

EDN: JCOUPW

УДК 628.396

А. С. ПАВЛЮЧЕНКО^а, Н. И. ГРИГОРЕНКО^б^а Филиал «ЦКПИВЛ» ГУП ДНР «ВОДА ДОНБАССА», ^б ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ГИДРОУДАРОМ НА НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ ПУТЕМ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОБВЯЗКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. Рассматриваются условия и последствия возникновения гидроудара на насосных станциях. Общеизвестно, что конфигурация обвязки оказывает существенное и зачастую критичное влияние на стабильность работы центробежных насосов, поэтому данная статья посвящена поиску решения предупредить или минимизировать последствия гидроудара еще на стадии проектирования или при реконструкции существующих насосных станций. Для решения поставленной задачи предложены схема с устройством дополнительной обводной линии, схема для насосов, начинающих работу на приоткрытую задвижку, и схема обвязки со сбросом воды из напорной линии во всасывающую. Данные обвязки технологического оборудования насосной станции являются энергоэффективными, просты в обслуживании, поскольку в них нет сложных частей или механизмов, успешно работают независимо от температуры окружающей среды, а также при ложном срабатывании системы.

Ключевые слова: центробежные насосы, гидроудар, обвязка насосов, напорный трубопровод, пожаротушение, линия пробного пуска.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Исходя из данных различных исследований, причиной около 60 % прорывов трубопроводов являются гидравлические удары [5, 6]. При неблагоприятных условиях (при длине трубопровода более ста метров и расходе, составляющем лишь десятые доли литра в секунду) гидравлический удар может вызвать повреждения сетей. При этом на насосной станции даже короткие трубопроводы, но без промежуточных опор и недостаточно закрепленные, могут быть повреждены резонансными колебаниями [4]. На напорных трубопроводах насосных станций гидравлический удар возникает вследствие аварийного или неподготовленного специальными мероприятиями отключения электропитания приводных двигателей насосов и мгновенном закрытии обратного клапана, значительно увеличивается давление и возникает прямой удар [7]. Последствиями гидравлических ударов являются серьезные аварии на трубопроводах и оборудовании насосных станций, разрушения строительных конструкций, сбой технологических процессов [4–9].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В литературе рассматривается множество решений по предотвращению, защите и устранению последствий от гидроудара в различных сферах промышленности и коммунального хозяйства [4–9]. Одним из методов борьбы с гидроударом на насосных станциях является более совершенная обвязка трубопроводов. Также одной из главных причин внедрения новых схем обвязок насосов на насосных станциях становится изменение нормативных документов в сторону ужесточения норм проектирования насосных станций, особенно станций пожаротушения [1, 2]. Основная проблематика и акцент в современном проектировании смещается в сторону энергоэффективности и факту уменьшения количества обслуживающего персонала на объектах водоснабжения и канализации, а также требования уменьшения воздействия на сеть гидроударов.



ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Защита от гидроудара, повышение надежности и эксплуатационных характеристик работы насосных станций с центробежными насосами путем рациональной обвязки насосов и трубопроводов.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Из опыта проектирования и эксплуатации можно сказать, что использование центробежных насосов в системах водоснабжения и канализации предпочтительно по ряду причин: их просто монтировать и обслуживать, контроль за их работой можно легко автоматизировать и проводить дистанционно, а также они обеспечивают равномерную подачу жидкости. Однако новое насосное оборудование, особенно большой производительности, требует более внимательного подхода в вопросе методов обвязки, поскольку грамотное решение данного вопроса влечет за собой повышение надежности системы, использование насосного оборудования в диапазоне наибольшего КПД, работу системы в границе требуемых параметров и т. д. При этом план стандартной обвязки насосов и оборудования выглядит как на рисунке 1.

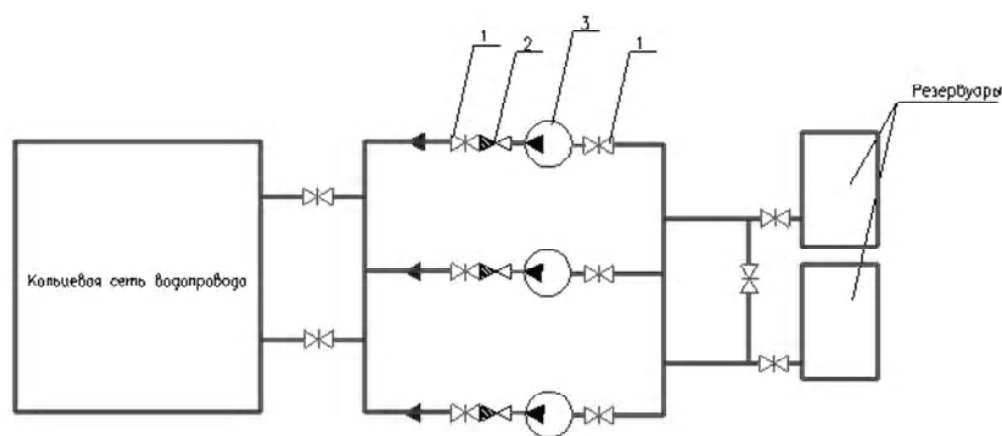


Рисунок 1 – Стандартная обвязка оборудования на насосных станциях: 1 – задвижка; 2 – обратный клапан; 3 – насосный агрегат.

Главные недостатки данной обвязки:

1. Отсутствует защита против гидроудара. Противоречие наблюдается с параграфом 11 [1], где большое внимание уделено мерам по предотвращению возникновения гидроудара, который может произойти при ложном срабатывании противопожарной системы [11], изношенности арматуры, несогласованности действий подразделений по ремонту водопроводных сетей и т. д. Аварии при гидроударах происходят очень часто и последствия таких аварий катастрофические, что ведет к нарушению норм [1] п. 11.4. Ремонтные бригады не всегда могут вложиться в установленное время по ремонту трубопроводов, так как участок повреждения может быть достаточно большой.

2. Невозможность применения современных насосов повышенного КПД, т. к. большинство таких насосов – центробежные и при стандартной схеме обвязки очень трудно настроить сопротивление сети, чтобы показатели насоса находились в рабочей зоне. На практике на местах применяют дроселирование задвижкой, однако нормативно данный метод запрещен (п. 3.1.1 [3] ... «арматура запорная: Арматура, предназначенная для перекрытия потока рабочей среды с определенной герметичностью»).

3. Пониженная надежность системы. Рассматриваемая схема противоречит [2] пункт 8.1, в котором говорится, что системы водоснабжения по степени обеспеченности подачи воды подразделяются на категории по [1]. Элементы систем водоснабжения II категории, повреждения которых могут нарушить подачу воды на пожаротушение, должны относиться к I категории.)

Согласно [2] п.11.3 насосные станции пожаротушения должны проектироваться, как правило, без постоянного обслуживающего персонала. Старая схема обвязки не позволяет проводить пробные пуски пожарных насосов согласно регламенту и не вызвав аварийную ситуацию на сети противопожарного водопровода. Также невозможность автоматизации станции для работы в любом из режимов, что противоречит п. 11.3 [2].

Для насосных станций других назначений требуется соблюдать требования п.11.27 [1]. Для защиты от гидравлического удара допускается применять: сброс воды из напорной линии во всасывающую, впуск воды в местах возможного образования разрывов сплошности потока в водопроводе. Эти параметры противодействия гидроудару учтены в схемах, рассмотренных далее.

Если для противопожарных насосных станций применять схему обвязки насосов, указанную на рисунке 1, то при ложном срабатывании системы может запуститься пожарный насос, и если в системе на данный момент нет водоразбора или он минимален, то создаются условия для гидроудара. Этого можно избежать, если применить схему обвязки насосного оборудования с линией пробного пуска, представленную на рисунке 2.

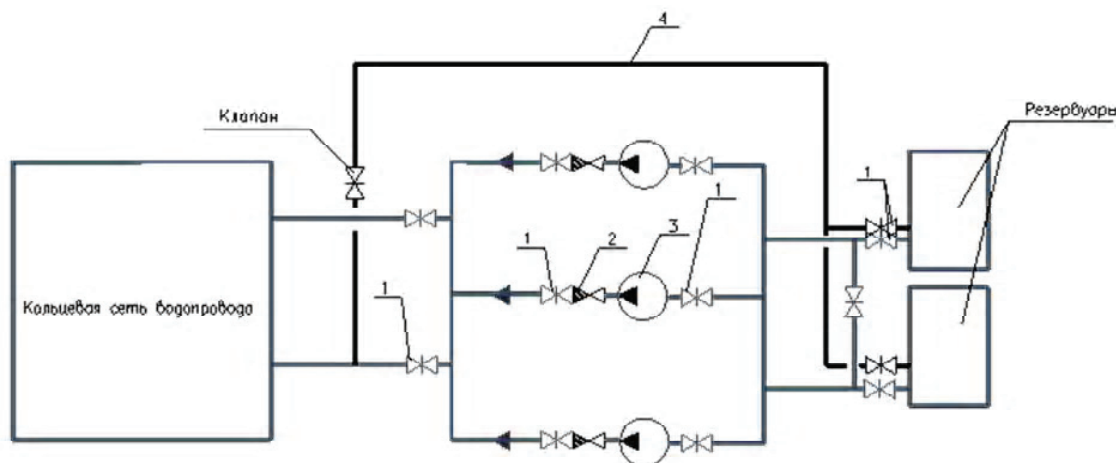


Рисунок 2 – Схема обвязки оборудования на насосных станциях с применением дополнительной линии: 1 – задвижка; 2 – обратный клапан; 3 – насосный агрегат; 4 – дополнительная линия (пробного пуска пожарных насосов).

Как видно на рисунке 2, к обоим напорным трубопроводам подключена дополнительная линия – байпас (линия пробного пуска противопожарных насосов), на которой установлен регулировочный клапан давления. Напор данного клапана должен соответствовать максимальному напору насосной станции, т. к. сама система запроектирована на это же давление, но срабатывать при угрозе гидроудара, т. е. при определенном превышении максимального давления системы.

Еще одной особенностью данной схемы является ее гибкость при изменении показателей графика совместной работы «насос-трубопровод». Дополнительный трубопровод (или трубопровод пробного пуска пожарных насосов) позволяет насосному оборудованию находиться в рабочей зоне даже при авариях на линии, резком закрытии или заклинивании запорной арматуры. Данный момент важен, поскольку техническое состояние и определение остаточного ресурса центробежных насосов учитывает время работы насоса при закрытой арматуре на напорном патрубке, которое не должно превышать времени, указанного в эксплуатационной документации [10]. На трубопроводе пробного пуска насоса возможно также устанавливать кран шаровый регулирующий для того, чтобы служба эксплуатации могла при проведении пуско-наладочных работ создать требуемые потери напора и насос даже при пробном пуске работал, не выходя из рабочей зоны, что уменьшит износ оборудования.

В случае применения высокопроизводительных насосов, которые начинают работу на приоткрытую задвижку, в схему, приведенную на рисунке 2, необходимо внести некоторые корректировки. В паспорте таких насосов есть регламент запуска и степень открытия запорной арматуры. То есть, если произвести обвязку такого рода насосов по традиционной схеме (рисунок 1), то они стоят при первом пуске. Поэтому для их работы предлагается схема обвязки, приведенная на рисунке 3.

Системы водяного пожаротушения проектируются таким образом, что пожарные насосы работают только непосредственно в момент пожара, а всё остальное время они находятся в режиме ожидания. К сожалению, абсолютно любая техника имеет тенденцию выходить из строя в случае длительного простоя, именно по этой довольно простой причине и возникает необходимость «толкать» пожарные насосы, т. е. периодически осуществлять их пробные пуски. При стандартной схеме обвязки насосных станций во избежание гидроудара при отсутствии водоразбора в сети пожаротушения

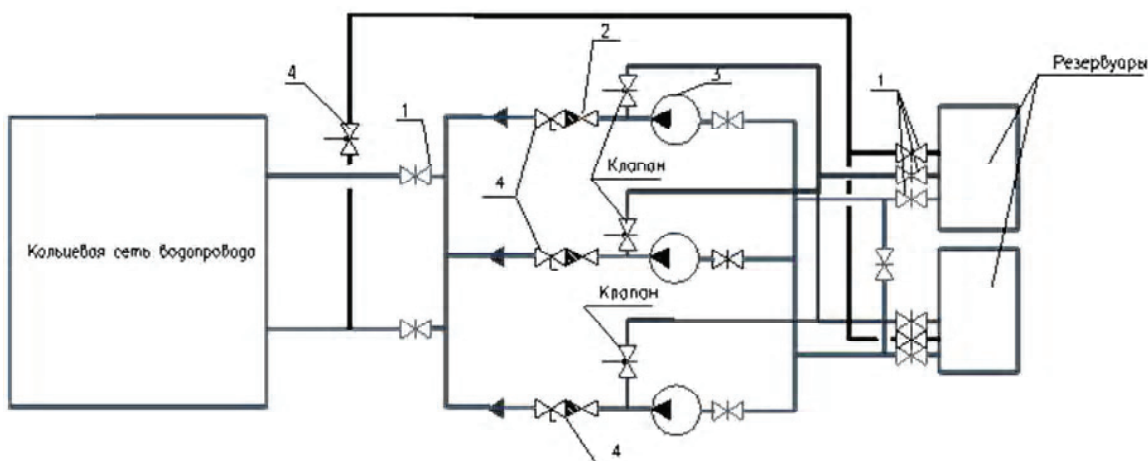


Рисунок 3 – Схема обвязки насосов, которые начинают работу на приоткрытую задвижку: 1 – задвижка; 2 – обратный клапан; 3 – насосный агрегат; 4 – клапан, регулирующий давление; 5 – кран шаровый.

(такое часто встречается на промышленных предприятиях, поскольку обычно противопожарное водоснабжение проектируется отдельной линией) – воду нужно сливать, что не всегда возможно в отдельных регионах нашей страны (Сибирь, часть Забайкалья и др.) и всегда нерационально.

В соответствии с требованиями [1] для насосных станций других назначений требуется соблюдать п.11.27. Для защиты от гидравлического удара допускается применять: сброс воды из напорной линии во всасывающую. Данная схема приведена на рисунке 4.

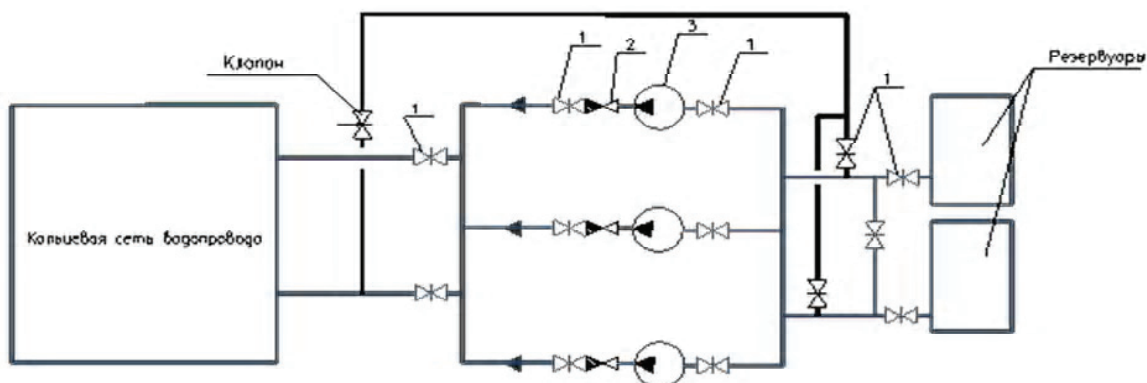


Рисунок 4 – Схема обвязки со сбросом воды из напорной линии во всасывающую: 1 – задвижка; 2 – обратный клапан; 3 – насосный агрегат.

На практике такие схемы встречаются крайне редко, так как, подключая напорный трубопровод во всасывающий создаются условия нестабильной работы насоса, а также повышается вероятность кавитации при использовании высокопроизводительных или высоко напорных агрегатов. При такой схеме подключения, во-первых, нагревается вода и попадает сразу во всасывающую линию в отличие от других схем, где она смешивается с другими стоками в резервуаре и понижает свою температуру, а также ведет к увеличению скорости во всасывающей линии. Поэтому при проектировании необходимо выполнить ряд дополнительных расчетов, чтобы насосная станция работала в заданных параметрах.

ВЫВОД

Обвязка насосов и оборудования на сегодняшний день может решить часть проблем и недостатков в работе всей системы, при этом инженеры-проектировщики систем ВВ должны расширять область исследования в другие сферы промышленности и адаптировать аналоги различных обвязок в свою

работу. Рациональные обвязки технологического оборудования насосной станции, предложенные в данной статье, могут служить решением вопроса угрозы гидроудара и порыва сетей, являются энергоэффективными, просты в обслуживании, поскольку в них нет сложных частей или механизмов, успешно работают независимо от температуры окружающей среды, а также при ложном срабатывании системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 31.13330.2021. СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 декабря 2021 г. N 1016/пр : взамен СП 31.13330.2012 : дата введения 2011-12-29 / исполнитель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН). – Москва : Минстрой России, 2021. – 155 с. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/142012/> (дата обращения: 01.10.2022). – Текст: электронный.
2. СП 8.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности = The fire protection systems. Outdoor fire-fighting water supply. Fire safety requirements : утвержден и введен в действие Приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 30 марта 2020 г. N 225 : взамен СП 8.13130.2009 : дата введения 2020-09-30 / разработан и внесен ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 18 с. – URL: <https://docs.cntd.ru/.document/565391175> (дата обращения: 01.10.2022). – Текст : электронный.
3. ГОСТ 24856-2014. Арматура трубопроводная. Термины и определения : издание официальное : введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 ноября 2014 г. N 1902-ст : введен впервые : дата введения 01-08-2020. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 86 с. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/58457/> (дата обращения: 01.10.2022). – Текст : электронный.
4. Гидроудар: причины, анализ и способы предотвращения / Х. Й. Людеке, Б. Котэ, К. Паули. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2015. – № 8. – С. 62–69.
5. Таль, Л. Анализ пульсаций давления и подбор оборудования для защиты систем водоснабжения от гидроударов / Л. Таль. – Текст : непосредственный // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2017. – № 9(117). – С. 54–57.
6. Устройство для исследования гидравлических ударов на насосной станции / С. В. Саркисов, А. Н. Корпусов, Г. В. Макаручук. – Текст : непосредственный // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2019. – № 4. – С. 48–52.
7. Паламарчук, Н. В. Защита высоконапорных трубопроводных систем и насосных установок от гидравлических ударов / Н. В. Паламарчук, Ю. В. Тимохин, А. П. Соломин. – Текст : непосредственный // Сборник научных трудов ДонИЖТ. – 2018. – № 48. – С. 46–60.
8. Газаров, А. Р. Гидравлический удар в трубопроводах: расчет и предотвращение / А. Р. Газаров, Р. А. Колосов, Е. И. Ховрина. – Текст : непосредственный // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 557–559.
9. Сайфуллин, И. Ш. К вопросу о защите трубопроводных систем от действия гидроударов / И. Ш. Сайфуллин, Л. Е. Украинский. – Текст : непосредственный // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2018. – № 6. – С. 21–26.
10. Экспертиза промышленной безопасности центробежных насосов / Е. В. Сенаторова, А. И. Смирнов, Т. В. Шипунова, М. В. Шабалин. – Текст : непосредственный // Евразийский Союз Ученых. – 2016. – № 1 (22). – С. 116–118.
11. Ложные тревоги систем пожарной сигнализации / Н. А. Пашкевич, Е. А. Расщекина, Е. Лытягин [и др.]. – Текст : непосредственный // Технические науки – от теории к практике. – 2012. – № 15. – С. 150–156.

Получена 30.09.2022

Принята 28.10.2022

О. С. ПАВЛЮЧЕНКО ^а, Н. И. ГРИГОРЕНКО ^б
 МЕТОДИ БОРОТЬБИ З ГІДРОУДАРОМ НА НАСОСНИХ СТАНЦІЯХ
 ШЛЯХОМ РАЦІОНАЛЬНОЇ ОБВ'ЯЗКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ
^а Філія «ЦКПІВЛ» ДУП ДНР «ВОДА ДОНБАСУ», ^б ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Розглядаються умови та наслідки виникнення гідроудару на насосних станціях. Загальновідомо, що конфігурація обв'язки істотно впливає на стабільність роботи відцентрових насосів, тому дана стаття присвячена пошуку рішення запобігти або мінімізувати наслідки гідроудару ще на стадії проектування або при реконструкції існуючих насосних станцій. Для вирішення поставленої задачі запропоновані схема з пристроєм додаткової обвідної лінії, схема для насосів, що починають роботу на відкрити засувку, і схема обв'язки зі скиданням води з напірної лінії у

всмоктувальну. Дані обв'язки технологічного обладнання насосної станції є енергоефективними, прості в обслуговуванні, оскільки в них немає складних частин або механізмів, успішно працюють незалежно від температури навколишнього середовища, а також при помилковому спрацьовуванні системи..

Ключові слова: відцентрові насоси, гідроудар, обв'язка насосів, напірний трубопровід, пожежогащення, лінія пробного пуску.

ALEKSANDR PAVLUCHENKO ^a, NADEZHDA GRIGORENKO ^b
METHODS OF COMBATING WATER HAMMER AT PUMPING STATIONS BY
RATIONAL STRAPPING OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

^a «TSKIPIVL» Branch of the DPR State Unitary Enterprise «WATER OF DONBASS»,

^b Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The conditions and consequences of the occurrence of a water hammer at pumping stations are considered. It is well known that the configuration of the strapping has a significant and often critical impact on the stability of centrifugal pumps, so this article is devoted to finding a solution to prevent or minimize the consequences of a water hammer at the design stage or during the reconstruction of existing pumping stations. To solve this problem, a scheme with an additional bypass line device, a scheme for pumps starting work on a slightly open valve, and a strapping scheme with water discharge from the pressure line into the suction line are proposed. This strapping technological equipment of the pumping station are energy efficient, easy to maintain, since they do not have complex parts or mechanisms, work successfully regardless of the ambient temperature, as well as in case of false triggering of the system.

Key words: centrifugal pumps, hydraulic shock, pump strapping, pressure line, fire extinguishing, test start line.

Павлюченко Александр Сергеевич – инженер-проектировщик II категории филиала «ЦКПИВЛ» ГУП ДНР «ВОДА ДОНБАССА». Научные интересы: проектирование систем водоснабжения и водоотведения, насосных станций, очистка сточных вод.

Григоренко Надежда Ивановна – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование систем водоснабжения и водоотведения, очистка сточных вод.

Павлюченко Олександр Сергійович – инженер-проектувальник II категорії філії «ЦКПИВЛ» ДУП ДНР «ВОДА ДОНБАСУ». Наукові інтереси: проектування систем водопостачання і водовідведення, насосних станцій, очищення стічних вод

Григоренко Надія Іванівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування систем водовідведення, очищення стічних вод

Pavluchenko Aleksandr – design engineer grade II at «TSKIPIVL» Branch of the DPR State Unitary Enterprise «WATER OF DONBASS». Scientific interests: design of water supply and water disposal systems, design of pump station, wastewater treatment.

Grigorenko Nadezhda – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: design of water supply and water disposal systems, wastewater treatment.