

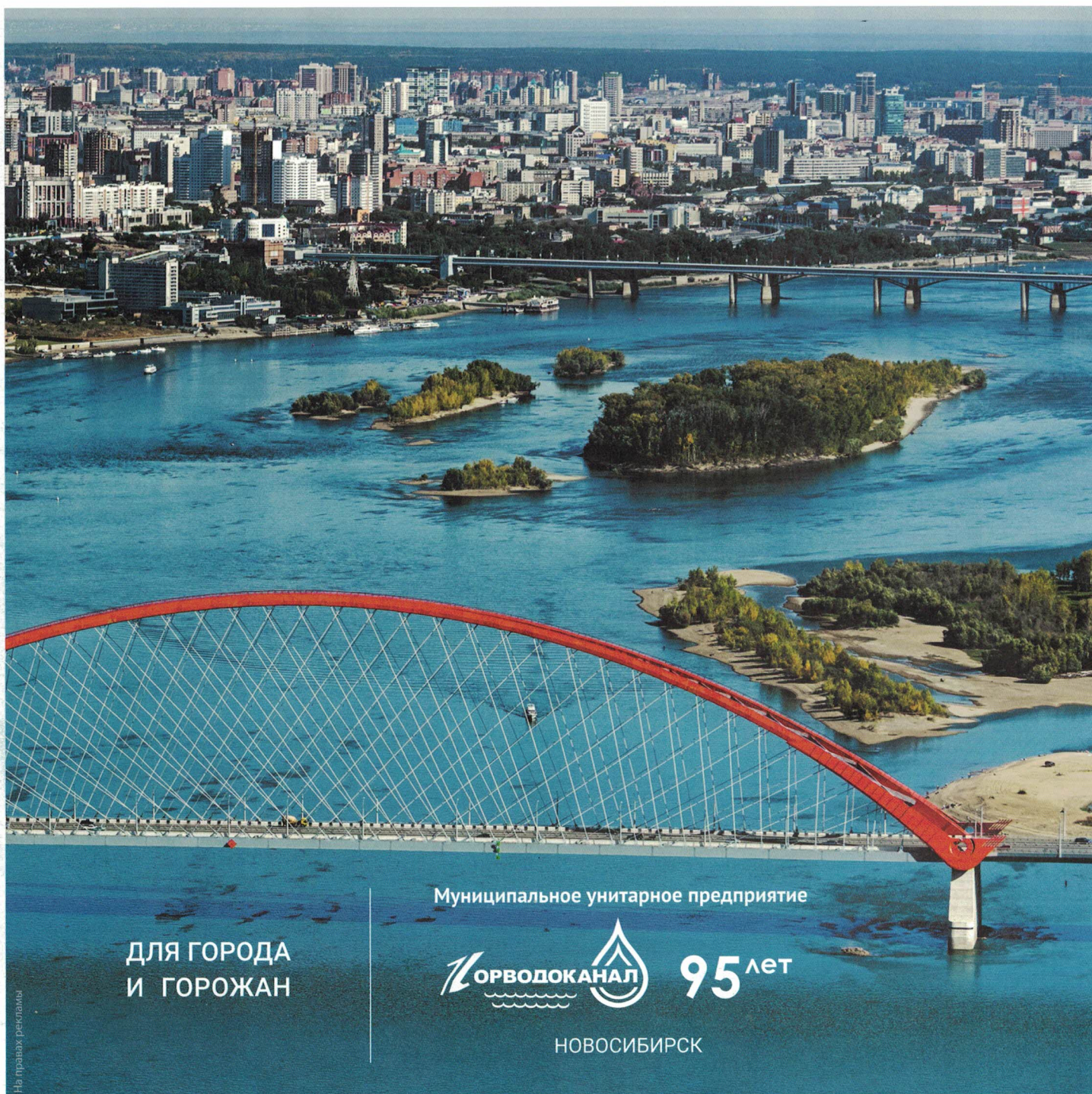
ISSN 0321-4044

ВСТ

ВОДОСНАБЖЕНИЕ
И САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА



4
2024



Муниципальное унитарное предприятие

ДЛЯ ГОРОДА
И ГОРОЖАН



95 лет

НОВОСИБИРСК

УДК 628.147.25:621.646.943
DOI 10.35776/VST.2024.04.03

Мероприятия по снижению вероятности возникновения повреждений на водопроводных сетях

М. Ю. Радецкий¹, И. А. Горельников²



М. Ю. Радецкий



И. А. Горельников

¹ Радецкий Михаил Юрьевич, начальник службы Водоснабжения, МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ» 630099, Россия, г. Новосибирск, ул. Революции, 5, e-mail: mradetskij@gorvodokanal.com

² Горельников Иван Андреевич, руководитель группы Оптимизации работы сети службы Водоснабжения, МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ» 630099, Россия, г. Новосибирск, ул. Революции, 5, e-mail: gorelnikov_ivan@mail.ru

Для цитирования: Радецкий М. Ю., Горельников И. А. Мероприятия по снижению вероятности возникновения повреждений на водопроводных сетях // Водоснабжение и санитарная техника. 2024. № 4. С. 16–22. DOI: 10.35776/VST.2024.04.03.

Рассмотрены мероприятия по снижению вероятности возникновения повреждений на водопроводных сетях при определенных технологических условиях эксплуатации. Представлен опыт применения клапана, предупреждающего гидроудар, и редукционного клапана в едином исполнении. Установка клапана, предупреждающего гидроудар, на напорном коллекторе насосных станций является эффективной защитой от повреждений напорных водоводов при внезапной остановке насосных агрегатов, а также при резком неконтролируемом росте давления в них. Анализ работы многофункционального клапана предупреждения гид-

роудара с функцией поддержания заданного значения давления до себя и удаленным управлением подтвердил более плавное изменение давления на выходе с насосной станции первого подъема, а также меньшие отклонения фактического значения от заданного при изменении объема подачи технической воды. Показано, что данное оборудование эффективно при отсутствии станций частотного управления, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: водопроводные сети, защита от гидроудара, предупреждающий гидроудар клапан, редукционный клапан.

WATER DISTRIBUTION NETWORKS

Measures for reducing the probability of damages in water distribution networks

M. Iu. Radetskii¹, I. A. Gorel'nikov²

¹ Radetskii Mikhail, Head of the Water Supply Service, Novosibirsk GORVODOKANAL MUE 5 Revoliutsii St., Novosibirsk, 630099, Russian Federation, e-mail: mradetskij@gorvodokanal.com

² Gorel'nikov Ivan, Head of the Water Network Performance Optimization Group, Water Supply Service, Novosibirsk GORVODOKANAL MUE 5 Revoliutsii St., Novosibirsk, 630099, Russian Federation, e-mail: gorelnikov_ivan@mail.ru

For citation: Radetskii M. Iu., Gorel'nikov I. A. Measures for reducing the probability of damages in water distribution networks. Vodosnabzhenie i Sanitarnaia Tekhnika, 2024, no. 4, pp. 16–22. DOI: 10.35776/VST.2024.04.03. (In Russian).

Measures for reducing the probability of damages in water distribution networks under certain technological operating conditions are considered. The experience of using a valve that prevents water surge in combination with a pressure relief valve is presented. Installing a valve that prevents water surge in the pressure manifold of pumping stations provides for the effective protection against damages of pressure water conduits in case of a sudden stop of pumps, as well as in case of a sharp uncontrolled pressure increase in them. Analyzing the operation of a multifunctional water surge protection valve with the remote control and function of maintaining the set pressure upstream proved a smoother pressure change at the outlet of the booster pumping station, as well as smaller deviations of the actual value from the set value as the volume of process water supplied changes. It is shown that the equipment is effective in the absence of variable speed control units, as well as in emergency situations.

Key words: water distribution networks, water surge protection, surge protection valve, pressure relief valve.

Введение

В конце 2021 г. был принят в муниципальную собственность и передан в эксплуатацию МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ» комплекс водопроводных сооружений в составе:

руслового водозабора и насосной станции первого подъема, расположенных на берегу реки Оби;

водопроводных очистных сооружений (ВОС) и насосной станции второго подъема, расположенных внутри района города, куда осуществляется подача питьевой воды.

От насосной станции первого подъема до ВОС вода подается по двум водоводам диаметром 600 и 800 мм протяженностью ~13,2 и ~12,6 км соответственно. По этим водоводам также осуществляется техническое водоснабжение абонентов, в том числе одной из ТЭЦ, расположенной рядом с ВОС и насосной станцией второго подъема. В резервуар чистой воды насосной станции второго подъема вода поступает как от принятых ВОС, так и по напорным водоводам насосной станции третьего подъема насосно-фильтровальной станции (НФС) г. Новосибирска.

По результатам обследования технического состояния и опыта эксплуатации данных ВОС специалистами предприятия было выявлено, что себестоимость подготовки питьевой воды на комплексе принятых сооружений значительно превышает себестоимость питьевой воды, подаваемой в РЧВ от НФС г. Новосибирска по напорным водоводам насосной станции третьего подъема.

Также было зафиксировано неудовлетворительное техническое состояние водоводов от насосной станции первого подъема до ВОС. Устранение возникающих на них повреждений затруднено следующими факторами:

трудно обслуживаемая трасса пролегания (отсутствие подъездов для специализированного автотранспорта, прохождение по закрытым территориям, нахождение вблизи или под существующими объектами капитального строительства);

наличие участков, проложенных на значительной глубине;

неисправное состояние запорной арматуры.

С целью поддержания водоводов в работоспособном состоянии для надежного технического водоснабжения абонентов и поддержания текущего технического состояния комплекса сооружений в качестве резерва при возникновении чрезвычайной ситуации до момента появления экономической целесообразности их реконструкции было принято решение о подготовке минимально возможного объема питьевой воды на ВОС. При этом была поставлена первоочередная задача предотвращения повреждений водоводов от насосной станции первого подъема до ВОС.

Основными факторами возникновения повреждений на водопроводных сетях, за исключением внешних воздействий, являются значительные изменения за короткий промежуток времени значений давления и скорости движения потока (гидравлические удары), которые обусловлены объемом транспортируемой воды.

Из-за уменьшения объема водоподготовки основным потребителем технической воды стала ТЭЦ. В связи с технологическими нуждами требуется многократное изменение потребляемого объема воды ТЭЦ в течение суток.

Специалистами предприятия было принято решение, что в целях предотвращения возникновения повреждений на водоводах технического водоснабжения изменение объема подаваемой воды на ТЭЦ осуществляется посредством изменения значения давления на выходе с насосной станции первого подъема. В связи с этим был разработан, утвержден и введен в работу соответствующий регламент взаимодействия МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ» и ТЭЦ по водоснабжению.

Ввиду отсутствия станции частотного управления (СЧУ) на насосной станции первого подъема изменение давления на выходе осуществлялось путем изменения дренируемого объема воды из напорного коллектора во всасывающий. Регулирование перепускаемого объема воды производилось в ручном режиме при помощи изменения положения запорной арматуры на обводном водопроводе (рис. 1).

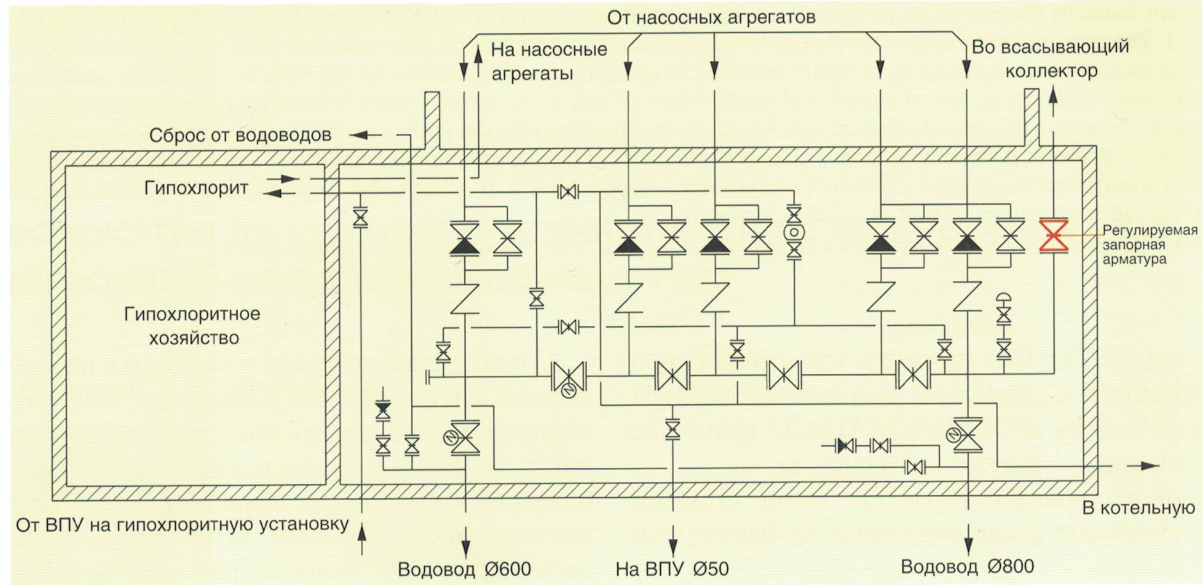


Рис. 1. Принципиальная схема камеры переключения насосной станции первого подъема

Решения

В целях исключения влияния человеческого фактора, а также для минимизации последствий возникновения аварийных ситуаций на водоводах диаметром 600 и 800 мм специалистами предприятия были разработаны и реализованы мероприятия по установке на обводном водопроводе многофункционального клапана предупреждения гидроудара с функцией поддержания заданного значения давления до себя и удаленным управлением. Данный клапан объединяет в себе функционал двух типов: предупреждение гидроудара, поддержание заданного значения входного давления.

Клапан, предупреждающий гидроудар (рис. 2), устанавливается на обводном (дренажном) водопроводе от напорного коллектора после насосного оборудования. Он оснащен двумя управляющими контурами (пилотами), чувствительными к входному давлению и открывающими

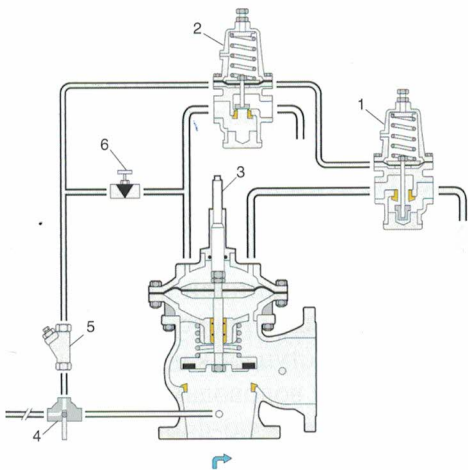


Рис. 2. Клапан, предупреждающий гидроудар
1 – пилот низкого давления; 2 – пилот высокого давления; 3 – ограничитель; 4 – шаровый клапан; 5 – фильтр; 6 – регулируемый дроссельный клапан

или закрывающими основной запорный элемент клапана в следующих случаях (рис. 3):

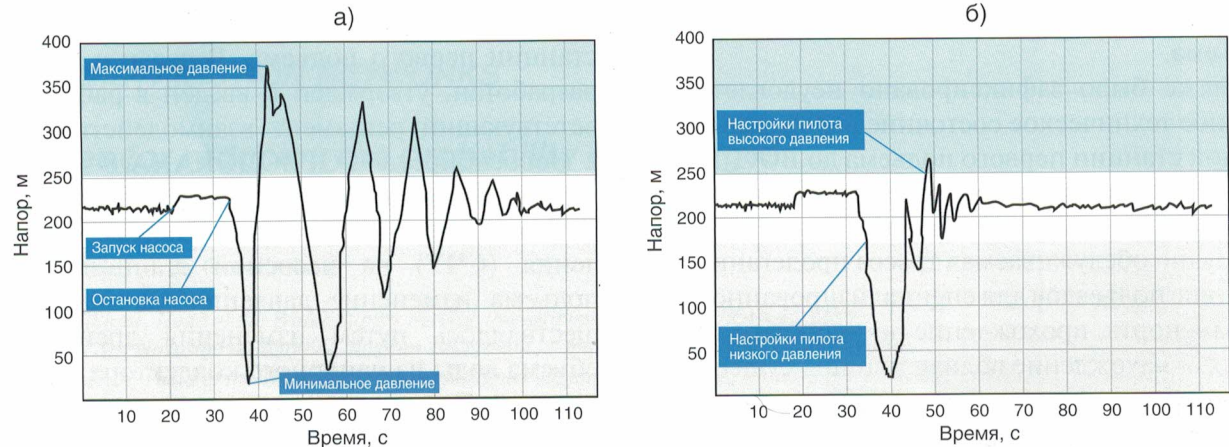


Рис. 3. График давления в напорном коллекторе
а – не оборудован клапаном, предупреждающим гидроудар; б – оборудован клапаном, предупреждающим гидроудар

падение давления в напорном коллекторе в результате внезапной остановки насосных агрегатов (предварительное открытие запорного элемента клапана для последующего сброса возвратной ударной волны);

рост давления в напорном коллекторе в результате резкого уменьшения водопотребления (в том числе из-за возвратной волны при внезапной остановке насосных агрегатов).

Для корректной работы клапана, предупреждающего гидроудар, на напорном коллекторе должен быть установлен комбинированный воздушный клапан (вантуз) с функцией предотвращения гидроудара (рис. 4). Это встроенная регулируемая защита, предотвращающая гидроудар (хлопки, возникающие в результате резкого срабатывания вантуза), обеспечивает плавное срабатывание, предотвращающее повреждение вантуза и трубопровода. Параметры частичного прикрытия отверстия кинетического забора/выпуска могут быть подобраны в соответствии с конкретными требованиями к системе.

Данная функция реализована в качестве дополнительного диска защиты от гидроудара, размещенного в корпусе комбинированного воздушного клапана. При возникновении импульсных перенапряжений (скачков давления) диск защиты от гидроудара поднимается, частично прикрывая выходное отверстие вантуза. Давление воздуха, медленно выходящего из комбинированного воздушного клапана, тормозит приближающийся водяной столб (рис. 5 и 6).

Клапан, поддерживающий заданное значение входного давления (рис. 7), оборудован одним управляющим контуром (пилотом) и выполняет одну из двух функций:

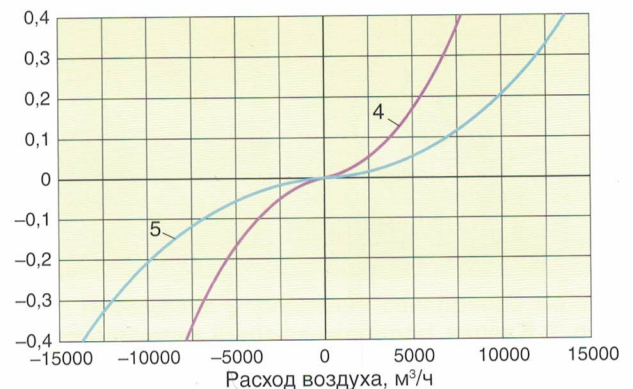
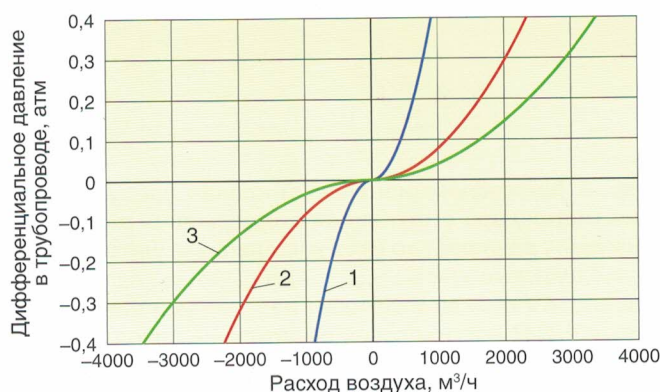


Рис. 5. Впуск и выпуск воздуха в кинетическом режиме (наполнение и осушение трубопровода, вакуумные условия)

Диаметр клапана, мм: 1 – 50; 2 – 75; 3 – 100 (а); 4 – 150; 5 – 200 (б)

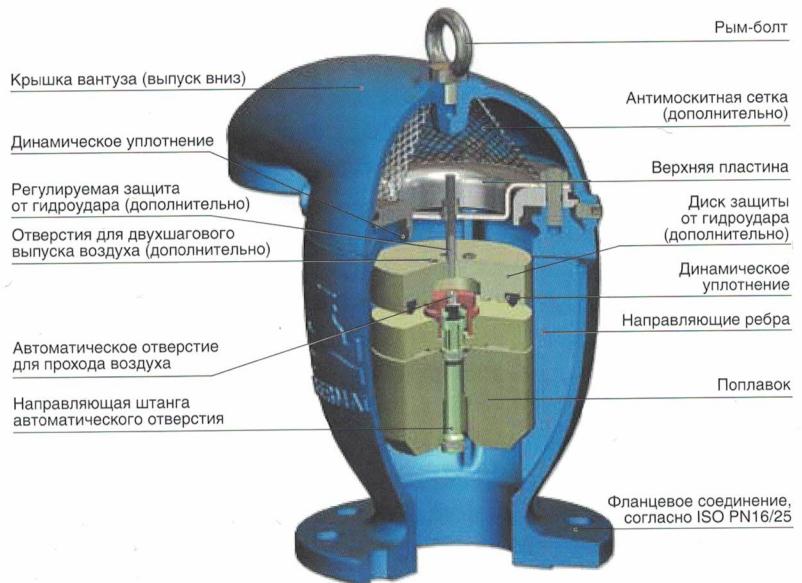


Рис. 4. Комбинированный воздушный клапан с функцией предотвращения гидроудара

при установке на основном водопроводе клапан поддерживает заранее заданное значение давления до себя вне зависимости от изменения расхода или давления на выходе;

при установке на обводном водопроводе клапан сбрасывает давление, превышающее заранее заданное.

Многофункциональный клапан предупреждения гидроудара с функцией поддержания заданного значения давления до себя и удаленным управлением оборудован тремя управляющими контурами (пилотами) (рис. 8). Удаленное управление осуществляется только управляющим контуром, поддерживающим заданное входное давление, при помощи сервопривода, установленного на пилоте.

Дополнительно клапан оснащен встроенным расходомером для фиксации расхода воды, проходящей через него, датчиками давления до и после клапана и указателем положения запор-

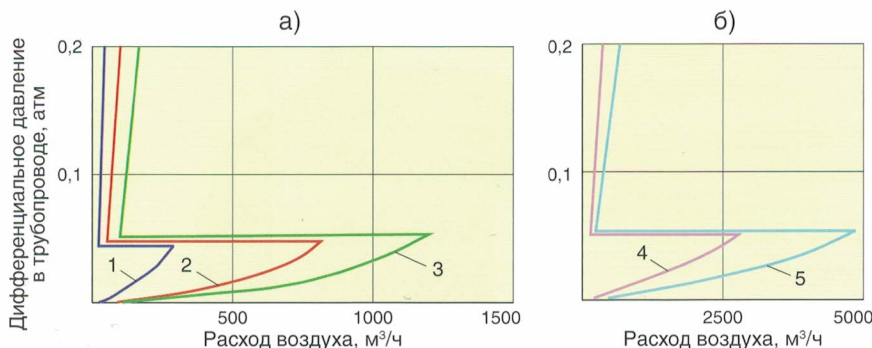


Рис. 6. Выпуск воздуха в конфигурации с защитой от гидроудара
Диаметр клапана, мм: 1 – 50; 2 – 75; 3 – 100 (а); 4 – 150; 5 – 200 (б)

ного элемента. Все дополнительное оборудование, а также сервопривод подключаются к шкафу управления. Поступающие данные в шкаф управления архивируются и могут передаваться в информационную систему предприятия.

Реализация

Сотрудниками предприятия были переданы организации-изготовителю (ООО «Техносервис») требуемые исходные данные для подбора и сборки многофункционального клапана предупреждения гидроудара с функцией поддержания заданного значения давления до себя и удаленным управлением: характеристики насосного оборудования, установленного на насосной станции первого подъема; рабочий диапазон давления в напорном коллекторе; объем потребления технической воды абонентами, в том числе и поступающей на ВОС.

Организация-изготовитель после подбора и сборки перед отправкой выполнила приемочные функциональные испытания на аттестованном гидравлическом стенде с составлением и подписанием соответствующего протокола.

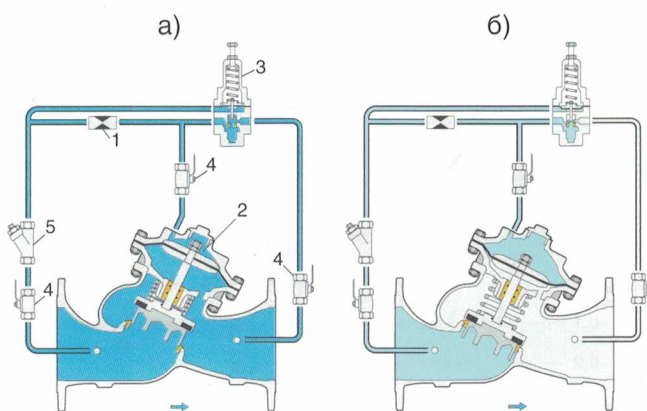


Рис. 7. Клапан, поддерживающий заданное значение входного давления

а – режим регулирования; б – клапан закрыт (давление на входе ниже заданного значения на пилоте); 1 – конструктивное сужение (дрессель); 2 – верхняя рабочая камера; 3 – пилот; 4 – шаровый кран; 5 – фильтр

После поступления оборудования в распоряжение предприятия специалистами МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ» был выполнен его монтаж на насосной станции первого подъема (рис. 9).

После монтажа совместно с сотрудниками организации-изготовителя было выполнено подключение дополнительного оборудования и сервопривода клапана к шкафу управления,

а также настройка трех управляющих контуров (пилотов).

Нижняя предохранительная граница должна устанавливаться на ~80% от гидростатического напора между самой высокой (ВОС) и самой низкой (напорный коллектор насосной станции первого подъема) отметками водоводов диаметром 600 и 800 мм, что составило 76 м вод. ст.

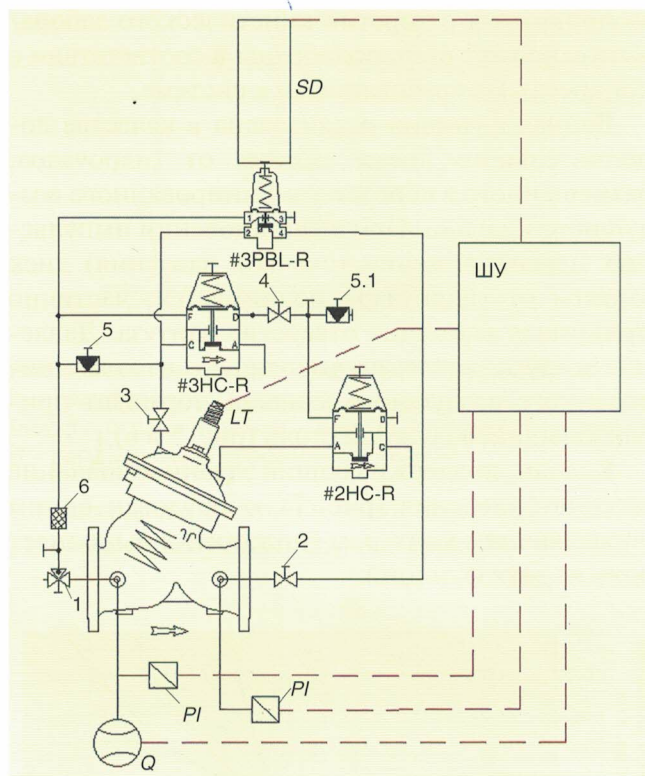


Рис. 8. Многофункциональный клапан предупреждения гидроудара с функцией поддержания заданного значения давления до себя и удаленным управлением
1–4 – шаровые краны; 5, 5.1 – игольчатые клапаны; 6 – фильтр; #3PBL – двухходовой пилот поддержания давления; #3HC-R – трехходовой перепускной пилот большой емкости; #2HC-R – двухходовой редукционный пилот большой емкости с удаленной сенсорной точкой; LT – указатель положения запорного элемента; Q – встраиваемый расходомер; PI – датчик давления; SD – сервопривод; ШУ – шкаф управления

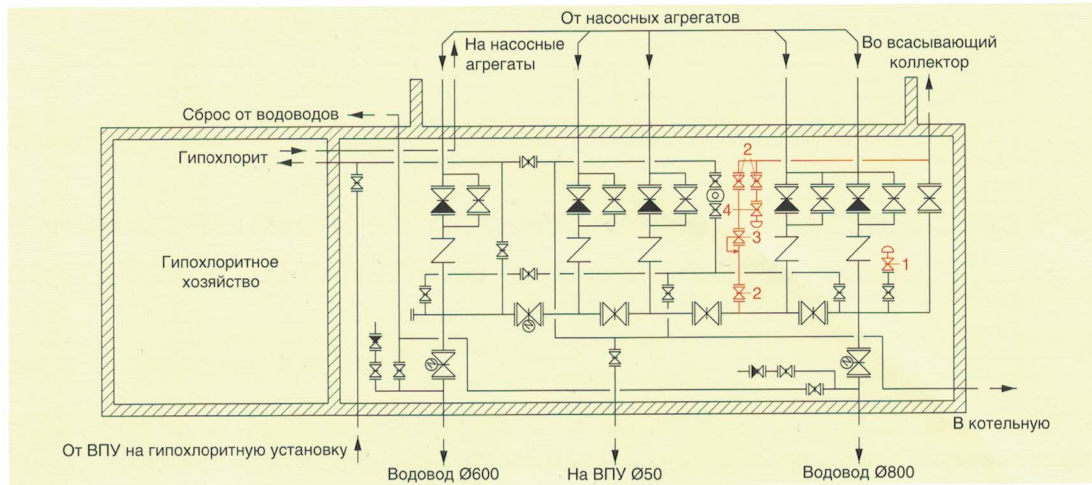


Рис. 9. Принципиальная схема камеры переключения насосной станции первого подъема после монтажа многофункционального клапана предупреждения гидроудара с функцией поддержания заданного значения давления до себя и удаленным управлением

1 – комбинированный воздушный клапан с функцией предотвращения гидроудара; 2 – запорная арматура; 3 – многофункциональный клапан предупреждения гидроудара с функцией поддержания заданного значения давления до себя и удаленным управлением; 4 – комбинированный воздушный клапан

Верхняя предохранительная граница должна устанавливаться на 10 м вод. ст. больше верхней границы установленного рабочего диапазона значений давления в напорном коллекторе, что должно составлять 162 м вод. ст. Но при настройке было принято решение устанавливать верхнюю предохранительную границу с меньшей разницей, что составило 158 м вод. ст. Экспериментальная проверка показала допустимость отмеченной близости настроек двух управляющих контуров.

Принятый диапазон удаленного управления при помощи сервопривода заданным значением давления до редукционного клапана соответствует установленному рабочему диапазону значений в напорном коллекторе, что составляет 102–152 м вод. ст. При этом регулирование производится от 0 до 100%, где 0% – 102 м вод. ст., а 100% – 152 м вод. ст. Экспериментально установ-

лено, что изменение заданного значения давления имеет линейную зависимость от положения сервопривода (для выполненной настройки: изменение положения сервопривода на 2% приведет к изменению заданного значения давления на 1 м вод. ст.) (рис. 10).

Удаленное управление многофункциональным клапаном предупреждения гидроудара с функцией поддержания заданного значения давления до себя осуществляется при помощи сенсорного экрана шкафа управления. На нем также отображаются данные с подключенного дополнительного оборудования: текущее положение степени открытия сервопривода и запорного элемента клапана, значения давления до и после клапана, объем воды, проходящей через клапан (рис. 11).

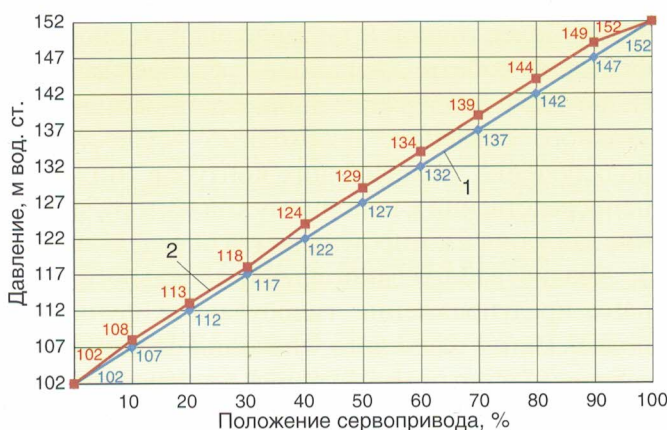


Рис. 10. Зависимость поддерживаемого давления от положения сервопривода

1 – расчетные значения; 2 – экспериментальные значения

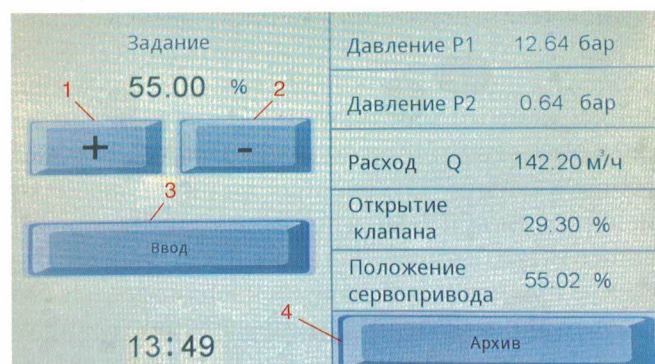


Рис. 11. Интерфейс управления сенсорного экрана шкафа управления

1 – кнопка увеличения задаваемого значения положения сервопривода на 1%; 2 – кнопка уменьшения задаваемого значения положения сервопривода на 1%; 3 – кнопка ввода задаваемого значения положения сервопривода; 4 – кнопка перехода в просмотр архивных данных

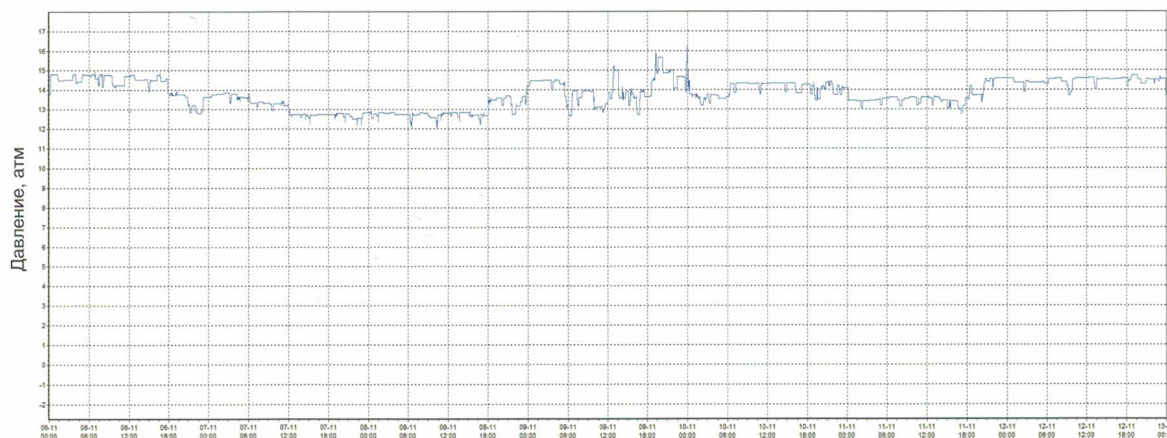


Рис. 12. График значений давления в водоводе диаметром 800 мм за неделю при ручном регулировании

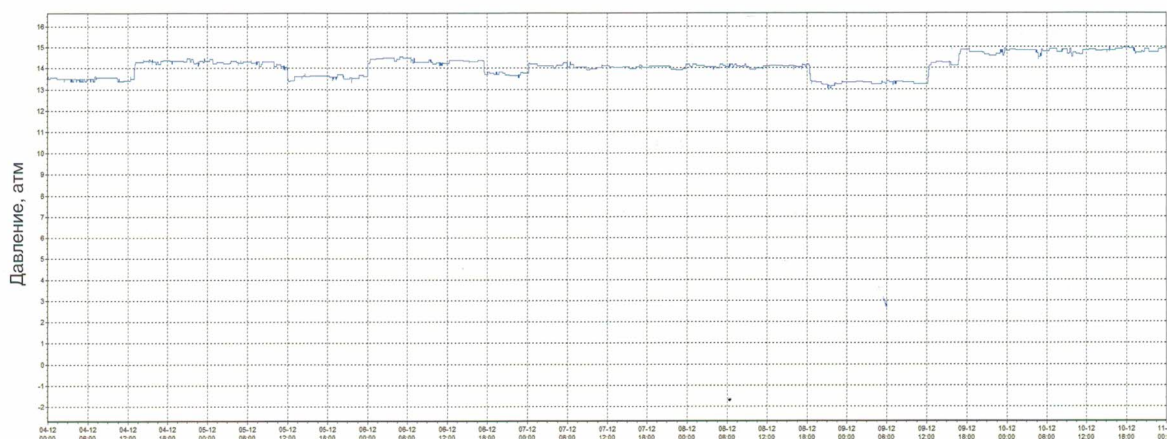


Рис. 13. График значений давления в водоводе диаметром 800 мм за неделю при удаленном управлении клапаном

Интерфейс был разработан организацией-изготовителем на основании технического задания предприятия. На экране отображается архив данных при условии подключения накопителя.

После проведенных мероприятий оборудование было введено в работу.

За период эксплуатации многофункционального клапана предупреждения гидроудара с функцией поддержания заданного значения давления до себя и удаленным управлением была выявлена разница между значениями давления, фиксируемыми манометром, установленным на напорном коллекторе, и датчиком входного давления клапана. Отмеченная разница является непостоянной и зависит от объема воды, проходящего через клапан. Для этого было принято решение при плановой ревизии клапана совместно с сотрудниками организации-изготовителя осуществить подключение датчика входного давления, а также управляющих контуров (пилотов) непосредственно к напорному коллектору при помощи импульсных трубок.

Результаты работы многофункционального клапана предупреждения гидроудара с функцией поддержания заданного значения давления до

себя и удаленным управлением представлены на рис. 12 и 13.

Выводы

1. Установка клапана, предупреждающего гидроудар, на напорном коллекторе насосных станций является эффективной защитой от повреждений напорных водоводов при внезапной остановке насосных агрегатов, а также при резком неконтролируемом росте давления в них.
2. Для более точной и не зависящей от внешних факторов работы клапанов, предупреждающих гидроудар и поддерживающих заданное значение входного давления, необходимо осуществлять подключение управляющих контуров (пилотов) непосредственно к напорному коллектору, значение давления в котором является определяющим.
3. Анализ работы многофункционального клапана предупреждения гидроудара с функцией поддержания заданного значения давления до себя и удаленным управлением подтвердил более плавное изменение давления на выходе с насосной станции первого подъема, а также меньшие отклонения фактического значения от заданного при изменении объема подачи технической воды.