие приоритеты развития экономики в области повышения энергоэффективности:

- активизация региональной государственной политики по повышению энергоэффективности и энергосбережению, в частности, в сфере стимули-

рования энергосбережения и оказания мер государственной поддержки;

- индикативное планирование показателей энергоэффективности экономики, регионального топливно-энергетического баланса;
- изменение структуры экономики с целью существенного повышения энергоэффективности производства;
- увеличение энергоэффективности существующих источников и потребителей топливно-энергетических ресурсов;
- интенсивное обновление основных производственных фондов на базе новых энерго- и ресурсосберегающих технологий и оборудования;
- комплексное оснащение средствами учета, контроля и регулирования энергоносителей на производстве, в социальной сфере и в быту;
- наращивание использования вторичных энергоресурсов, расширение использования альтернативных и возобновляемых видов топлива и энергии;
- технико-технологическая модернизация коммунальной инфраструкту-

ры с целью повышения ее энергоэффективности, улучшение теплотехнических характеристик жилого фонда.

К сожалению, в Стратегии социально-экономического развития Свердловской области на период до 2020 года [3] и Концепции реформирования жилищно-коммунального хозяйства Свердловской области на 2009–2020 годы [9] не прописаны механизмы и пути достижения указанных целей, нет информации об источниках финансирования предложенных мероприятий, о планах необходимых институциональных преобразований и внесения изменений в действующие законодательные акты.

Повышение надежности теплоснабжения Свердловской области тесно связано с необходимостью разработки комплексной программы реформирования теплоснабжающего комплекса региона, в составе которой на основе экономических расчетов необходимо выработать приоритетные мероприятия, направленные на повышение энергетической эффективности и надежности всех процессов производства, передачи и потребления тепловой энергии.

### **Список использованных источников**

1. Федеральный закон Российской Федерации № 190-ФЗ от 27.07.2010 «О теплоснабжении» // Российская газета. № 168 от 30.07.2010.
2. Федеральный закон Российской Федерации № 261-ФЗ от 23.11.2009 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // Российская газета. № 226 от 27.11.2009.
3. Стратегия социально-экономического развития Свердловской области на период до 2020 года, одобрена постановлением Правительства Свердловской области от 29.12.2010 № 1919-ПП.
4. Коммунальное хозяйство Свердловской области : стат. сб. Екатеринбург: Свердловскстат, 2011.
5. Ионин А.А. Надежность систем тепловых сетей. М.: Стройиздат, 1989. 268 с.
6. Надежность систем энергетики и их оборудования : справ. изд-е : в 4 т. Т. 4: Надежность систем теплоснабжения / Е.В. Сенинова, А.В. Смирнов, А.А. Ионин [и др.]. Новосибирск: Наука, 2000. 351 с.
7. Коммунальное хозяйство Свердловской области : стат. Сб. (шифр 12009) / Федеральная служба государственной статистики России. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Свердловской области. 2006–2010.
8. Статистика : учебник / под ред. проф. И.И. Елисевой. М.: ВИТРЭМ, 2002. 448 с.
9. Концепция реформирования жилищно-коммунального хозяйства Свердловской области на 2009–2020 годы, утвержденная Постановлением Правительства Свердловской области от 22 декабря 2008 г. № 1354-ПП.