

## АНАЛИЗ ОТКАЗОВ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ Г.МИНСКА

М.М.ТИХОНОВ, А.Д.БУЛВА

ГУО «Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь»  
ул. Машиностроителей, 25, г. Минск, 220118, Республика Беларусь

*Поступила в редакцию*

**Аннотация.** Проведен анализ технического состояния сетей водоснабжения в г.Минске, выполнен анализ факторов, влияющих на риск возникновения аварийных ситуаций. Получены аналитические соотношения для прогноза интенсивности отказов городских сетей водоснабжения в зависимости от диаметра и материала труб. Предложен вариант использования полученных зависимостей в практических целях.

*Ключевые слова:* авария, водоснабжение, интенсивность отказов, риск, сети, статистика, чрезвычайная ситуация.

**Abstract.** The article discusses the technical condition of water supply networks in Minsk. It analyzed the factors influencing on their technical condition and lead to a crash. It were obtained analytical relations for predicting the failure rate of urban water supply networks, depending on the diameter and pipe material. Also provided is the option of using the received dependences for practical purposes.

*Keywords:* accident, water supply, failure rate, risk, network, statistics, emergency.

### Введение

В Беларуси, как и в большинстве стран СНГ, для проектирования и строительства объектов водоснабжения и водоотведения до сих пор используется нормативная база 70-80 гг. бывшего СССР, которая является устаревшей, и которая в полной мере не отвечает современным требованиям охраны здоровья населения, экологической и инженерной безопасности [1].

В результате физического износа трубопроводов и арматуры ежегодно имеет место тенденция увеличения количества прорывов, отключений и аварий, а, следовательно, и потеря воды.

Как показывает практика, особые сложности создают аварии на главных магистральных сетях систем водоснабжения, которые приводят к серьезным техногенным последствиям, на длительное время нарушающим условия водоснабжение части территорий города, оставляя без воды население.

В соответствии с классификатором чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС), действующим в Республике Беларусь, указанные события идентифицируются, как чрезвычайные. При этом к ЧС локального уровня относится перерыв в водоснабжении на срок более 24 часов и снижении подачи воды на 15 суток, а при перерыве водоснабжения на срок более суток либо снижении подачи воды на срок более 20 суток – ЧС местного уровня [2].

Срок эксплуатации водопроводных сетей, являющихся основным элементом систем водоснабжения, для большинства городов Республики Беларусь составляет около 40–50 лет. Это говорит о том, что они выработали свой технически допустимый амортизационный срок, гарантирующий их надежную эксплуатацию, около 60% водопроводных сетей находятся в ветхом состоянии (для г. Минска это значение составляет 54%).

Учитывая указанные обстоятельства, представляется целесообразным проведение анализа отказов городских сетей водоснабжения.

При разработке планов мероприятий по восстановлению инфраструктурных сетей жизнеобеспечения необходимо использовать показатели надежности, которые позволяют

прогнозировать работу ремонтно-восстановительных служб, составы рабочих бригад, предусматривать потребный парк машин, механизмов и запасных частей. В целом, это позволит существенно повысить эффективность работы служб, ответственных за эксплуатацию инфраструктурных систем жизнеобеспечения населения, что окажет положительное влияние на надежность этих систем и создаст условия для улучшения доступа населения к водопроводной питьевой воде и средствам водоотведения.

В качестве объекта исследования приняты отказы наружных сетей водоснабжения г. Минска.

### Основная часть

Для оценки нарушений в работе выполнен анализ более 1000 аварий, произошедших на сетях питьевого водоснабжения на территории г. Минска, который показал, что 77% из них приходится на трубопроводы, выполненные из чугуна (рис.1), что составляет 70% длины всех трубопроводных сетей, причем 41% связан с разрывом швов и 44% – с деформацией почвы (рис. 2).

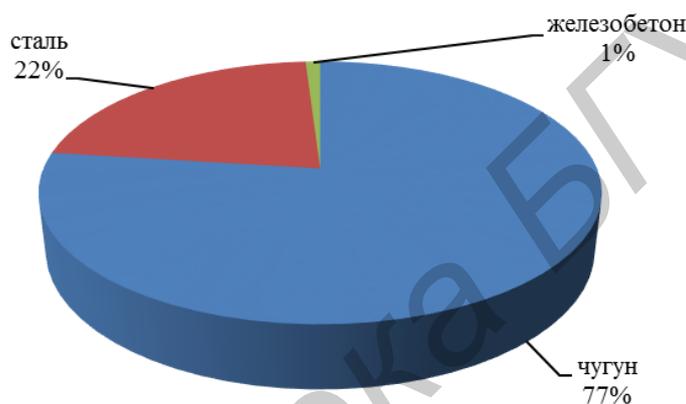


Рисунок 1 – Статистика аварий на водопроводных сетях по материалам труб

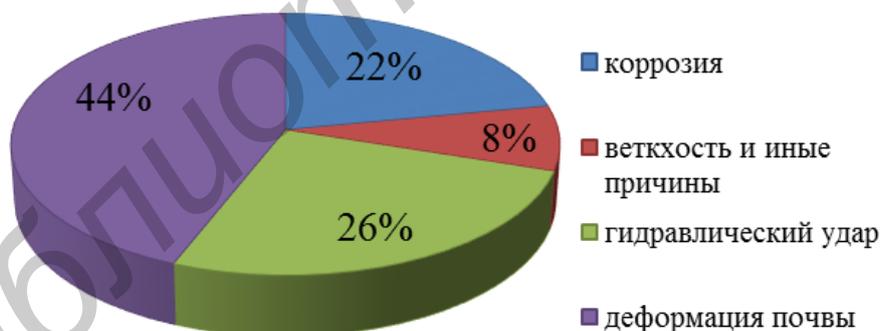


Рисунок 2 – Статистика аварий на водопроводных сетях по причинам возникновения

Основные факторы, влияющие на техническое состояние водопроводных сетей и сооружений, являются [3]:

динамические нагрузки, вызванные движением транспорта и перекачиваемой жидкостью, в том числе гидравлическими ударами;

деформация почвы, вызываемая замерзанием, оттаиванием и просадкой земной поверхности;

коррозия, вызываемая внешними (агрессивные подземные воды, почва и т.д.) и внутренними (агрессивность воды) причинами;

низкое качество строительно-монтажных и эксплуатационных работ.

Значительное негативное влияние на техническое состояние водопроводных сетей и сооружений на них оказывают выполнение строительства и ремонт дорог с отклонением от

проектных решений. Увеличение динамических нагрузок на водопроводную линию или сооружение в сочетании с нарушениями требований по их прокладке приводит к возникновению аварийных ситуаций.

Нарушения сварных швов являются наиболее частыми явлениями (примерно 36% от всех аварий); разломы (21%) и отверстия (17%) занимают второе и третье места.

Причины аварий на трубопроводах свидетельствуют, что разрывы швов в большинстве случаев (примерно в 80% случаев) происходят в результате гидравлического удара, а возникновение сквозных отверстий связано с коррозией материала трубопроводов (85%). Здесь же следует отметить, что основной причиной трещин и разломов в трубопроводах стала деформация почв. Статистика повреждений в результате гидравлического удара свидетельствует, что аварии этого вида характерны для труб малого диаметра (до 300 мм). Здесь же следует отметить, что аварийность для труб большого диаметра (1000 – 1200 мм) значительно ниже, чем для труб среднего диаметра. Однако аварии на трубах большого диаметра, наносят большой ущерб безопасности работы систем водоснабжения. Повреждения дорожных покрытий, размывы объемных котлованов, ущерб рядом проходящим инженерным коммуникациям, большие потери воды создают дополнительные сложности в локализации поврежденных участков и приводят к нарушению водоснабжения. Как правило, эксплуатационные сроки восстановления таких трубопроводов не выдерживаются.

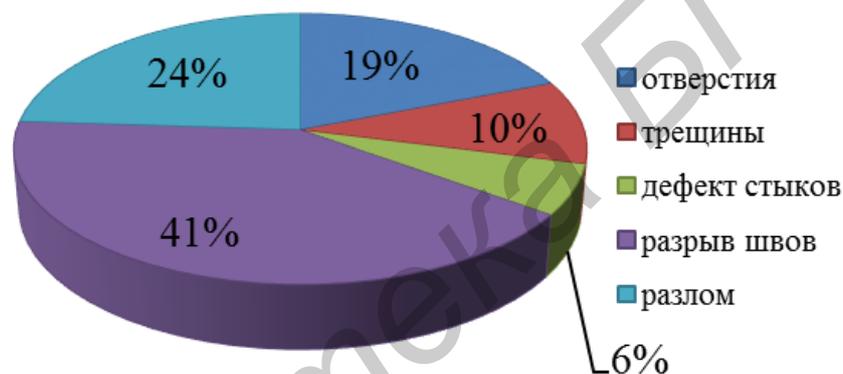


Рисунок 3 – Статистика видов аварий на водопроводных сетях

Анализ статистических данных по авариям на сетях водоснабжения позволил получить аналитические соотношения для прогноза интенсивности отказа Минских сетей водоснабжения в зависимости от диаметра и материала труб, из которых они изготовлены (рис.4-5).

Так, аппроксимируя статистические данные рис.4, интенсивность отказов в год на 10 км для стальных труб в зависимости от диаметра может быть определена по формуле:

$$\lambda(D) = 432,35 \cdot D^{-0,866} \quad (1)$$

где  $\lambda(D)$  – интенсивность отказов в год в зависимости от диаметра труб, ав/(год×10 км);

$D$  – диаметр водопровода, мм.

Аппроксимируя статистические данные рис.5, интенсивность отказов в год на 10 км для чугунных труб в зависимости от диаметра может быть определена по формуле:

$$\lambda(D) = 708,87 \cdot D^{-0,991} \quad (2)$$

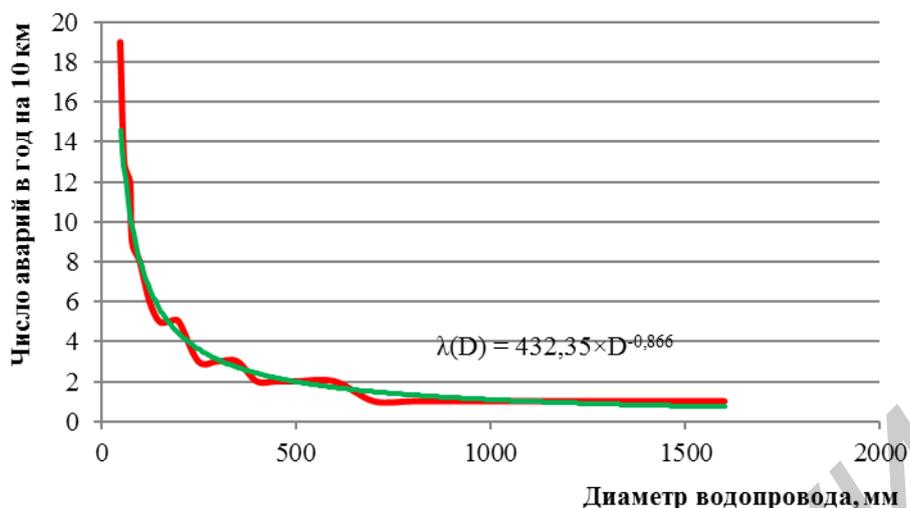


Рисунок 4 – Интенсивность отказов на водопроводных сетях (на 10 км в год) из стальных труб в зависимости от диаметра

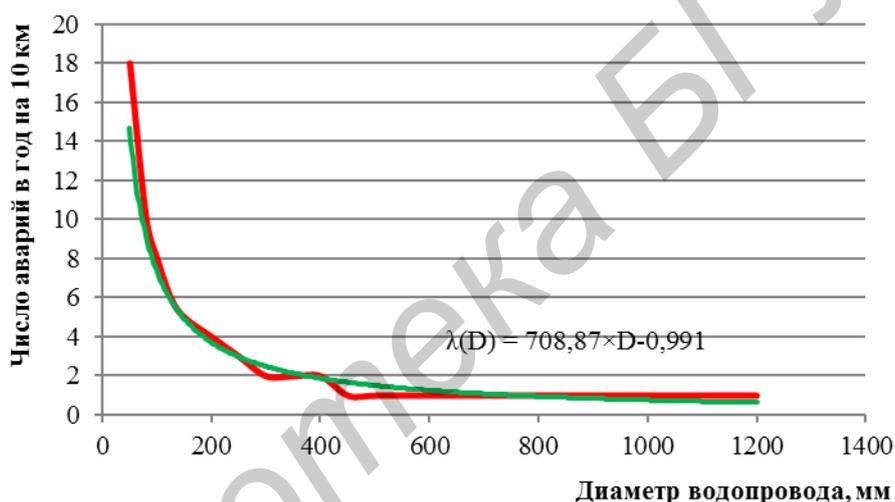


Рисунок 5 – Интенсивность отказов на водопроводных сетях (на 10 км в год) из чугунных труб в зависимости от диаметра

### Заключение

Выполненный анализ аварийных ситуаций на линейной части систем водоснабжения г. Минска позволил охарактеризовать состояние, а также фактический уровень надежности и риска возникновения аварий. Приведенные данные свидетельствуют о наличии серьезных проблем в эксплуатации сетей водоснабжения, а также наличии необходимости принять профилактические меры, направленные на минимизацию возможных последствий в результате чрезвычайных ситуаций.

Полученные зависимости для характеристики интенсивности отказов позволяют планировать возможный объем ремонтно-восстановительных работ на год, определять запас материально-технических ресурсов, необходимый для устранения аварий, а также прогнозировать возможные последствия от аварий.

Величина интенсивности отказов, изменяющаяся из года в год в зависимости от состояния сетей водоснабжения, может также служить критерием эффективности проводимых профилактических и ремонтных мероприятий соответствующими службами города.

## Список литературы

Седлухо Ю.П. Проблемы водоснабжения и водоотведения малых населённых пунктов. Опыт Беларуси [Электронный ресурс]. URL: <http://polymercon.com/publications/survey/problems-of-water-supply-and-sanitation-small-neseleennyh-points-the-experience-of-belarus/> (дата обращения: 11.11.2016).

Захарович М.Б. Повышение надежности работы систем водоснабжения на основе внедрения безопасных форм организации их эксплуатации и строительства: учеб, пособие / М.Б.

Захаревич, А.Н. Ким, А.Ю. Мартыанова; СПбГАСУ. – СПб., 2011. – 62 с.

О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера:

постановление МЧС Респ. Беларусь от 19 фев. 2003 г. № 17 // Консультант Плюс: Беларусь. Технология ПРОФ [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац.центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.

## References

1. Sedluho YU.P. Problemy vodosnabzheniya i vodootvedeniya malyh naselyonnyh punktov. Opyt Belarusi [Elektronnyj resurs]. URL: <http://polymercon.com/publications/survey/problems-of-water-supply-and-sanitation-small-neseleennyh-points-the-experience-of-belarus/> (data obrashcheniya: 11.11.2016).

2. O klassifikacii chrezvychajnyh situacij prirodnogo i tekhnogenogo haraktera: postanovlenie MCHS Resp. Belarus' ot 19 fev. 2003 g. № 17 // Konsul'tant Plyus: Belarus'. Tekhnologiya PROF [Elektronnyj resurs] / ООО «YUrSpektr», Nac.cent. pravovoj inform. Resp. Belarus'. – Minsk, 2016.

3. Zaharovich M.B. Povyshenie nadezhnosti raboty sistem vodosnabzheniya na osnove vnedreniya bezopasnyh form organizacii ih ehkspluatatsii i stroitel'stva: ucheb, posobie / M.B. Zaharevich, A.N. Kim, A.YU. Mart'yanova; SPbGASU. – SPb., 2011. – 62 s.

### Сведения об авторах

Тихонов М.М., к.т.н., доцент, начальник кафедры гражданской защиты ГУО «Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь»

Булва А.Д., доцент кафедры гражданской защиты ГУО «Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь»

### Адрес для корреспонденции

220118, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25, ГУО «Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь»  
Тел. +375-29-118-12-18;  
e-mail: Bulva@list.ru  
Булва Александр Дмитриевич

### Information about the authors

Tsikhnanau M.M, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Department of Civil Protection of the University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus

Bulva A.D., Associate Professor at the Department of Civil Protection of the University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus.

### Address for correspondence

220118, Republic of Belarus, Minsk, ul. Mashinostroiteley, 25, State Educational Institution «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus»  
tel. +375-29-118-12-18;  
e-mail: Bulva@list.ru  
Bulva Aliaksandr