

УДК 658.012.011/56.681

## АНАЛИЗ СТАТИСТИКИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ В Г. ДУБНА

Моисеев Евгений Юрьевич

*Аспирант;*

*ГБОУ ВО «Университет «Дубна»,*

*Институт системного анализа и управления;*

*141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19;*

*e-mail: moiseev001@rambler.ru.*

*В статье представлен обзор статистики наиболее часто встречающихся происшествий на тепловых сетях в г. Дубна. Рассматриваются различные типы аварий, – коррозии (внешняя коррозия, внутренняя коррозия, свищи, коррозии стыков трубопроводов и скользящих опор), а также аварии по причине дефектов сварных швов.*

*Рассматриваются причины появления коррозии.*

**Ключевые слова:** аварии тепловых сетей, внутренняя и внешняя коррозии, свищи, разрыв сварного стыка.

## STATISTICS ANALYSIS OF EMERGENCIES ON THERMAL NETWORKS IN DUBNA

Moiseev Evgeniy

*Aspirant;*

*Dubna State University,*

*Institute of system analysis and management;*

*141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19;*

*e-mail: moiseev001@rambler.ru.*

*The article provides an overview of the most common statistics on accidents heating networks in Dubna. Various types of accidents - corrosion (external corrosion, internal corrosion, fistulas, pipeline corrosion of joints and sliding bearings), as well as accident because of defects in the welds.*

*This article discusses the causes of corrosion.*

**Keywords:** accident, thermal networks, internal and external corrosion, fistulas, rupture of the welded joint.

## Введение

Суммарная протяженность тепловых сетей Российской Федерации в двухтрубном исчислении составляет более 183000 км. Практически вся теплосеть России унаследована от советского времени – она создавалась в период массового жилищного строительства 60-80-х годов. В начале 90-ых годов массовой застройки не было, объем и гражданского, и жилищного строительства резко сократился, и частные строительные компании перестали прокладывать новые теплосети. Новые жилые дома, которые строились после 1991 г., – были присоединены к старым теплосетям. В настоящий момент износ теплосетей во многих регионах России приблизился к 50-75%. Это становится причиной участвовавших утечек и аварий, массовых отключений теплоснабжения жилых и муниципальных зданий.

Трубопроводы наружной прокладки, как и подземные, подвержены действию агрессивных коррозионных сред.

Коррозия – это самопроизвольное разрушение металлов в результате химического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой.

Причиной коррозионных повреждений металла трубопровода или элемента тепловой сети является коррозия наружной или внутренней поверхности металла.

Анализ разрывов трубопроводов теплосетей в отопительный период показывает, что наружная коррозия стальных труб является причиной большинства аварий на теплотрассах. Проблема возникновения аварий также заключается в том, что процессы коррозии чаще всего носят локальный, неоднородный характер и без проведения специальных диагностических мероприятий такие дефекты коррозии практически не выявляются вплоть до возникновения аварии.

В случае сплошной коррозии поверхность бывает равномерно поражена. Процесс коррозии в таких случаях хорошо заметен и редко приводит к неожиданному разрушению.

Внутренняя коррозия теплопроводов вызывается, прежде всего наличием кислорода в теплоносителе. Кислород в подпиточную воду может попадать несколькими путями:

- при плохой работе деаэрационных установок<sup>1</sup>,
- через подсосы охлаждающей воды в охладителях деаэрированной воды,
- через сальниковые уплотнения на всасывающей линии подпиточных насосов,
- при аэрации<sup>2</sup> в аккумуляторных баках,
- через подсосы домовой системы отопления и горячего водоснабжения.

Наружную коррозию подземных трубопроводов по природе подразделяют на химическую, электрохимическую и электрическую (от блуждающих токов).

Химическая коррозия возникает от действия на металл различных газов и жидкостей, поступающих из окружающего грунта через изоляцию к поверхности трубы. Химическая коррозия относится к сплошной коррозии и при ней толщина стенки трубы уменьшается равномерно.

Электрохимическая коррозия возникает в результате взаимодействия металла, выполняющего роль электродов, с агрессивными растворами грунта, выполняющими роль электролита. Коррозия стали протекает в анодной зоне, где наблюдается выход ионов металла в грунт.

Электрическая коррозия возникает при воздействии на трубопровод электрического тока, движущегося в грунте. В грунт токи попадают в результате утечек из рельсов электрифицированного транспорта – их называют блуждающими. Попадая на трубопровод, они движутся по нему, а вблизи тяговой подстанции выходят из трубопровода в грунт, образуя очаги электрической коррозии.

На интенсивность протекания коррозионных процессов оказывают влияние температурный режим теплопровода, наличие влаги, кислорода и агрессивные соли и кислоты, содержащиеся в грунте.

Эксплуатация теплопроводов, проложенных в подземных каналах в условиях плохой гидроизоляции, приводит к постоянному их затоплению дождевыми, тальными и грунтовыми водами, а зачастую водами водопроводных и других трубопроводов, находящихся рядом с теплотрассой, что дополнительно ускоряет процесс коррозии. Старая теплогидроизоляционная защита тепловых труб (отечественная минеральная вата с наружным покрытием металлическим листом, асбоцементной коркой по металлической сетке или стеклотканью) со временем выходит из строя и становится малоэффективной. Потеря герметичности и разрушение изоляции способствуют накоплению влаги на поверхности металла трубопровода и со временем усиливают процессы износа материала. На коррозионные процессы влияет также воздействие таких факторов, как наличие агрессивных газов в воде (кислород, окись углерода), перепады температур, блуждающие токи. Это вызывает активную коррозию наружной поверхности стального трубопровода. Скорость коррозии на некоторых участках достигает величины выше 1 мм/год, что приводит к выходу из строя отдельных участков теплопроводов уже через 5-7 лет.

---

<sup>1</sup> Деаэрационная установка – устройство, в котором происходит удаление из воды кислорода и углекислого газа (деаэрация). Параллельно с удалением из воды растворенных газов, в деаэраторе происходит нагрев воды.

<sup>2</sup> Аэрация – естественное проветривание, насыщение воздухом, кислородом (организованный естественный воздухообмен). Аэрацией называется процесс, при котором воздух тесно контактирует с водой (жидкостью).

## Типы аварийных ситуаций

На примере города Дубна (Московская обл.) попробуем проанализировать отчеты об авариях на теплотрассах с января 2008 г. по март 2015 г.

Рассмотрим основные типы происшествий на тепловых сетях в г. Дубна (см. рис. 1).

В 5% аварий, связанных с разрывом сварного стыка, так же входят прорывы во время гидравлических испытаний, механические повреждения. Коррозия стала причиной 95% всех происшествий.

Подавляющее количество аварий на теплотрассах связано с коррозией. Основным видом повреждений в тепловых сетях по данным статистики стала внутренняя и наружная коррозия поверхности труб, приводящая к образованию в них сквозных свищей.

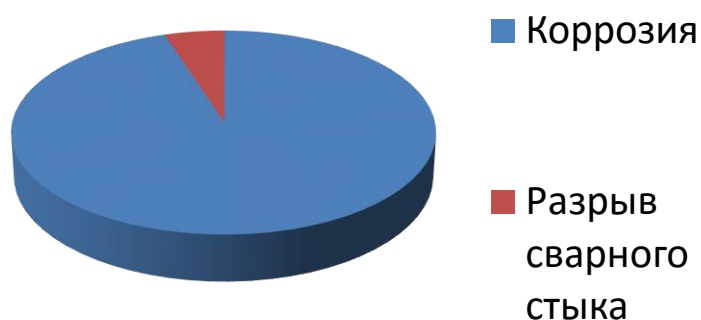


Рис. 1. основные типы происшествий на тепловых сетях в г. Дубна

Выделим появление свищей на трубах, как отдельный тип аварий, и получим, что 22% происшествий в период с 2008 по 2014 год связано именно с ними (см. рис. 2).

Свищ является следствием язвенной (точечной) коррозии. В этом случае окислительный процесс развивается только в отдельных точках поверхности металла. В таких местах образуются язвину. Локализация коррозии данного типа относится к сильной, и быстро проникающей вглубь металла. Процесс повышения температуры внутренней среды трубопровода тепловых сетей, стимулируют данный тип коррозии даже значительней, чем повышение кислотности среды. Перлитная сталь подвергается точечной коррозии под равномерным слоем окислов трехвалентного железа. Интенсивному развитию коррозии также способствуют содержащиеся в ней угольная кислота и хлориды.



Рис. 2. Происшествия в период с 2008 по 2014 год

Наружную коррозию следует отметить отдельным типом аварии, т.к. именно она развивается быстрее вследствие контакта трубопроводов с грунтовыми водами.

24% всех аварий связано с наружной коррозией.

Около 5% происшествий приходится на коррозию труб в месте скользящей опоры.

Скользящая опора – это изделие, широко применяемое в металлургической и нефтеперерабатывающей отрасли промышленности при прокладке и монтаже надземного трубопровода в местах, где требуется перемещение труб вдоль своей оси при зафиксированном их плоскостном положении на определенном участке трубопровода.

Они могут использоваться в сочетании с неподвижными или, иными словами, мертвыми опорами, которые обеспечивают стойкость и неподвижность трубопровода надземной прокладки.

Скользящая опора, необходима для удобства проектировки и строительства трубопровода непосредственно перед вводом в здание, оптимизируя маршрут прокладки, либо при технологической необходимости проекта. Основной задачей таких опор является минимизация силового воздействия и нагрузок на трубы при их перемещении вдоль оси.



Рис. 3. Скользящая опора

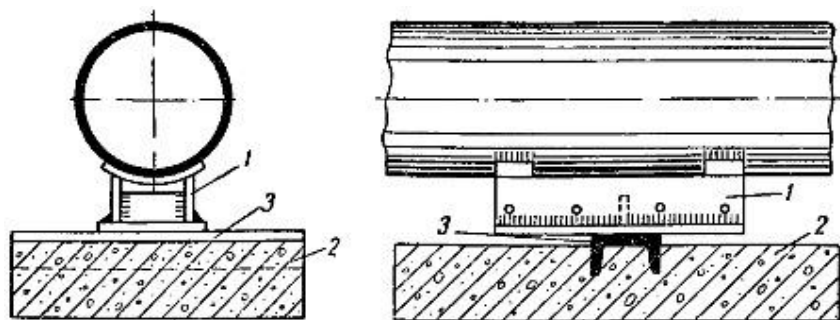


Рис. 4: 1 – башмак (или корпус опоры); 2 – опорная подушка из неармированного бетона (для труб малого, диаметра) или железобетона; 3 – металлическая подкладка

Сползание трубопроводов со скользящих опор приводит к повышенным весовым нагрузкам, что способствует прогибу труб и, как следствие, в местах максимального прогиба – к усиленной коррозии. Язвенная коррозия и трещины коррозионной усталости на внутренней поверхности трубы в районе приварки «башмаков» (см. рис. 4), как правило, из-за приварки их электродами  $\varnothing 5$  мм при высоких значениях сварочного тока.

Аварии, связанные с дефектом сварного шва и коррозией стыков трубопроводов составляют в сумме 12%.

Дефектами сварных швов называются различные отклонения от требований чертежа и технических условий, ухудшающие качество сварного соединения: его механические свойства, герметичность и пр. Причинами дефектов могут являться неудовлетворительная свариваемость металла, плохое качество электродов, покрытий и флюсов, неправильные технология и режим сварки, недостаточная квалификация сварщика и др. По месту расположения в шве дефекты могут быть внешними и внутренними.

Степень влияния дефектов на прочность изделия зависит от их формы, глубины и расположения по отношению к действующим усилиям. Наиболее опасны вытянутые дефекты с острыми очертаниями, менее опасны – дефекты округлой формы. Чем больше глубина дефекта, тем сильнее его влияние на прочность соединения. В ответственных конструкциях недопустимы дефекты, глубина которых превышает 5-10% толщины основного металла. Дефекты, расположенные перпендикулярно растягивающему усилию, более опасны, чем расположенные параллельно или под небольшим углом к главному действующему усилию. Поэтому самое отрицательное влияние на прочность сварных соединений оказывают, например, такие дефекты, как трещины, расположенные по оси шва, узкие и глубокие непроваренные места.

При контакте с агрессивной средой сварные соединения в первую очередь подвержены химической и электрохимической коррозии.

### **Типы аварий в зависимости от времени**

Посмотрим выделенные типы аварий на теплотрассах в г. Дубна в зависимости от времени (см. рис. 5).



Рис. 5. График частоты типов аварий

График на рис. 5 показывает зависимость количества отказов определенного типа аварий от времени. Однозначно можно лишь сказать, на протяжении семи лет происшествия, связанные с типом «внутренняя и внешняя коррозия» были постоянны. Наружная коррозия трубопроводов образуется в первую очередь из-за контакта с грунтовыми водами и часто является причиной общей коррозии.

Особенно быстро выходят из строя трубы малых диаметров, стенки которых имеют небольшую толщину.

Увлажнению изоляции в условиях высокой влажности в непроходных каналах также способствует отключение теплопроводов, которое приводит к охлаждению воздуха и выделению из него влаги (конденсата).

Внутриквартальные сети обычно чаще подвержены коррозии, чем магистральные, из-за отсутствия дорожного покрытия и попадания в каналы поверхностных вод. Для защиты теплопроводов от затопления ливневыми и талыми водами необходимо постоянно следить за планировкой и состоянием поверхности земли по всей трассе тепловой сети, производя своевременно подсыпку земли и ремонт наружного покрытия. Не допускается образование над каналом водяных линз из-за просевшего грунта. Опасен также застой просочившейся воды под канал при глинистом грунте.

При расположении трубопроводов вблизи источников блуждающих токов (трамвайные пути, электрические железные дороги и пр.) возникает опасность интенсивной коррозии наружной поверхности трубопроводов. Для контроля за внешней коррозией трубопроводов блуждающими токами все подземные теплопроводы следует не реже одного раза в три года проверять электроразведкой. Контрольная проверка участков, на которых обнаружена коррозия, производится не реже одного раза в год.

Основной причиной коррозии внутренней поверхности трубопроводов является присутствие в воде растворенного кислорода; наличие в воде растворенной углекислоты усиливает этот процесс.

Трубопроводы горячего водоснабжения питаются водопроводной водой (обычно без обработки), такая вода насыщена кислородом, который выделяется при нагревании.

Скорость коррозии прямо пропорциональна повышению температуры воды. Например, при ее повышении с 50 до 80° С скорость коррозии возрастает на 35%.

Оцинкованные стальные трубы, применяемые в горячем водоснабжении, имеют повышенную антикоррозионную стойкость по сравнению с черными стальными трубами, но уязвимым местом являются их соединения в случае нарушения прочности оцинкованного покрытия при нарезке резьбы на трубопроводе или во время сварки.

Старые трубы или часть их могут быть использованы после тщательной проверки толщины стенок и очистки от коррозионных пленок. Как временную меру можно применить «хомут» с укладкой на пораженное место листа термостойкой резины толщиной 6-8 мм. Хомуты из листового железа должны быть заготовлены заранее на все диаметры труб.

### Типы аварий в зависимости от места

Посмотрим, в каких местах в г. Дубна случались выделенные типы аварий (см. рис. 6).

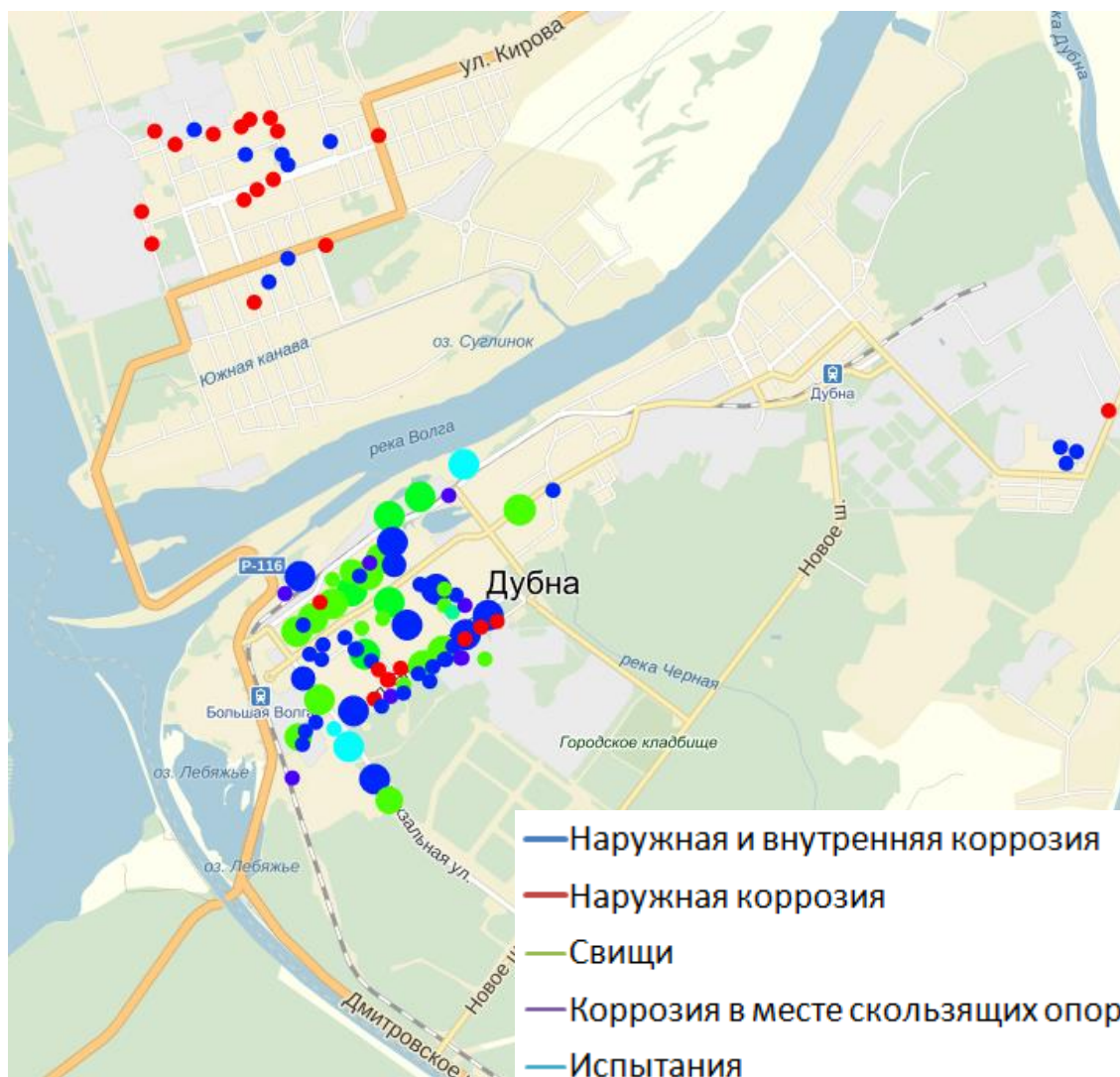


Рис. 6. Выделенные типы аварий в г. Дубна

Из рис. 6 видно, что в целом аварий на теплотрассах случилось значительно больше в районе «Большая Волга», чем в районе «Левый берег». Наибольшее количество происшествий по вине «свищей» произошло на улице Правды, где советская застройка чередуется с новыми зданиями. Улица Энтузиастов стала второй по аварийности улицей, в которой трубы проржавели намного сильнее не только из-за изношенных труб, но из-за контакта с грунтовыми водами. Застройка в районе «Левый берег» в целом старше, чем в районе «Большая Волга». На улицах Тверская, Хлебозаводская, Володарского и Жуковского над авариями по вине общей коррозии преобладает тип «наружная коррозия». Из этого можно сделать вывод, что почва в районе левого берега более влажная.

Следует отметить, что аварий на одной из самых главных улиц города, – ул. Боголюбова, за 7 лет случилось совсем немного. Возможно, это связано с постоянной застройкой новыми зданиями и как следствие, – постоянной заменой старых участков труб новыми.

Аварии на теплотрассах на улицах Векслера, Флерова, Мещерякова, Инженерная, Мира, Молодежная, Высоцкого, Строителей за последние три года были не частыми по сравнению с другими участками города, где стоит множество жилых домов. Коррозию в месте скользящих опор параллельно железнодорожным путям можно объяснить тем, что они проходят в непосредственной близости к воде, и влажность почвы там особенно высокая.

Итак, на примере Дубны можно выделить следующие факторы, влияющие на аварийность: старая гидроизоляция труб и постоянное затопление дождевыми и грунтовыми водами, в следствие чего происходит накопление влаги на поверхности металла и возникает коррозия.

## **Заключение**

Получение сведений об объектах в привязке к пространственным данным, необходимо для анализа утечек на инженерных сетях.

Трудность борьбы с коррозией осложняется тем, что в подземных теплопроводах, проложенных в непроходных каналах, невозможно определить состояние труб без вскрытия каналов и снятия тепловой изоляции. Помощь в обнаружении коррозии может оказать гидравлическое испытание при избыточном давлении. Говоря о причине аварий сварных стыков, помимо коррозии, частным случаем является плохое качество сварки. Качество сварных швов должно проверяться в соответствии со специальной инструкцией.

Безаварийная эксплуатация тепловых сетей во многом зависит от своевременного планово-предупредительного ремонта теплопроводов. Для этого требуется тщательно продуманная организация профилактических ревизий по разработанному графику. Необходимо, чтобы тепловые сети были паспортизированы по исполнительным чертежам.

## **Список литературы**

1. Анализ геопро пространственных данных. – [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Геоинформационная\\_система](https://ru.wikipedia.org/wiki/Геоинформационная_система).
2. Внутренняя коррозия трубопроводов – причины, механизм и способы защиты. – [Электронный ресурс]. URL: <http://oiloot.ru/84-oborudovanie-truby-materialy-dlya-nefti-i-gaza/446-vnutrennyaya-korroziya-truboprovodov-prichiny-mekhanizm-i-sposoby-zashchity>.
3. Города в 21 веке (Портал энергосбережения) – [Электронный ресурс]. URL: <http://esco.co.ua/journal/cities/>.
4. Основные источники потерь в тепловых системах и способы их устранения. – [Электронный ресурс]. URL: [http://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=181](http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=181).
5. Коррозия – приговор или диагноз? К вопросу технической диагностики тепловых сетей устранения. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.strategnk.ru/section/66/>.
6. Коррозия деталей котлов и турбин и методы борьбы с ней. – [Электронный ресурс]. URL: [http://ktodelaetremont.ru/remont\\_i\\_otdelka/biblioteka/metalli\\_v\\_stroitelstve/46.php](http://ktodelaetremont.ru/remont_i_otdelka/biblioteka/metalli_v_stroitelstve/46.php).



7. Деаэратор: устройство и основные элементы. – [Электронный ресурс]. URL: <http://kotlotech.ru/deaerator-ustrojstvo>.
8. Защита тепловых сетей от наружной коррозии. – [Электронный ресурс]. URL: <http://msd.com.ua/teplosnabzhenie/zashhita-teplovyx-setej-ot-naruzhnoj-korrozii/>.
9. Атлас – справочник по характерным повреждениям и дефектам трубопроводов тепловых сетей. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rosteplo.ru/soc/blog/teploset/15.html>.
10. Какие причины могут привести к повреждениям тепловой сети. – [Электронный ресурс]. URL: [http://teplocat.net/faq/ct\\_37.php](http://teplocat.net/faq/ct_37.php).