Для сохранения здоровья персонала и улучшения условий труда предусмотрено добровольное медицинское страхования (ДМС).

1. Андрюшин А.В., Сабанин В.Р., Смирнов Н.И., Управление и инноватика в теплоэнергетике. — М: МЭИ, 2011. — С. 15. — 392 с.
2. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности
3. Кудинов, В. А. Теплотехника / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк. - М.: Абрис, 2014. - 424 с.
4. Официальный сайт Росстата <https://www.gks.ru/>
5. Плетнев Г.П. Автоматизированное управление объектами тепловых электростанций: Учеб. пособие. - М.: Энергоиздат, 1981. - с. 14-15
6. Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок. - М.: ДЕАН, 2015. - 256 с.
7. Производственный травматизм, условия труда. <https://www.gks.ru/>
<https://www.gks.ru/folder/11110/document/13264>(обращение 27.06.2020)
8. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03
9. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
10. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
11. Трудовой кодекс Российской Федерации
12. Яковлев, Б. В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения / Б.В. Яковлев. - М.: Новости теплоснабжения, 2008. - 448 с. Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок. - М.: ДЕАН, 2015. - 256 с.

Журавлева Д.Д., Марьин М.Д.

Анализ нештатных режимов работы тепловых пунктов

*Сибирский федеральный университет
(Россия, Красноярск)*

doi: 10.18411/lj-07-2020-54

idsp: ljjournal-07-2020-54

Аннотация

Рассмотрены нештатные ситуации на тепловых пунктах (наиболее опасными из которых являются гидравлические удары) и способы их ликвидации, приведены обзор и сравнение существующих устройств для защиты трубопроводов от гидравлического удара, возникающего вследствие резкого изменения величины давления жидкости в трубопроводе.

Ключевые слова: тепловая сеть, теплоснабжение, трубопровод, тепловой пункт, гидравлический удар, защита трубопровода, полезная модель.

Abstract

Abnormal situations at thermal points (the most dangerous of which are hydraulic shocks) and ways to eliminate them are considered. The review and comparison of existing devices for protecting pipelines from hydraulic shock resulting from a sharp change in the value of liquid pressure in the pipeline is given.

Keywords: heat network, heat supply, pipeline, heat point, hydraulic shock, pipeline protection, utility model.

Бесперебойная подача тепла потребителям является одной из основных задач системы теплоснабжения. Причиной нарушения нормальной работы тепловой сети и тепловых вводов могут стать повреждения оборудования или трубопроводов системы.

Теоретические основы расчёта теплогидравлических режимов тепловых сетей и теплофикационных вводов в нерасчётных условиях изложены в монографии [2]. Результаты математического моделирования [3] и натурных экспериментальных

замеров [4, 5] определяют факторы, вызывающие возможность развития нештатных ситуаций в режимах работы тепловой сети, одним из которых, вызывающий повреждения трубопроводов, является гидравлический удар, представляющий собой скачкообразное изменение напора жидкости в трубопроводе при резком изменении скорости потока.

Важной задачей является предотвращение гидравлического удара или снижение давления в трубопроводе после его возникновения. Резкое прикрытие клапана или отключение насосов могут привести к гидравлическому удару в сети. На данный момент существуют регулирующие клапаны, управляемые электрическими приводами, которые контролируют скорость перемещения штока. При установке медленного привода гидравлические удары в системе не образуются. Но возможность их возникновения остается, так как чаще всего причиной гидравлического удара становится аварийное или неподготовленное специальными мероприятиями отключение электропитания приводных двигателей насосов [7].

Последствиями гидравлического удара могут быть разрушение трубопровода, поломка арматуры, насосов или другие нарушения работы установок. Появлению данной проблемы предшествуют различные щелчки и стук, посторонний шум в трубопроводах. Гидравлический удар может возникнуть как при повышении, так и при понижении напора.

Давление гидравлического удара рассчитывается по формуле Жуковского [1]:

$$p_y = a w \rho,$$

где a – скорость звука в воде; w – скорость воды до торможения; ρ – плотность воды.

Суммарное давление определяется по формуле:

$$p_c = p \pm p_y$$

где p – давление при стабильном режиме; p_y – давление гидравлического удара.

К типичным от гидравлического удара повреждениям при повышении давления можно отнести разрыв трубы, повреждение крепежных устройств, насосов, трубопроводной арматуры. При понижении давления возможно смятие стальных тонкостенных и пластиковых труб, подсос грязной воды или воздуха через соединения или места утечки.

Так в декабре прошлого года в поселке Новый путь в районе г. Железногорск Красноярского края произошло аварийное отключение электроэнергии, что привело к гидравлическому удару в тепловой сети, в результате которого произошли прорыв сетей и сбой теплоснабжения в поселке. Из-за случившейся аварии жители остались без тепла ночью, при температуре наружного воздуха ниже -30°C , они были эвакуированы до восстановления теплоснабжения в поселке.

В статье [8] представлено аналитическое решение гиперболического уравнения, которое описывает распределение давления жидкости по длине трубопровода при гидравлическом ударе. Показано, что процесс скачкообразных колебаний давления происходит с затухающей по экспоненциальной зависимости амплитудой до полного прекращения колебаний.

Графики давления при гидравлическом ударе представлены в [6]. Представлены графики изменения давления во времени на незащищенной насосной станции и на насосной станции защищенной клапаном. На графиках видно, при применении клапана скачок давления в трубопроводе снижается.

В [9] представлена компьютерная модель гидравлического удара в элементах трубопровода. Моделирование выполнено в CAD-системе SolidWorks. В результате определены величины давлений и скорости потока жидкости в различных точках в определенный момент времени. Сделан вывод, что автоматизированное проектирование позволяет сократить период проектирования изделий и снизить финансовые затраты на их производство.

Проведены сравнение и подбор систем защиты трубопроводов от гидравлического удара в [7]. В результате рассматриваемые системы защиты разделены на две группы: предупреждающие возникновение ударного давления и гасящие давление возникнувшего гидроудара. Наиболее эффективными названы способы, которые уменьшают давление, благодаря уменьшению скорости воды в трубе; снижению упругости жидкости, созданию подпора в области пониженного давления в начале возникновения гидравлического удара. Предложены четыре варианта сочетания способов защиты.

В данной статье приводится обзор полезных моделей для защиты трубопроводов от гидравлического удара запатентованных за последние 5 лет.

Полезная модель [8] предназначена для защиты труб от пульсации давления внутри них, в частности для гашения гидроударов и может использоваться в системах, которые транспортируют жидкую среду под высоким давлением.

Рисунок 1 – Устройство для гашения пульсации давления в трубопроводах
1 - входной патрубок; 2 - отводной патрубок; 3 - полный непроточный демпфирующий элемент; 4 - гидравлический узел с цилиндрической камерой; 5 - фланцевое соединение; 6 - предохранительная разрушающаяся мембрана.

Когда нет гидравлических ударов жидкость протекает через входной патрубок 1, изливается в цилиндрическую камеру гидравлического узла, а затем продолжает движение через отводной патрубок 2. Это первый режим эксплуатации.

Во втором режиме, при появлении гидроударов, жидкость протекает через входной патрубок 1 и вследствие резкого повышения давления в системе, воздействует на предохранительную разрушающуюся мембрану 6. При возникновении давления, превышающего допустимое, предохранительная мембрана 6 разрушается. После этого жидкость начинает заполнять полный непроточный демпфирующий элемент 3, тем самым гасится гидроудар.

За счет фланцевого соединения возможно отсоединение демпфирующего элемента для его ремонта, замены или обслуживания.

Так же, благодаря отсутствию в устройстве перфорированных элементов, демпфирующий элемент не засоряется и почти не изнашивается, что повышает

показатели безотказности. Таким образом, данное устройство для гашения пульсации давления в трубопроводах обеспечивает повышение показателей надежности.

Следующая полезная модель [11] относится к оборудованию трубопроводных систем. Представленный гаситель гидроударов практически не увеличивает гидравлическое сопротивление. Суть работы данного устройства заключается в том, что часть энергии жидкости при гидроударе преобразуется в энергию упругой деформации кольцевой резиновой вставки, вследствие чего колебания давлений и механические напряжения в стенках трубопровода уменьшаются до безопасных значений. Использование данного устройства увеличивает надежность давления жидкости в трубопроводе за счет уменьшения амплитуд колебаний.

Устройство для защиты тепловой сети от гидроудара [12] представляет собой амортизирующий участок, который установлен между жесткими трубами циркуляции горячей воды. Этот амортизирующий отрезок выполнен из эластичного пластика или армированного термостойкого каучука, с сигнальным датчиком утечки воды.

При изменении давления теплоносителя в трубопроводе выше нормального значения амортизирующий участок деформируется, а сигнальный датчик утечки воды обеспечивает обработку информации о состоянии теплосети. Если контролируемый параметр выходит за допустимые значения, то датчик обрабатывает соответствующую команду (сигнал).

Данное устройство подходит для применения в тепловых сетях и общественных зданиях.

В заключении можно сказать, что рассмотренные модели не предотвращают гидравлический удар, но снижают давление в трубопроводе после его возникновения. Их использование поможет защитить элементы трубопровода от повреждений и сбоев работы системы теплоснабжения. За последние 5 лет было зарегистрировано не так много полезных моделей для защиты трубопроводов и элементов систем от гидравлического удара. Данной проблеме необходимо уделить больше внимания, так как она может оставить жителей без тепла в домах, а бесперебойная доставка тепла к потребителям – главная задача теплоснабжения.

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов [Текст] – 7-е изд., стереот. М.: Издательство МЭИ. – 2001. – 472 с.
2. Липовка Ю.Л. Тепловые и гидравлические режимы теплофикационных вводов с неоднородной нагрузкой / [Текст] Ю.Л. Липовка Монография – Красноярск: Изд-во Красноярский государственный университет – 1991 – 216 с.
3. Липовка Ю.Л. Математическое моделирование систем теплоснабжения с обеспечением устойчивого энергосбережения / [Текст] Ю.Л. Липовка // Энергосбережение и водоподготовка – 2002 – №1 – С.89-92.
4. Липовка Ю.Л. Экспериментальное изучение потокораспределения на автоматизированных тепловых пунктах / [Текст] Ю.Л. Липовка, В.И. Панфилов // Энергосбережение и водоподготовка – 2008 – №2 – С.52-54.
5. Липовка Ю.Л. Гидравлическая устойчивость в условиях неравномерной автоматизации систем теплоснабжения / [Текст] Ю.Л. Липовка, Д.А. Калабин // Энергосбережение и водоподготовка – 2018 – №3(113) – С.19-24.
6. Газаров А.Р. Гидравлический удар в трубопроводах: расчет и предотвращение / [Текст] А.Р. Газаров, Р.А. Колосов, Е.И. Ховрина // Известия тульского государственного университета. Технические науки – 2019 – №12 – С.557-559.
7. Паламарчук Н.В. Защита высоконапорных трубопроводных систем и насосных установок от гидравлических ударов / [Текст] Н.В. Паламарчук, Ю.В. Тимохин, А.П. Соломин // Сборник научных трудов донецкого института железнодорожного транспорта – 2018 – №48 – С.46-60.
8. Карташов Э.М. Получение точного аналитического решения гиперболического уравнения при гидравлическом ударе в трубопроводе / [Текст] Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк, С.В. Колесников, А. Н. Бранфилова, Г.Н. Максименко // Вестник самарского государственного технического университета. Серия: технические науки – 2017 – №3(55) – С.85-97.
9. Нерода М.В. Компьютерное моделирование гидравлического удара в элементах трубопровода / [Текст] М.В. Нерода, О.И. Наранович, А.В. Шах // Вестник брестского государственного технического университета. Машиностроение – 2015 – №4(94) – С.22-25.

10. Пат. 188308 Российская Федерация, МПК F16L 55/045 Устройство для гашения пульсации давления в трубопроводах / В.С. Игнатчик, С.В. Саркисов, В.А. Валуйский, П.В. Винокуров, А.А. Сорокин, Г.А. Ершов, В.А. Вакуненко; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования "Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева" Министерства обороны Российской Федерации № 2018136316; заявл. 15.10.2018, опубл. 05.04.2019, Бюл. № 10 – 6с.
11. Пат. 194383 Российская Федерация, МПК F16L 55/054 Гаситель гидроударов для трубопровода / А.Е. Зарянкин, В.А. Зарянкин, А.А. Кочерова, О.В. Злышко, И.И. Комаров; заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ" (ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ") № 2019126352; заявл. 21.08.2019, опубл. 09.12.2019, Бюл. № 34 – 5с.
12. Пат. 154098 Российская Федерация, МПК F16L 55/02 Устройство для защиты тепловой сети от гидроудара / В.Н. Соколова, В.А. Хлебников, С.А. Васюнин, А.Н. Чупрякова; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Поволжский государственный технологический университет" № 2014128684/28; заявл. 11.07.2014, опубл. 10.08.2015, Бюл. № 22 – 7с.

Иванова К.И., Пахомова А.Д.

Гидравлический режим тепловой сети при отключении одного из потребителей

*Сибирский федеральный университет
(Россия, Красноярск)*

doi: 10.18411/lj-07-2020-55

idsp: ljournal-07-2020-55

Аннотация

Рассмотрена гидравлическая устойчивость тепловой сети при изменении гидравлического режима, связанного с отключением отдельных потребителей тепловой энергии.

Ключевые слова: теплоснабжение, гидравлические режимы, гидравлическая устойчивость, пьезометр, гидравлическое сопротивление, располагаемые перепады давления

Abstract

The hydraulic stability of the heating network under a change in the hydraulic regime associated with the disconnection of individual consumers of thermal energy is considered.

Keywords: heat supply, hydraulic modes, hydraulic stability, piezometer, hydraulic resistance, disposable pressure drops

Централизованное теплоснабжение – важнейшая энергетическая отрасль, влияющая на энергетическую, экономическую и социальную структуру.

По опыту эксплуатации при различной степени автоматизации потребителей тепловой энергии, происходит перерасход теплоносителя в тепловой сети [1].

Для правильной регулировки отпуска теплоты и сокращения расхода теплоносителя используют различные схемы подключения абонентов к тепловой сети [2, 3]. Колебания гидравлических режимов в тепловой сети является одной из главных причин гидравлической устойчивости [4, 5].

Повышение гидравлической устойчивости напрямую влияет на уменьшение потребления ресурсов на источнике теплоснабжения и увеличивает энергоэффективность систем [6, 7].

Для гидравлической устойчивости необходимо обеспечить правильное потокораспределение по системе теплоснабжения в целом.

Наиболее актуально повышение гидравлической устойчивости при открытой системе теплоснабжения. В системах теплоснабжения, при отсутствии автоматического регулирования возникает риск полной разбалансировки, особенно при отключении отдельных потребителей (как отдельных зданий, так целых микрорайонов).