

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
(институт)

кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

08.04.01 «Строительство»

(код и наименование направления подготовки)

«Водоснабжение городов и промышленных предприятий»

(наименование профиля магистерской программы)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему **«Энергоэффективные насосы и комплексные решения по модернизации систем водоснабжения на примере насосной станции 2-го подъема водозабора "Соцгородской" Центрального района г. Тольятти»**

Студент	<u>Д.О. Бухонов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Научный руководитель	<u>В.М. Филенков</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультант	<u>И.А. Лушкин</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель программы	<u>к.т.н., доцент В.М. Филенков</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
« _____ » _____	<u>20</u> _____ г.	

Допустить к защите

Заведующий кафедрой	<u>к.т.н., доцент М.Н. Кучеренко</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
« _____ » _____	<u>20</u> _____ г.	

Тольятти 2016 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ 2-ГО ПОДЪЕМА ВОДОЗАБОРА "СОЦГОРОДСКОЙ" Г. ТОЛЬЯТТИ.....	8
1.1. Анализ работы технологической схемы водоснабжения Центрального района г. Тольятти	8
1.2. Анализ методов повышения энергоэффективности насосных станций... 9	
1.2.1. Косвенные способы энергосбережения электроприводами	9
1.2.2. Регулирование методом изменения скорости вращения вала электропривода	14
1.2.3. Варианты использования преобразователей частоты	23
1.3. Технологические особенности работы насосной станции 2-го подъема водозабора "Соцгородской" г. Тольятти	26
2. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ 2-ГО ПОДЪЕМА ВОДОЗАБОРА "СОЦГОРОДСКОЙ" Г. ТОЛЬЯТТИ	34
2.1 Обоснование замены технологического оборудования насосной станции 2-го подъема для повышения энергоэффективности всей системы.....	34
2.1.1 Режим работы и водопотребление насосной станции 2-го подъема	34
2.1.2 Обоснование выбора насосного оборудования.....	40
2.2. Оптимизация работы насосов путем использования частотно-регулируемого привода	45
2.2.1 Основные функции и технологические особенности работы станции управления	48
2.2.2 Возможные варианты ЧРП на насосной станции 2-го подъем	52
3. ТЕХНИКО–ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЛОГАЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ 2-ГО ПОДЪЕМА ВОДОЗАБОРА "СОЦГОРОДСКОЙ" Г. ТОЛЬЯТТИ	56
3.1 Экономическое обоснование проекта.	56
3.2 Мероприятия по предупреждению затопления насосной станции	58

3.3 Аварийность	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	Ошибка! Закладка не определена.
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	77

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы: На сегодняшний день по разным оценкам, до 20-25% мирового потребления всей вырабатываемой электроэнергии приходится на насосное оборудование. До 85 % затрат на эксплуатацию насосов составляют затраты на электроэнергию. При этом к.п.д. насосных систем часто не превышает 10-20%, в то время как к.п.д. насосов составляет 50-90%.

Поскольку снижение энергопотребления для организаций ЖКХ является приоритетной задачей, экономическая эффективность водопроводно-канализационного хозяйства в целом напрямую связана с использованием насосного оборудования.

Далеко не все предприятия идут на замену насосного оборудования в пользу энергосберегающего. Исправно функционирующий агрегат таким образом придется отправлять в металлолом. Бессмысленная трата денег, считают многие. Однако стоит задуматься над этим – установка современного ресурсосберегающего оборудования повлечет за собой снижение затрат электроэнергии в 2-3 раза, остается лишь посчитать выгоду предприятия.

В общем энергопотреблении в системах водоснабжения и канализации населенных мест и производственных объектов более 90% составляют насосные системы для природных, питьевых, производственных и сточных вод, для подачи реагентов и воздуха. В связи с быстро растущими ценами на электричество, газ и нефть во всех странах остро встают вопросы повышения энергетической эффективности систем водоснабжения и канализации, а также их элементов. Этим объясняются ужесточения требований международных и Европейских норм (ISO и EN) как к энергоэффективности, так и к качеству насосного оборудования. Так, международная ассоциация европейских производителей насосов Eurotrp ввела новую одобренную схему маркировки насосов. В основе необходимости такой маркировки лежал факт, что существуют большие различия в энергопотреблении и разного уровня технологического развития на Востоке и Западе Европы. Только 20 %

установленных в странах Европейского Союза насосных систем были оптимизированы по потребляемой энергии

Сложившаяся к настоящему времени практика свидетельствует о крайне неэффективной эксплуатации насосного оборудования.

Снижение энергопотребления, являющееся одной из главных целей при модернизации объектов водоснабжения или замене насосного оборудования, решается, прежде всего, путём обеспечения согласованной работы системы и насосов, работающих в режиме оптимального энергопотребления.

Мы рассмотрим основные способы снижения энергопотребления на насосной станции 2-го подъема водозабора "Соцгородской" г.о. Тольятти.

Существующее техническое состояние насосной станции 2-го подъема на водозаборе "Соцгородской", а именно 100% физический и моральный износ оборудования насосной станции требует её модернизации.

Основной причиной необходимости её обязательной модернизации является важность данного сооружения для системы водоснабжения г. Тольятти. Так водозабор "Соцгородской" - это основной источник хоз.питьевого и противопожарного водоснабжения Центрального района. Любая аварийная ситуация на указанном объекте приведет к срыву водоснабжения всего Центрального района.

Реализация запланированных работ повысит надежность работы систем водоснабжения, снизит затраты на их ремонт и содержание, а также обеспечит экономию электроэнергии за счет применения ресурсосберегающих технологий.

Для решения данной проблемы была поставлена **цель**: модернизировать насосную станцию 2-го подъема путем использования частотно-регулируемого привода и подбора энергоэффективных насосов для обеспечения экономии электроэнергии.

Объектами исследования в данной диссертации выступают существующие системы водоснабжения и энергоэффективные насосы.

Предметом исследования является модернизация системы водоснабжения и подбора насосов с оптимизацией их работы.

Поставленная в работе цель достигается решением следующих основных **задач исследования:**

1. Проанализировать проблемы энергоэффективности насосных станций для питьевого водоснабжения на примере насосной станции 2-го подъема водозабора "Соцгородской" г. Тольятти.

2. Разработать мероприятий по повышению энергоэффективности насосной станции 2-го подъема водозабора "Соцгородской"

3. Провести технико – экономическое обоснование предлагаемых мероприятий и разработать мероприятия по обеспечению безопасности насосной станции 2-го подъема.

Научная новизна исследования заключается в теоретическом обосновании модернизации насосной станции 2-го подъема водозабора "Соцгородской" г. Тольятти с применением энергоэффективных насосов и ЧРП для повышения эффективности всей системы.

Методы исследования:

В процессе исследования использовались такие общенаучные методы как анализ и синтез, методы классификации, сравнения.

Практическая значимость исследования заключается в том, что предлагаемые технологические решения дадут возможность экономить электроэнергию предприятию и обеспечит бесперебойную подачу воды жителям Центрального района г. Тольятти.

Научные положения и результаты исследования выносимые на защиту:

1. теоретический анализ проблемы энергоэффективности насосной станции 2-го подъема водозабора "Соцгородской" г. Тольятти.

2. Комплексные решения, обеспечивающие замену и оптимизацию насосного оборудования насосной станции;

3. Мероприятия по обеспечению безопасности насосной станции от затопления.

Апробация результатов исследования:

Основные положения опубликованы в двух работах автора:

1. В.М. Филенков, Д.О. Бухонов. Энергоэффективные насосы и комплексные решения по модернизации систем водоснабжения «Градостроительство, реконструкция и инженерное обеспечение устойчивого развития городов Поволжья»: Сборник трудов IV Всероссийской научно-практической конференции (заочной) Тольятти, 16–18 сентября 2015. – 101-107 с.

2. В.М. Филенков, Бухонов Д.О. Выгодное использование тепловых насосов в регионах России. Материалы студенческих научно- практических конференций аспирантов, студентов и учащихся школ. Региональная студенческая научно-практическая конференция.- Тольятти: Волжский университет им. В.Н. Татищева, 2015. – 80-84

Результаты работы были доложены на:

IV Всероссийской научно-практической конференции: «Градостроительство, реконструкция и инженерное обеспечение устойчивого развития городов Поволжья».

Личный вклад автора в исследование состоит в обосновании темы, цели, задач и разработке технологических решений для насосной станции 2- го подъема водозабора "Соцгородской" г. Тольятти.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 глав, общих выводов, библиографии из 100 наименований. Общий объем работы 84- стр., включая 10 иллюстраций и 12 таблиц.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ 2-ГО ПОДЪЕМА ВОДОЗАБОРА "СОЦГОРОДСКОЙ" Г. ТОЛЬЯТТИ

1.1. Анализ работы технологической схемы водоснабжения Центрального района г. Тольятти

В настоящее время в Центральном и Комсомольском районах находятся 7 водозаборов подземных вод. Их общая производительность составляет 190,03 тыс.м³ в сутки. [1]

В состав водозаборов входят 111 артезианских скважин, 4 насосных станций второго подъема, 16 резервуаров запаса питьевой воды общим объемом 47900 м³. Общая протяженность магистральных, уличных и внутриквартальных эксплуатируемых сетей водопровода составляет 447,4 км.

Существующая система водоснабжения имеет достаточно большой процент износа, оснащена оборудованием, не имеющим возможности автоматического регулирования технологическим процессом, тем не менее, пропускная способность трубопроводов и мощности установленного оборудования в сооружениях на сетях достаточные для выполнения возложенных на них функций. [2]

По состоянию на сегодняшний день, износ сетей водоснабжения Центрального района в среднем составляет - 84,7%, артезианских скважин - 80 %, оборудования насосных станций 2-го подъема - 90%.

Анализ существующего состояния сетей и сооружений водоснабжения показал, что резерв мощности для обеспечения требуемыми объемами водопотребления строящихся объектов, а также резерв пропускной способности части напорных и самотечных коллекторов отсутствует. Кроме этого, часть установленного на станциях насосного оборудования и запорной арматуры имеют 100% физический и моральный износ

Отвод сточных вод от потребителей Комсомольского и Центрального районов производится по уличным, внутриквартальным сетям и сетям напорной канализации общей протяженностью 359,47км, диаметром от 100 до 800мм.

Для создания необходимого напора предусмотрены 25 канализационных насосных станций, которые осуществляют перекачку сточных вод в объеме 50265,8 тыс. м³/год на ведомственные станции биологической очистки ООО «Тольяттикаучук» и ОАО «Тольяттиазот»

В настоящее время КНС-125 перекачивает стоки на очистные сооружения по двум коллекторам Д=1000мм и Д=1200мм, при этом коллектор Д=1000мм - на 1-ю очередь, Д=1200мм - на 2-ю очередь. Напорный коллектор Д=1000 мм имеет 100% износ (год ввода в эксплуатацию - 1969г.). При устранении порывов на данном коллекторе было обнаружено, что трубопровод сильно корродирован, имеет множество свищей, толщина стенок уменьшилась с 10мм до 3 мм. Напорный коллектор проходит под линией ЛЭП, что является одной из причин электрохимической коррозии трубопровода.

1.2. Анализ методов повышения энергоэффективности насосных станций

1.2.1. Косвенные способы энергосбережения электроприводами

В системах с переменной нагрузкой, каковыми являются, в том числе и насосные станции, центробежные насосы при проектировании рассчитываются на максимальную производительность (в т.ч. с учетом возникновения экстремальных ситуаций - пожаров, аварий в сети и т.п.). Установка в целом должна иметь максимальный КПД в номинальном режиме. Режимная точка насоса при этом находится на пересечении характеристики насоса «Подача» Q - «Напор» Н и характеристики системы (трубопровода). Во всем рабочем диапазоне достигаемый КПД электропривода существенно зависит от применяемого способа регулирования.

Полное отсутствие регулирования при пониженных расходах воды (например, ночью) приводит к росту давления в системе в моменты снижения водопотребления, а это вызывает:

- потери энергии на создание избыточного давления (тот уровень давления, который поддерживается электронасосами, может быть значительно снижен);
- потери перекачиваемой жидкости за счет утечек на негерметичных стыках (при снижении водопотребления конечными потребителями возрастает давление в системе, что увеличивает потери воды). Так, например, по статистическим наблюдениям, рост давления в трубопроводе на 1 атмосферу, вызывает соответствующее увеличение потерь воды на 2-7 % (для трубопроводов, находящихся в аварийном режиме, увеличение потерь существенно выше);
- износ оборудования и повышение эксплуатационных расходов.

По этой причине, при проектировании систем с электроприводами в течение последних десятилетий в проекты закладывались возможности регулирования подачи воды (воздуха) с помощью доступных на то время способов, являющихся косвенными по отношению к электроприводу, поскольку регулирование силы потока осуществляется не самим электродвигателем, а специальными устройствами. Среди таких способов можно отметить следующие:

- **Регулирование потока с помощью вихревых клапанов**

Клапаны завихрения изменяют параметры потока жидкости на всасывающей стороне насосов. Благодаря результирующему изменению характеристики аппарата устанавливаются новые рабочие точки на характеристике системы (меньшие значения напора H и расхода Q). Однако при этом происходит снижение КПД установки. [3,4]

- **Регулирование потока с помощью дроссельных клапанов**

При дросселировании регулирование расхода осуществляется за счет изменения эффективного сечения трубопровода с помощью запорной арматуры

(шиберы, вентили, задвижки и т.п.), в результате чего изменяется характеристика системы. Возникающие при этом в запорной арматуре потери преобразуются в тепловую энергию, а электропривод тратит энергию на преодоление противодействия 7 заслонки. При этом повышенное давление вызывает утечки жидкости и износ оборудования.

Таким образом, регулирование потока с помощью дроссельного клапана является регулированием за счет потерь, поэтому с энергетической точки зрения оно еще менее предпочтительно, чем регулирование вихревыми клапанами.

Причем, как дополнение, к данному способу регулирования, можно отметить, что на практике, это очень ненадежный и грубый метод регулирования. Задвижки, заслонки находятся в постоянном контакте с жидкостью, корродируют, быстро разрушаются механически от циклов закрытия-открытия. Выставить определенную подачу дросселированием практически невозможно вследствие грубости механической системы и неадекватности ее реакции на управляющее воздействие, а также нелинейной зависимости подачи от сужения трубопровода. [5]

- **Регулирование байпасом**

С помощью байпаса ответвляется часть потока и возвращается на всасывающую сторону насоса или вентилятора. Этот способ регулирования подходит исключительно для осевых насосов и вентиляторов с повышающим количеством транспортируемой жидкости или воздуха. У радиальных насосов и вентиляторов с повышенным потреблением мощности при повышенном количестве транспортируемой жидкости и воздуха достигаемый КПД хуже, чем у всех других описанных здесь способах регулирования. [6]

- **Регулирование путем включения выключения (прерывистое регулирование)**

При таком регулировании изменение расхода обеспечивается коммутацией в гидросистему различного количества насосов. Например, если

один насос не обеспечивает необходимый расход, в параллель ему включается второй, третий и т.д.

Этот способ достаточно часто используется в настоящее время. Недостатком такого регулирования является именно его прерывистость. Качество такого регулирования нельзя назвать удовлетворительным за счет его слишком грубой дискретности, а это потери энергии и перекачиваемой жидкости. Кроме того, включение и выключение насосов приводит к постоянным гидроударам в системе, что исключительно вредно влияет на ресурс оборудования, а пусковые токи двигателей насосов вызывают 5-7 кратные, относительно номинала, скачки тока в электроцепях, что также вредно сказывается на ресурсе электрооборудования.

Чтобы компенсировать дискретность процесса, используется накопитель, например, напорный или сборный резервуар. Если этот накопитель не был предусмотрен технологической схемой, то требуются большие инвестиции. Другой существенный недостаток состоит в большом количестве контактной и силовой аппаратуры, что ухудшает показатели системы.

Известно также, что при таком регулировании обмотки двигателя разрушаются значительно быстрее, чем при постоянной работе, из-за механических напряжений, возникающих в обмотках двигателя при пуске.

Отсутствие регулирования или применение этих устаревших методов приводит к существенным потерям электроэнергии и снижению ресурса оборудования. [7,8]

Тем не менее, ни один из выше перечисленных способов регулирования расхода жидкости и сокращения энергопотребления электроприводом не в состоянии обеспечить оптимальную работу электропривода в сочетании с поддержанием необходимого давления в трубопроводе и эффективным расходом электроэнергии.

Единственный существующий для одновременного достижения всех этих целей способ - регулирование путем изменения числа оборотов вала электропривода.

Ниже отображены примерные PQ - характеристики (т.е. оптимальное соотношение мощности двигателя в зависимости от расхода воды) одного и того же электродвигателя, работающего в системе, регулируемой перечисленными выше способами. На данном графике (рисунок 1) показаны значения PQ - характеристик при разных уровнях напора (давления) воды и ее расхода:

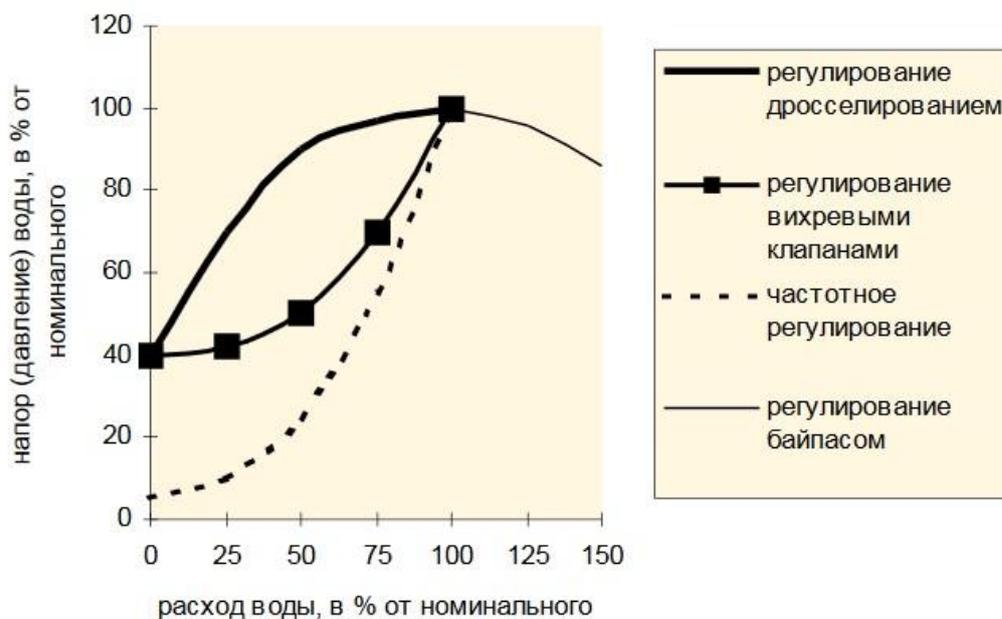


Рисунок 1 - Диаграмма зависимости КПД электропривода в зависимости от применяемого способа энергосбережения.

Как показано на этом графике, только частотное регулирование способно обеспечить минимальную мощность двигателя при минимальном расходе воды.

Для любого способа регулирования оптимальное соотношение PQ - характеристики наступает при достижении нормативного (100 %) расхода воды и одновременно нормативного давления системы (100%), когда КПД двигателя приближается к 1.

Как уже отмечалось выше, значение КПД электропривода напрямую определяет потребляемую им мощность, согласно следующей формулы:

$$P = \frac{Q \times H}{\eta}, \text{ где}$$

P - мощность электропривода;

Q - расход воды (м³/час);

H - напор (давление) воды;

η - КПД электропривода.

Соответственно, и расходуемая на поддержание данной мощности электроэнергия тем меньше, чем выше КПД. Такое соотношение обеспечивается только при изменении скорости вращения электропривода. [9,10]

1.2.2. Регулирование методом изменения скорости вращения вала электропривода

Регулирование методом изменения скорости вращения вала электропривода за счет изменения числа оборотов обеспечивает требуемую величину напора в системе без какого-либо снижения КПД электропривода. Регулирование числа оборотов - это единственный способ, обеспечивающий минимально необходимый расход при оптимальном КПД привода.

В случае применения подобного метода осуществляется поддержание достаточно постоянного давления в гидросистеме независимо от расхода воды. Таким образом, при малых расходах (например, ночью) насос вращается на малой скорости, необходимой только для того, чтобы поддерживать номинальное давление и не тратит лишней электроэнергии. И, наоборот, в случае увеличения водопотребления (например, в пиковые часы - утром, вечером или в праздничные дни), происходит пропорциональное увеличение числа оборотов электродвигателя, компенсирующее увеличение расхода воды и поддерживающее давление водопровода на заданном уровне.

Для регулирования скорости асинхронного электропривода могут применяться два типа устройств: механические вариаторы или преобразователи

частоты. Эти устройства отличаются принципами и особенностями применения. [11]

- **Вариаторы**

Вариатор - механическая передача, позволяющая бесступенчато изменять частоту вращения вала приблизительно в диапазоне 1:6. Принцип его действия основан на изменении передаточного отношения между входным и выходным валом вариатора. Изменение передаточного отношения может производиться различными способами. Например, за счет изменения радиусов качения обоих колёс, при неизменном диаметре промежуточного элемента.

При этом мощность, передаваемая от ведущего вала к ведомому (за исключением потерь на трение) сохраняется. $P = M \cdot n = \text{const}$.

То есть при уменьшении частоты вращения выходного вала момент на нем увеличивается. Характеристика работы вариатора представлена на рисунке 2

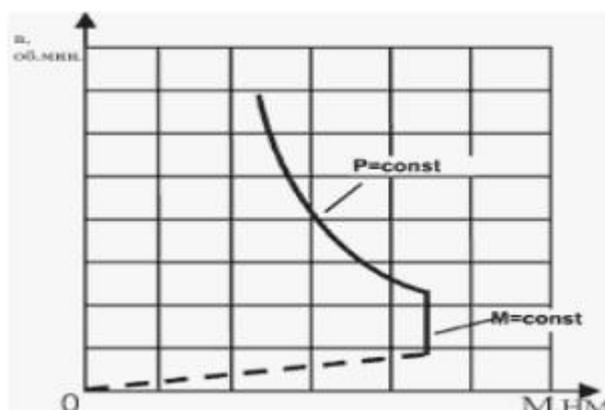


Рисунок 2 - Характеристика работы вариатора.

Регулирование частоты вращения осуществляется вниз относительно номинального значения в пределах приблизительно 1:6 (сплошная линия на рисунке). С помощью вариаторов, оснащенных планетарной передачей, можно получить частоты вращения, начиная с 0 об/мин (штриховая линия на рисунке) и почти до 10 номинальных оборотов двигателя. Частота вращения вала

двигателя остается неизменной во всем диапазоне изменения частоты вращения выходного вала вариатора.

Передачное отношение вариатора может изменяться как вручную, так и автоматически с помощью дополнительного пневмо- или электропривода. Последние два способа достаточно дороги и используются в последнее время редко. [12]

При этом необходимо отметить, что собственно электропривод продолжает работать в постоянном режиме, не обеспечивая режим экономии электроэнергии в зависимости от фактического водопотребления.

- **Частотные преобразователи**

Регулирование числа оборотов электропривода насоса может также осуществляться за счет использования в работе электропривода частотного преобразователя, электронным образом регулирующего частоту вращения вала двигателя.

Основной закон управления асинхронным двигателем в частотном режиме был сформулирован еще в тридцатых годах советским академиком Костенко. Реализовать данный закон удалось гораздо позже, когда появились мощные тиристоры. [13,14]

Совершенствование и дальнейшее развитие асинхронного электропривода было связано с силовыми транзисторными схемами. Примерно в одно и то же время, в России, Германии и Японии были разработаны принципы векторного регулирования скорости асинхронного двигателя, но реализовали эти принципы впервые, на фирме «Сименс», в ставшей хрестоматийной системе «Трансвектор». Отставание практики от теории в области асинхронного электропривода, у нас в стране, было в первую очередь, обусловлено отставанием уровня развития силовой электронной элементной базы от мирового уровня. Советские разработчики, зажатые рамками доступной элементной базы, не могли создать простых и надежных систем, в то время, как в Европе, Японии и США такие системы успешно разрабатывались и внедрялись. Эти системы получили название преобразователей частоты.

Преобразователи частоты - это электронные устройства для плавного бесступенчатого регулирования скорости вращения вала асинхронного двигателя. [15,16]

В простейшем случае частотного регулирования управление скоростью вращения вала осуществляется с помощью изменения частоты и амплитуды трехфазного напряжения, подаваемого на двигатель.

Большинство современных преобразователей частоты построено по схеме двойного преобразования. Они состоят из следующих основных частей:

- звена постоянного тока
- силового трехфазного импульсного инвертора
- системы управления.

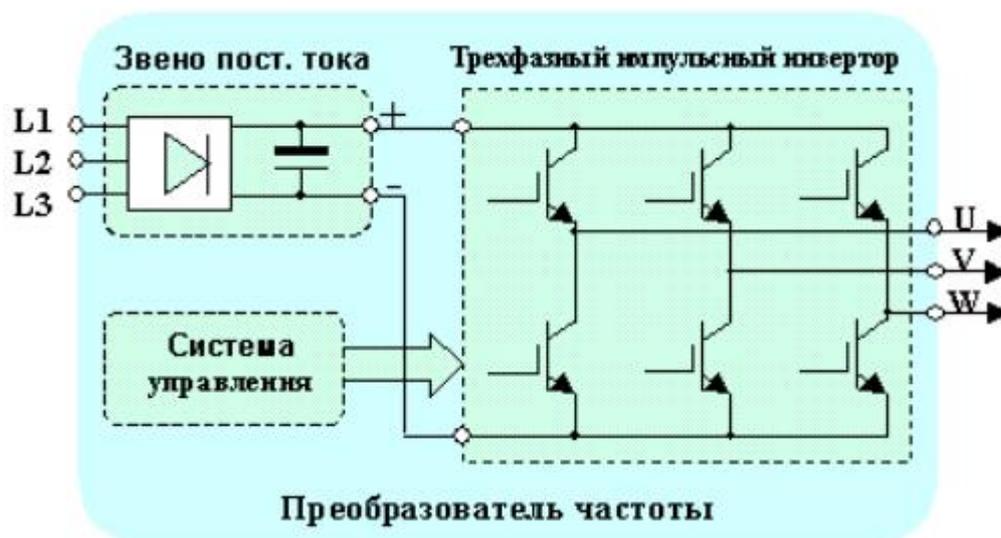


Рисунок 3 – Схема преобразователя частоты

Звено постоянного тока состоит из неуправляемого выпрямителя и фильтра. Переменное напряжение питающей сети (**L1, L2, L3**) преобразуется в нем в напряжение постоянного тока (+, -).

Силовой трехфазный импульсный инвертор состоит из шести транзисторных ключей соединенных по схеме приведенной выше. Каждая обмотка двигателя подсоединяется через соответствующий ключ к положительному и отрицательному полюсу звена постоянного тока. Инвертор

осуществляет преобразование напряжения постоянного тока в трехфазное переменное напряжение изменяемой частоты и амплитуды (U , V , W), управляющее двигателем. [17,18]

Система управления осуществляет управление силовым инвертором, используя Широтно Импульсную Модуляцию (сокращенно ШИМ), импульсно прикладывая к обмоткам двигателя напряжение звена постоянного тока, таким образом, что эффект оказывается практически эквивалентен, приложению синусоидального напряжения, требуемой частоты и амплитуды.

ШИМ характеризуется периодом модуляции, внутри которого вывод обмотки подключается, по очереди, к положительному и отрицательному полюсам звена постоянного тока. Длительность этих состояний, внутри периода ШИМ, модулируется по синусоидальному закону. При высоких (обычно 2 ... 15 кГц), тактовых частотах ШИМ, в обмотках двигателя, вследствие их фильтрующих свойств, протекают синусоидальные токи. Их частота и амплитуда определяются соответствующими параметрами модулирующей функции. Подобное импульсное управление позволяет получить очень высокий КПД преобразователя (до 98 %) и практически эквивалентно, аналоговому управлению с помощью частоты и амплитуды напряжения. [19]

Меняя параметры питающего напряжения (частотное управление) можно делать скорость вращения двигателя как ниже, так и выше номинальной.

Характеристика работы преобразователя частоты представлена на рисунке 4

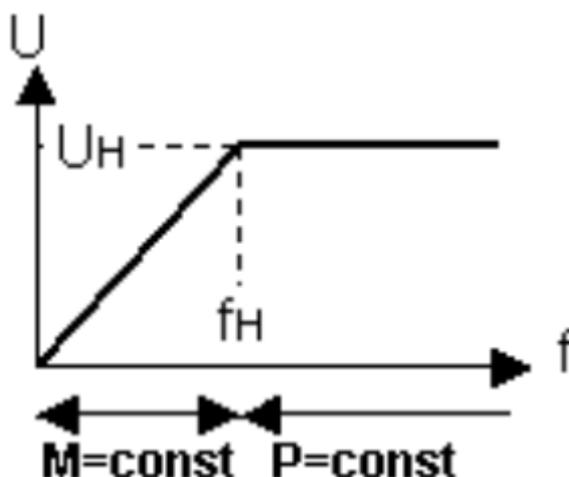


Рисунок 4 – Характеристика работы ПЧ.

В зависимости от этого различают две зоны регулирования:

Зона сохранения момента (при скоростях ниже номинальной). В этой зоне напряжение и частота двигателя связаны зависимостью:

$$U/f = \text{const} = U_{\text{ном}} / f_{\text{ном}}$$

Зона сохранения мощности (при скоростях выше номинальной).

При частотах выше номинальной мощность двигателя сохраняется, но момент падает. При использовании общепромышленных двигателей с разным числом полюсов не следует вращать их выше 3000 об/мин, так как это может привести к разрушению подшипников. Для работы на более высоких скоростях необходимо использование специализированных двигателей либо векторного регулирования (более расширенная опция частотного регулирования). При векторном регулировании, в отличие от простого частотного, управление скоростью осуществляется с помощью регулирования амплитуды и фазы вектора поля двигателя (одновременно частотой и напряжением). Такое управление является наиболее точным, но его использование при работе электропривода насосов, как правило, не требуется. В качестве примера, где необходимо использовать векторное регулирование, можно привести металлообрабатывающие (деревообрабатывающие) станки, лифты и т.п. [19,20]

- **Принцип действия преобразователя частоты**

В основу метода преобразования частоты заложен следующий принцип. Как известно, частота промышленной сети 50 Гц. При такой частоте двигатель насоса, к примеру, имеющий 2 полюса, вращается со скоростью 3000 (50 Гц x 60 сек) оборотов в минуту и дает на выходе насосного агрегата номинальный напор и производительность (т.к. это его номинальные параметры, указанные в паспорте). Если при помощи преобразователя частоты (ПЧ), понизить частоту подаваемого на него переменного напряжения, то соответственно понизятся скорость вращения двигателя, а значит изменится напор и производительность насосного агрегата. Ранее подобное регулирование частоты можно было произвести только со сложными и дорогостоящими электромеханическими устройствами типа мотор-генератор. На сегодняшний день ПЧ - это малогабаритное устройство (значительно меньше, чем аналогичный по мощности асинхронный двигатель), на современной 13 полупроводниковой базе, управляемое встроенным микропроцессорным устройством. Он может не только изменять частоту вращения двигателя, но и отслеживает его исправность. ПЧ легко сопрягается с любой системой управления технологическим процессом, его программирование просто и интуитивно понятно (конечно, в большой мере, в зависимости от производителя), обслуживание не представляет особой сложности. [21]

Если момент вращения - квадратическая функция частоты вращения, то мощность на валу двигателя уменьшается в кубической зависимости при снижении частоты вращения. Другими словами, уменьшение частоты вращения ротора на 1 единицу снижает мощность двигателя на 1^3 , что влечет за собой соответствующее снижение расходов на электроэнергию. Именно это свойство используется в насосах, вентиляторах и турбокомпрессорах с асинхронными двигателями, которые питаются от статических преобразователей частоты.

При соединении ПЧ с расходомером, получается система, которая будет поддерживать расход с точностью до долей процента. Причем в этом случае исчезают нежелательные явления, связанные с прямым пуском двигателя

насоса от сети, как при старт-стопном регулировании - отсутствуют броски напряжения, гидравлические удары, нет разрушения обмоток двигателя от рывков, пуск происходит плавно. Самое главное - двигатель затрачивает ровно столько энергии, сколько ему необходимо для обеспечения заданных показателей технологического процесса (давление воды и ее расход), а значит идет прямая экономия электроэнергии, по сравнению со старт-стопным (или любым другим рассмотренным выше) регулированием. [22]

Необходимая информация о давлении в сети поступает в блок ПЧ от специального датчика (например, датчика давления), установленного на трубопроводе после работающего насоса и сообщаемого соответствующую информацию (о падении или увеличении давления в трубопроводе в ПЧ, после чего последний соответствующим образом изменяет частоту, подаваемую на двигатель и изменяя таким образом его рабочие характеристики.

В таком случае происходит экономия электроэнергии, воды, увеличивается ресурс оборудования. [23]

В общем виде схему подключения преобразователя можно представить следующим образом (рисунок 5):

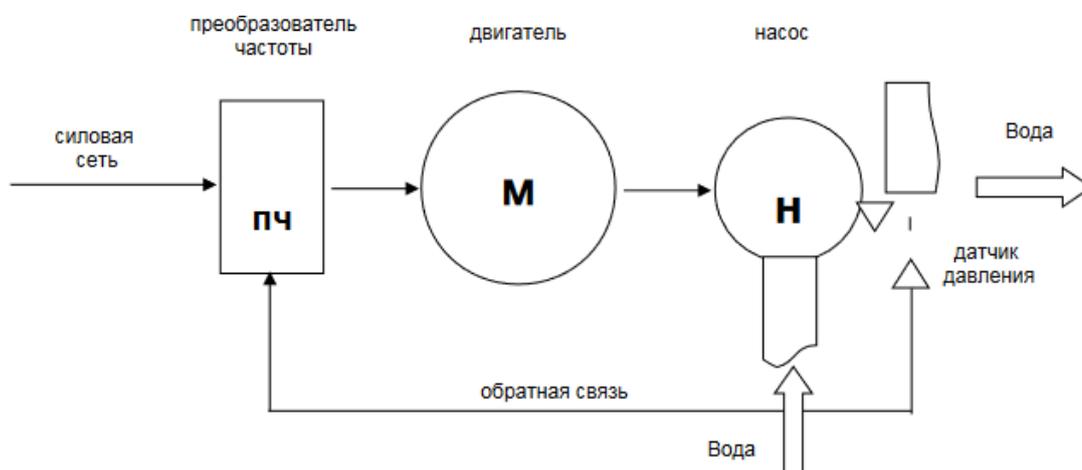


Рисунок 5 – Схема подключения преобразователя частоты

Полная защита шкафа, в котором расположен преобразователь, от пыли и влаги позволяет устанавливать подобные системы в самых жестких условиях и

экстремальных рабочих средах. Необходимые для бесступенчатого регулирования составные элементы объединены в корпусе преобразователя частоты, который может быть установлен независимо от места расположения самого привода в любом легкодоступном месте. Несмотря на малые размеры, выпускаемые в настоящее время преобразователи частоты обладают широкими эксплуатационными возможностями, позволяющие решать большинство управленческих задач.

Диапазон мощностей у различных преобразователей весьма широк и составляет от 0,4 до 500 кВт и более при стандартном питании 220/380 В и 50-60 Гц. Скорость вращения регулируется в диапазоне 0...400 Гц. С помощью выбора нужного типа характеристики. Преобразователь может оптимально настраиваться под конкретное применение и вид нагрузки (подъемник, транспортер, насос, вентилятор и т.п.). [24,25]

Преобразователь, настроенный при пуске, не требует квалифицированного обслуживания. Для исключения несанкционированного вмешательства в настройки существует специальный параметр, запрещающий все изменения (у большинства производителей). Кроме того, пульт управления может быть снят, что не нарушит работоспособность и гарантирует сохранение настроек от неквалифицированного пользователя.

Вместо пульта, на тот же разъем, может быть подключен управляющий компьютер. Преобразователи могут стыковаться с промышленными информационными сетями (Profibus/DP, Device Net, CC-link). Это делает возможным интегрирование преобразователей в уже существующие системы автоматизации. Встроенный ПИД-регулятор позволяет регулировать любой внешний параметр, поставленный в зависимость от скорости вращения двигателя: давление насоса, температуру в системах вентиляции, расход и др. [26,27]

1.2.3. Варианты использования преобразователей частоты

Существующие методы и способы изготовления и применения частотных преобразователей позволяют использовать их возможности следующим образом:

- **Работа с одним электроприводом**

В данном случае преобразователь частоты подключается непосредственно к одному электроприводу и руководит его работой в зависимости от заданных параметров и получаемой от датчика информации.

В таком случае эффект от работы электропривода определяется лишь понижением расхода электроэнергии, а также всеми косвенными источниками экономии, в разрезе одного управляемого электропривода по сравнению с его работой без частотного управления. [28]

Подключение частотного преобразователя к одному электроприводу целесообразно на тех объектах, где электропривод имеется в единственном экземпляре и его работа не имеет комплексной взаимосвязи с иными преобразователями.

При таком варианте использования преобразователя частоты получается максимальная удельная стоимость преобразователя на 1 кВт мощности двигателя, поскольку при необходимости переоснащения каждого нового электропривода преобразователем, стоимость нового преобразователя будет учитываться в полном объеме.

- **Работа в станции управления электроприводов**

В случае если на объекте расположены несколько электроприводов, работающих во взаимосвязанном режиме, то целесообразно рассмотреть установку преобразователя в комплексе с системой управления электроприводов - так называемую станцию управления электроприводами.

Станции предназначены для обеспечения регулируемого режима работы группы асинхронных или синхронных электродвигателей.

Типовая станция включает в себя:

- шкаф управления, защиты и сигнализации;
- частотный преобразователь со встроенным ПИД регулятором или софт-стартер;
- датчики контролируемого параметра.

Шкаф управления, защиты и сигнализации осуществляет подключение одного из электродвигателей к выходу преобразователя или - напрямую к силовой электросети, а также каскадное включение нескольких электродвигателей. С панели управления станции осуществляется ручное и автоматическое управление, визуальный контроль за режимами работы оборудования. [29]

Например, если на насосной станции установлены три насоса, два из которых работают в постоянном режиме, а один - резервный, включающийся в случае нехватки мощностей первых двух насосов. В таком случае на данной станции может быть установлен один преобразователь частоты, управляющей работой всех трех электроприводов одновременно при помощи специальной системы управления, причем это управление может осуществляться в любом заданном режиме - одновременная работа двигателей, дискретная работа двигателей в любом режиме и с любой производительностью, постепенное наращивание (снижение) мощности станции путем включения (выключения) новых двигателей и т.п.

Эффект применения такого варианта использования преобразователей существенно выше, чем при первом способе. Это обусловлено двумя основными причинами:

1. Стоимость преобразователя частоты будет распределяться на суммарную мощность нескольких электроприводов, включенных в систему, а стоимость системы управления не превышает
2. Суммарный прямой и косвенный эффекты от логического управления группой насосов будет превышать эффект, полученный в ходе отдельного управления каждым насосом (за счет «мягкого»

регулирования одновременно всей суммарной мощностью станции, а также включением и выключением насосов только в моменты реальной необходимости).

Соответственно, в случае увеличения числа одновременно регулируемых электродвигателей, стоимость 1 кВт преобразователя будет пропорционально уменьшаться.

- **Централизованная система управления насосными станциями**

Наибольший эффект энергосбережения может быть достигнут при создании на базе городского насосного хозяйства централизованной системы управления насосными станциями. В данном случае городские насосные станции, управляемые комплексными логическими системами управления электроприводами, подключаются при помощи компьютерной сети к единой системе управления. [33]

Преимущество такой системы заключается в том, что реализуется следующий комплекс энергосберегающих мероприятий (Рисунок 6):



Рисунок 6 – Принцип действия централизованной автоматизированной системы управления городским насосным хозяйством.

Соответственно, полный режим работы каждого насоса в городе зависит от конкретного уровня водопотребления в городе в данный момент. На момент написания настоящего документа стоимость внедрения подобной системы в г. Рязани корректно определить не представляется возможным даже в первом приближении. [35]

1.3. Технологические особенности работы насосной станции 2-го подъема водозабора "Соцгородской" г. Тольятти

Существующее здание насосной станции построено в 1968 году, по типовому проекту и представляет собой каркасное здание прямоугольное в плане с размерами 36,0х9,0 (в осях); стены из белого силикатного кирпича толщиной 380 мм; каркас- монолитные железобетонные колонны 400х500 мм; высотой - 4,400 мм; покрытие сборные железобетонные ребристые плиты по сборным железобетонным двухскатным балкам. В здании имеется подвал, глубиной 2,4 м, размерами 9х25,45 м.

Здание оборудовано мостовым краном $Q = 5 \text{ тс}$

Степень огнестойкости здания -II;

класс функциональной пожарной опасности - Ф5.1;

класс пожарной безопасности здания - СО.

В насосной станции 2-го подъема "Соцгородского" водозабора установлено две группы насосов. Первая группа состоит из четырех насосов, типа 20 НДС с электродвигателями.

насос №1 - СДН 2-16-49, 1250 кВт, 1000 об/мин, 6000В

насос №2 А-13-59-6, 800 кВт, 985 об/мин, 6000В

насос №3 А-13-59, 800 кВт, 985 об/мин, 6000В

насос №4 А-13-4, 250 кВт, 1480 об/мин, 6000В

Насосы первой группы предназначены для перекачки воды из резервуаров чистой воды в городскую водопроводную сеть.

Вторая группа состоит из двух дренажных насосов с электродвигателями А -32-2, 290 об/мин, 1,7кВт, 380В.

Данные о технических характеристиках насосных агрегатов приведены в таблице 1.

Существующая схема насосной станции 2-го подъема водозабора "Соцгородской" г.Тольятти приведена на рисунке 7

Таблица 1 – Характеристика существующих насосных агрегатов

Порядковый номер насоса	Марка насоса	Подача, м3/ч	Напор, м	Тип	Мощность, кВт	Об/мин	Габаритные размеры	Масса, кг	Год выпуска, % износа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N1	22НДС Д4000-95 АД4000-95-2	4000	95	СДН-2 16-49-6У3	1250	1000	4850x800x1750	12050	1973-1982г.г., 100%
N2,3	20НДС Д3200-75 АД3200-75-2	4000	75	А-13-59-6	800	980	43110x1700x1740	8930	1973-1982г.г., 100%
N4	300Д-90	1080	68	А-114-4	250				1973г., 100%
Дренажный насос	2К-6 К20/30 К65-50-160			А042-2А	2,8	2900		76	
Дренажный насос	2К-6 К20/30 К65-50-160			А042-2А	2,8	2900		76	
Дренажный насос	СД115/7,5 К20/30 К65-50-160				7	960	1220x420x480	550	1983г.

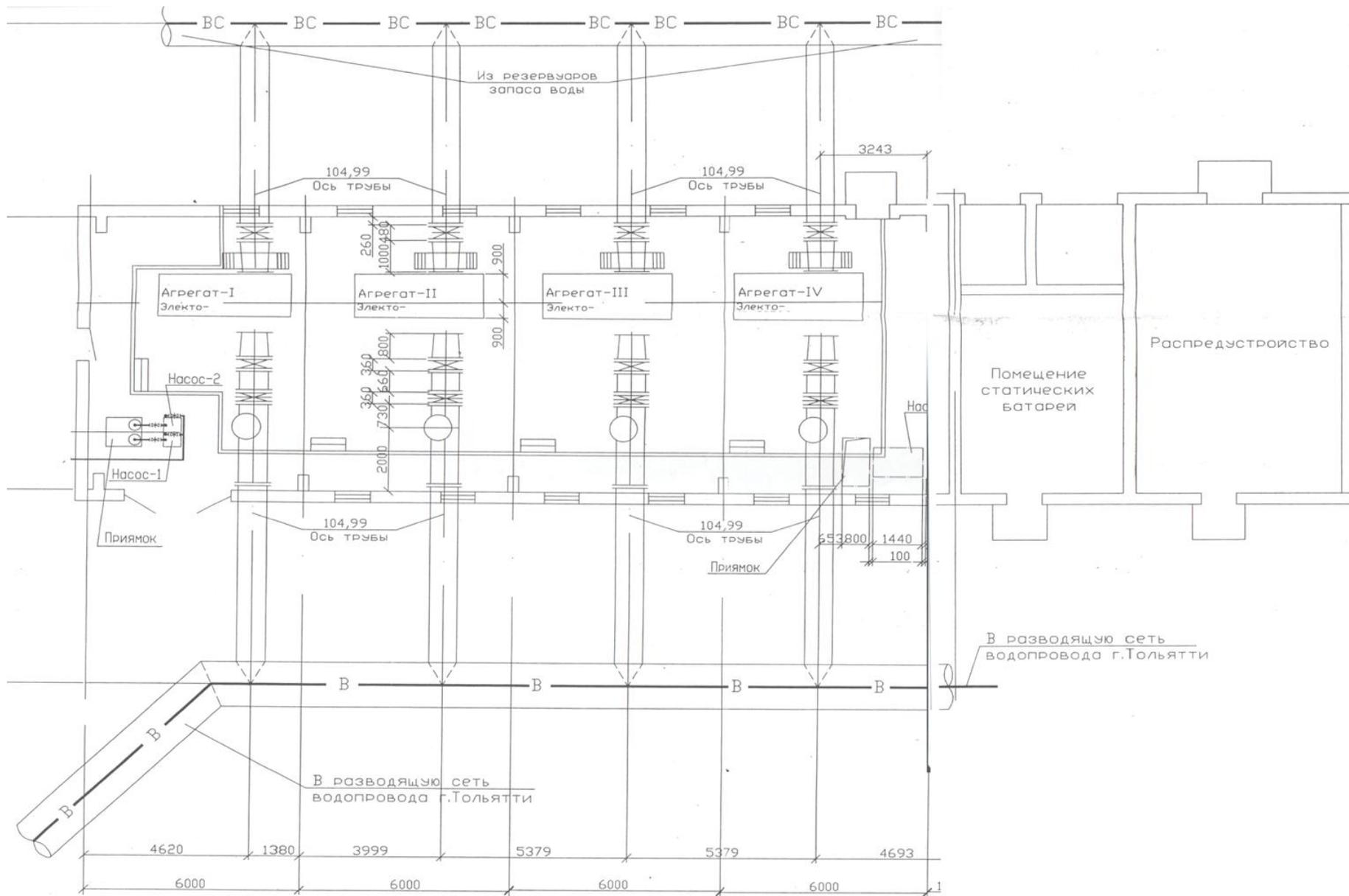


Рисунок 7 – Существующая схема насосной станции 2-го подъема водозабора "Соцгородской" г.Тольятти

Управление и автоматика

Насосные агрегаты первой группы работают с местного управления. Запуск насосов производится на закрытую запорную задвижку постоянно обслуживающим персоналом.

Насосы второй группы - дренажные (один рабочий, один резервный) могут работать с местным управлением и автоматически в зависимости от уровня воды в дренажном приемке.

Насосы в каждой группе взаимозаменяемы.

Выбор режима работы насосов производится при помощи ключей установленных на шкафах управления.

Управление магистральными задвижками осуществляется со щита управления.

Электротехнические данные

В электропомещении насосной станции размещается ЗРУ-6кВ, два силовых трансформатора 610,4кВ, мощностью 160 кВа, две конденсаторные установки типа КУ-6-1, низковольтный щит из трех панелей Щ059, щит станций управления (распределительный щит 380/220 В) и щит управления.

ЗРУ - кВ состоит из шкафов типа КСО-266 с выключателями ВМГ -10-630-20 и ВБЭМ-10

Аппаратура управления насосами размещается в шкафах, установленных в машинном зале.

Оба ввода 6кВ являются рабочими. На шинах 6кВ предусматриваются АВР при помощи масляного выключателя.

На стороне 380/220В предусматриваются две секции шин. В нормальном режиме включены оба трансформатора. При аварийном отключении одного из них при помощи устройства АВР включается секционный автомат низковольтного щита.

Для управления масляными выключателями применяются привода ПП-67К и ПП67.

Питание схемы автоматического управления насосными агрегатами осуществляется переменным током 220В.

Электрические нагрузки

Расчет электрических нагрузок произведен исходя из следующих условий:

Для проектируемого варианта - допускается одновременная работа трех насосных агрегатов;

В расчете учтены нагрузки от существующих электроприемников не подлежащих замене.

Данные расчета электрических нагрузок приведены в таблице 2

Таблица 2 – Исходные данные для расчета электрических нагрузок

$P_{уст}$ кВт	P_p кВт	$P_p \max$ кВт	\cos	S_p	K_3 тр-ров %	$W_r P_p \times t$ тыс. кВт. час
2040	1265	1574	0.9	1406	44	11081

K_3 тр-ров – коэффициент загрузки трансформаторов.

t – количество часов в год

По результатам расчета к установке принята трансформаторная подстанция на напряжение 60,4 кВ с двумя трансформаторами мощностью по 1600 кВА.

Расход электроэнергии определен ориентировочно по расчетным нагрузкам.

Расчетный учет электроэнергии осуществляется существующими счетчиками активной энергии, установленными на ПС 110/6кВ «Западная» в ячейках № 1 и № 35 отходящих линий электроснабжения насосной станции.

На вводе питающей сети 6кВ в насосной предусмотрен технический учет активной энергии трехфазными счетчиками марки СЭТ-4.- Электроснабжение

По степени надежности электроснабжения электроприемники насосной станции 2-го подъема относятся к первой категории надежности.

В настоящее время электроснабжение насосной станции осуществляется на напряжение 6кВ от ПС 110/6кВ «Западная» по двум существующим взаиморезервируемым кабельным линиям.

Подстанция размещается на площадях существующей трансформаторной подстанции собственных нужд и статических конденсаторов. Оборудование подстанции собственных нужд и статических конденсаторов демонтируется.

Силовое электрооборудование

Основными потребителями электроэнергии насосной станции являются электродвигатели технологического и сантехнического оборудования, электрическое освещение.

В проекте внутреннего электрического освещения насосной станции предусматривается:

- общее рабочее освещение;
- аварийное освещение для продолжения работы;
- переносное освещение.

Выбор освещенности производить на основании СНиП 1123-05-95.

Напряжение сети общего освещения 380/220В с глухо-заземленной нейтралью трансформатора. Питание светильников переносного освещения предусматривается от ящиков с понижающим трансформатором 220/36В типа ЯТП-0,25.

В качестве источников света предусматриваются лампы накаливания, люминесцентные лампы и лампы ДРЛ. Выбор типа светильников производился исходя из назначения помещений и УСЛОВИЙ окружающей среды.

Теплоснабжение и вентиляция

Существующее отопление помещения машинного зала насосной станции - электрическое, на внутреннюю температуру 5°C - удовлетворяет требованиям действующих строительных норм.

Вентиляция машинного зала - приточно-вытяжная с механическим и естественным побуждением:

- вытяжка - механическая (осевым вентилятором) и через шахты 0500мм с установкой дефлекторов (три системы);
- приток - естественный, неорганизованный, через открываемые фрамуги окон.

В связи с увеличением теплоступлений при замене насосного оборудования существующий воздухообмен недостаточен для удаления теплоизбытков в теплый период года.

Можно предусмотреть замену одной из 3-х систем естественной вытяжки на механическую с установкой крышного вентилятора ВКРМ - 6.3 - 03 производительностью 7500 м³/час.

Замена обеспечит нормируемые параметры воздушной среды в машинном зале.

Нынешнее техническое состояние насосной станции 2-го подъема водозабора "Соцгородской", а именно 100% физический и моральный износ оборудования насосной станции требует её модернизации.

2. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ 2-ГО ПОДЪЕМА ВОДОЗАБОРА "СОЦГОРОДСКОЙ" Г. ТОЛЬЯТТИ

2.1 Обоснование замены технологического оборудования насосной станции 2-го подъема для повышения энергоэффективности всей системы

Наиболее оптимальным вариантом решения поставленной задачи является замена всех существующих насосов на насосы вертикальные марки UP KM 3100 U 210-4/70 производительностью 1600 м³/час напором 50 м.вод.ст. с электродвигателем мощностью 315 кВт.

Запроектировано две группы насосов (1-я группа насосов - рабочая, 2-я резервная). В каждой группе устанавливается по 3 насоса.

Подбор насосов выполнен на основании следующий расчетных данных:

- суточный расход водопотребления - 84400 м³/ч
- максимальный часовой расход водопотребления - 4280 м³
- минимальный часовой расход- 1882 м³
- требуемый напор на выходе из насосной станции: 45-50 м.вод.ст.

Технологические решения соответствуют нормативным документам.

2.1.1 Режим работы и водопотребление насосной станции 2-го подъема

Исходными данными для выбора технологического оборудования являются:

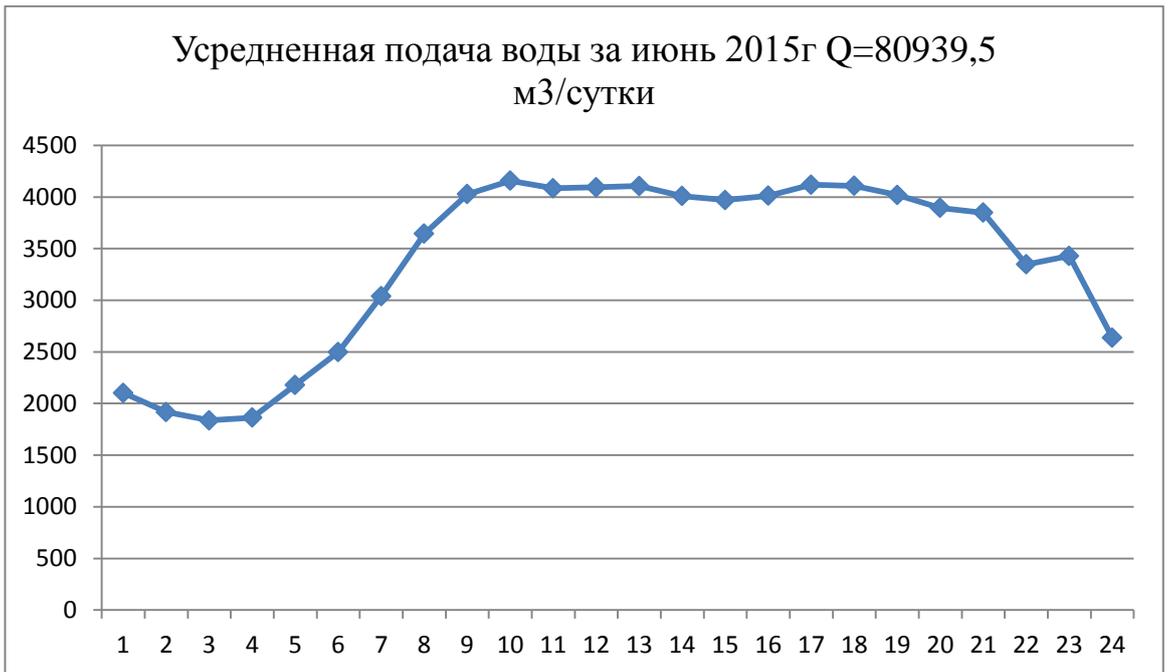
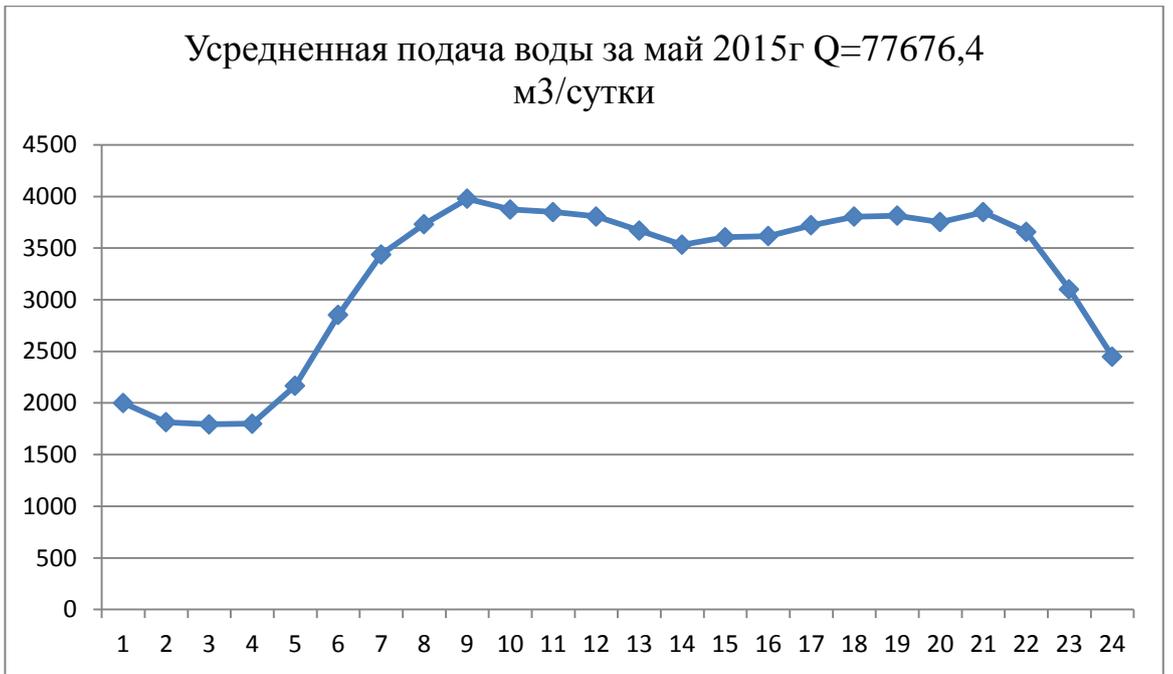
- эксплуатационный запас подземных вод "Соцгородского" водозабора в количестве 84.4тыс.м³/сут.

- расчетный напор насосного оборудования 45-50 м.вод.ст

- усредненный график проектного водопотребления по часам суток.

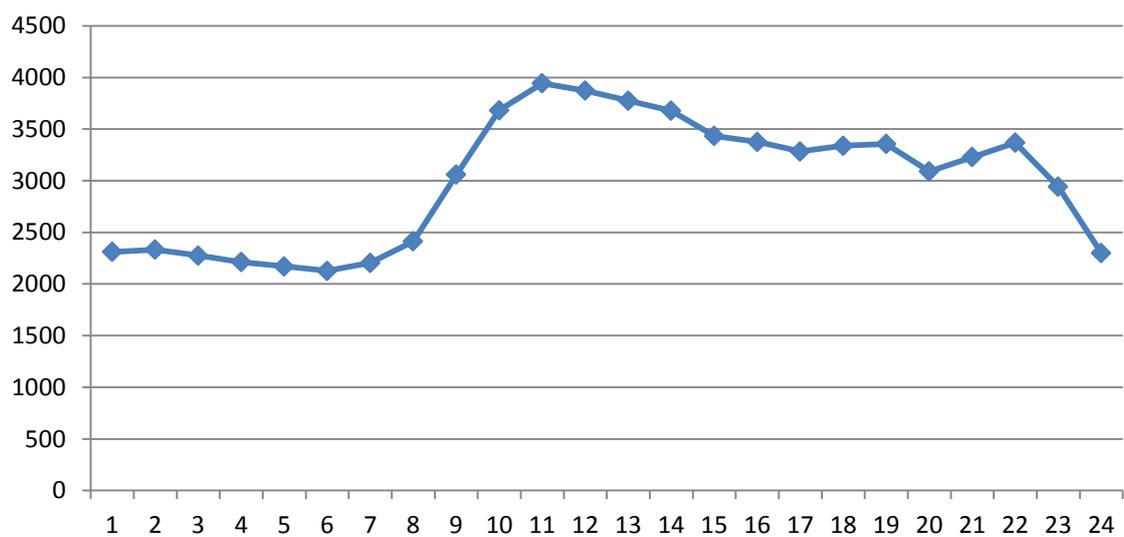
Для построения усредненного графика проектного водопотребления был проведен анализ графиков водопотребления за год и определены процентные соотношения водопотребления по часам суток. Графики водопотребления представлены ниже.



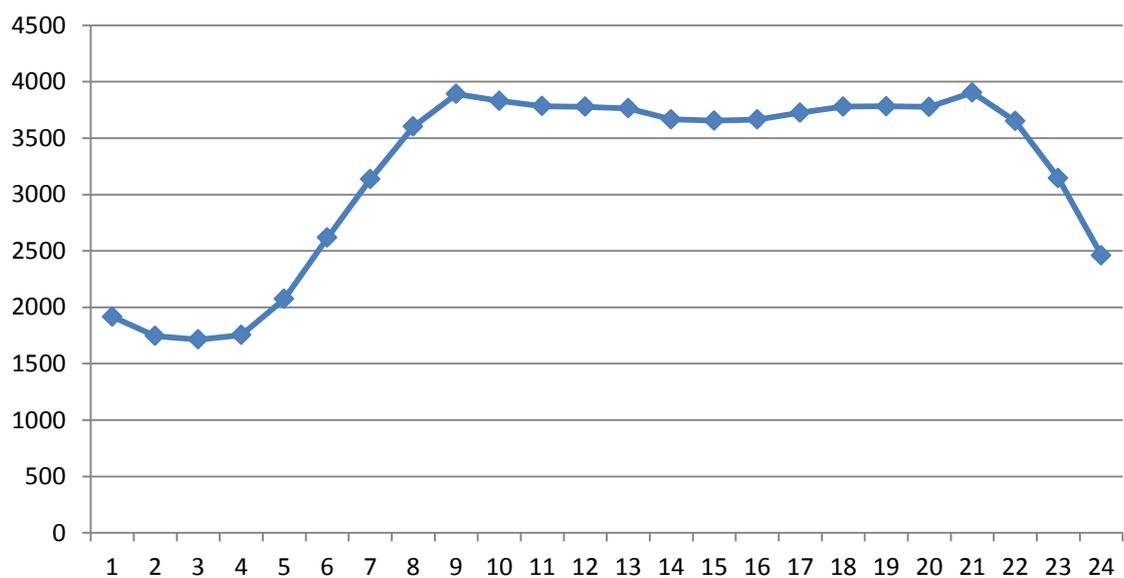


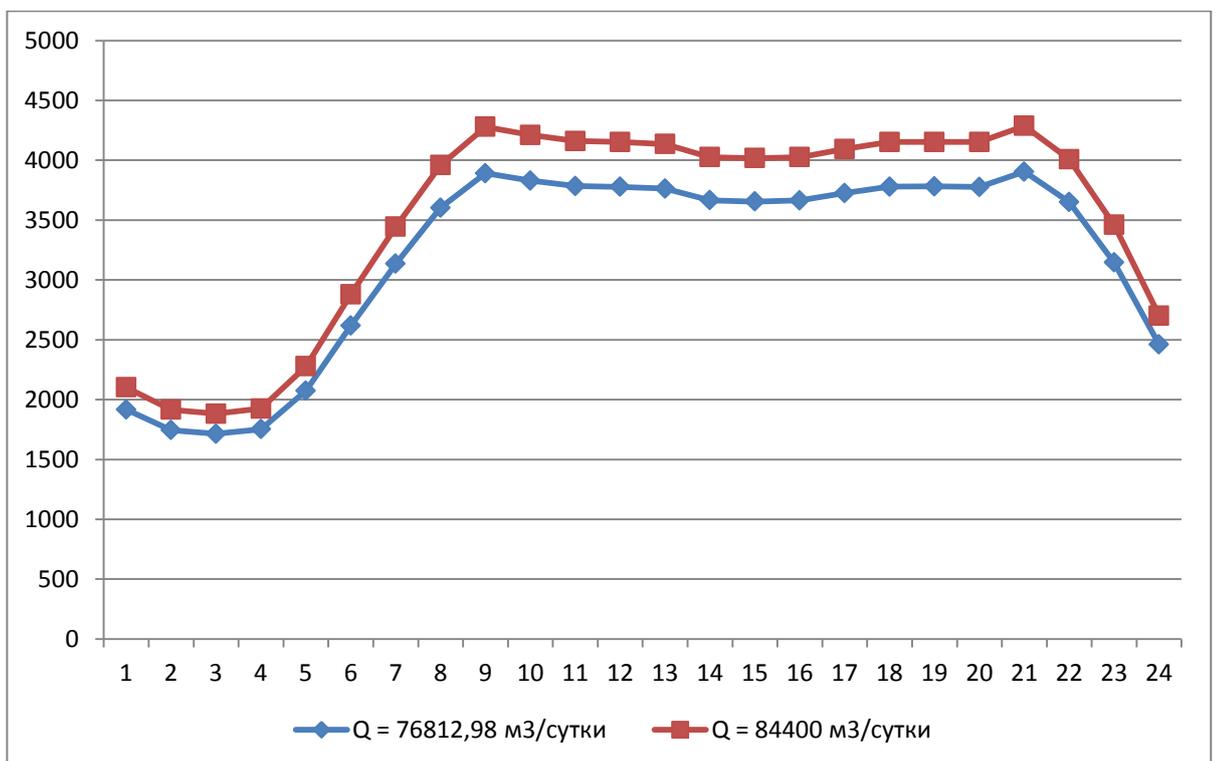


Усредненная подача воды за январь 2016 г Q=70680,5 м3/сутки



Усредненная подача воды за 2015г Q=76812,98 м3/сутки





На основании выше указанных графиков определены следующие расчетные характеристики по расходам:

- суточный расход - 84400м^3 ;
- максимальный часовой расход - 4280м^3 ;
- минимальный часовой расход - 1882м^3 ;

— средний часовой расход - 3517м^3 .

Расчетные расходы воды для выбора насосного оборудования приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчетные расходы воды

Наименование	Суточный расход $\text{м}^3/\text{сут}$	Часовой расход $\text{м}^3/\text{час}$		
		максимальный	минимальный	средний
Проектируемое водопотребление	84400	4288	1882	3517
Существующее водопотребление	76813	3904	1714	3200

2.1.2 Обоснование выбора насосного оборудования

Определение напора насосной станции

Годами "Водоканал" держал давление в сети $P = 4,0$ атм. и обеспечивал район водоснабжением. Поэтому нет смысла повышать давление до $P = 6$ атм. При повышении давления увеличится количество утечек на сетях, т.е. увеличатся потери воды. Оптимальное давление $P = 5$ атм.

Предварительный подбор насосов и электрических двигателей

В час максимального хозяйственного водопотребления подача насосной станции должна составлять $Q_{\text{нас.ст.}} = 1190$ л/с и напор не ниже $H = 50\text{м}$. Соответственно, подача каждого насоса определяется по формуле 1:

$$Q_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{нас.ст.}}}{3}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{нас.ст}}$ – Общая подача насосной станции

$$Q_n = \frac{1190}{3} = 396 \text{ л/с},$$

Подача каждого насоса будет равна 396 л/с, а напор $H = 50$ м (насосные агрегаты одноступенчатые).

По каталогу насосов определим марку насоса, энергетические параметры которого с максимальной точностью соответствуют расчетными Q_n и H .

Предварительно выбирается насос марки UP KM3100 с параметрами:

$$n = 1450 \text{ об/мин},$$

$$\eta = 0,82,$$

$$\text{вес} = 1129 \text{ кг}.$$

Марка электродвигателя подбирается с учетом параметров мощности насоса. Мощность насоса определяется по формуле 2:

$$N_{\text{нас}} = \frac{Q \times H \times \gamma}{102 \times \eta_n \times \eta_{\text{пр}}}, \quad (2)$$

где Q - подача воды, м³/с;

H - напор воды в м;

γ - объемный вес воды, кг/м³; $\gamma = 1000$ кг/м³

$\eta_{\text{пр}}$ = к.п.д. привода

$$N_{\text{нас}} = \frac{0,396 \times 50 \times 1000}{102 \times 0,82} = 240 \text{ кВт},$$

Мощность электродвигателя рассчитывается по формуле 3:

$$N_{\text{дв}} = N_{\text{нас}} \times k \quad (3)$$

где k - коэффициент запаса; принимается по таблице 4.

$$N_{\text{дв}} = 240 \times 1,15 = 276 \text{ кВт}$$

Таблица 4 – Коэффициенты запаса для электродвигателей:

Мощность N, кВт	< 20	20-50	50-300	> 300
$K_{зап}$	1,25	1,2	1,15	1,1

По каталогу насосов подбирается марка электродвигателя U210-4/70 с номинальными параметрами: $N_{дв} = 315$ кВт (несколько больше расчетной $N_{дв} = 276$ кВт), $n = 1450$ об/мин, $U = 660$ В, $\cos\varphi = 0,9$, $\eta_{дв} = 0,95$, вес = 1425 кг. Вес насосного агрегата составляет 2554 кг.

Рабочая характеристика насоса приведена на рисунке 8.

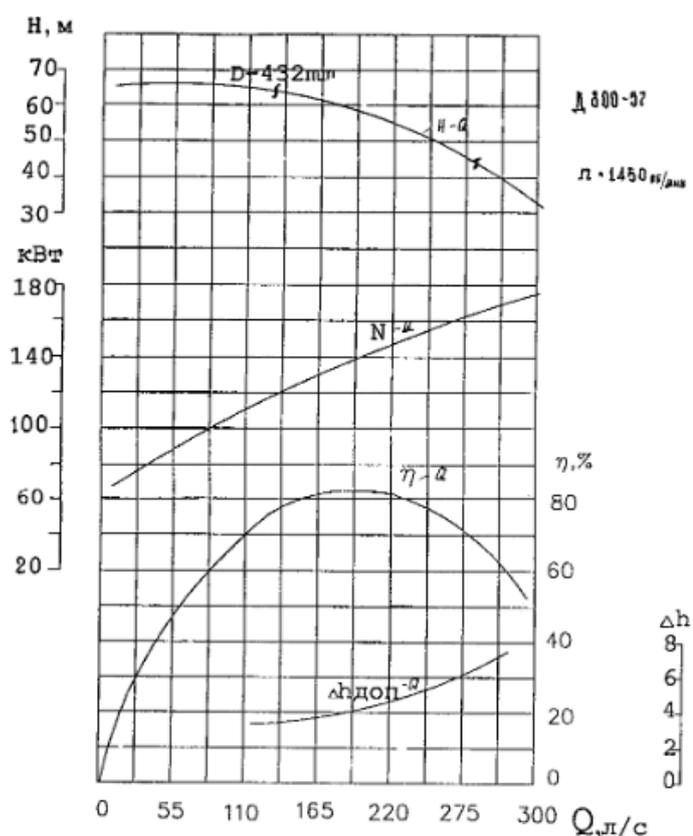


Рисунок 8 – Рабочая характеристика насоса

На основании расчетных параметров, указанных выше произведен выбор насосного оборудования. Выбранное насосное оборудование сведено в таблице 5.

Таблица 5 – Проектируемое насосное оборудование

N позиции	Наименование оборудования	Количество насосов в шт.	Примечание
I	Насосы вертикальные марки UP KM3100 U210-4/70 производительностью 1600 м3/час напором 50 м.вод.ст. с электродвигателем мощностью 315 кВт	3	Рабочие
II	Насосы вертикальные марки UP KM3100 U210-4/70 производительностью 1600 м3/час напором 50 м.вод.ст. с электродвигателем мощностью 315 кВт	3	Резервные

Проектируемый план насосной станции 2-го подъема водозабора "Соцгородской" г. Тольятти представлен на рисунке 9.

2.2. Оптимизация работы насосов путем использования частотно-регулируемого привода

Объектом автоматизации является насосная станция 2-го подъема

Модернизацией предусматривается вариант комплектации насосной станции технологическим оборудованием. Оптимальное энергопотребление оказывает существенное влияние на жизненный цикл насосного оборудования.

Основной потенциал по энергосбережению заключается в замене регулирования подачи насоса задвижкой, на частотное или, т.е. применении систем, способных адаптировать параметры насоса под требования системы. При принятии решения о применении того или иного способа регулирования необходимо учитывать, что каждый из этих способов также следует применять, отталкиваясь от параметров системы, на которую работает насос. [36,37]

Для проектируемого варианта с тремя рабочими и тремя резервными насосами на рисунке 10 приведена однолинейная электрическая схема, обозначения приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Обозначения к рисунку 10

Номер	Тип	Номинальная мощность, кВт	Ток, А L_H / L_n	Наименование
ЧРП1				Привод частотно-регулируемый
М-Н3	EMU UP KM3100 U210-4/70	310	580/986	Насос Н3
М-Н2	EMU UP KM3100 U210-4/70	310	580/986	Насос Н2
М-Н1	EMU UP KM3100 U210-4/70	310	580/986	Насос Н1
1ЩСУ		27,9	37	Щит станции управления(проектируемый)
ЩСУ		62	85	Щит станции управления(существующий)

Продолжение таблицы 6

М-Н4	EMU UP KM3100 U210-4/70	310	580/986	Насос Н4
М-Н5	EMU UP KM3100 U210-4/70	310	580/986	Насос Н5
М-Н6	EMU UP KM3100 U210-4/70	310	580/986	Насос Н6
ЧРП2				Привод частотно-регулируемый
1ЩСУ		29,6	39	Щит станции управления(проектируемый)
ЩСУ		61	82	Щит станции управления(существующий)

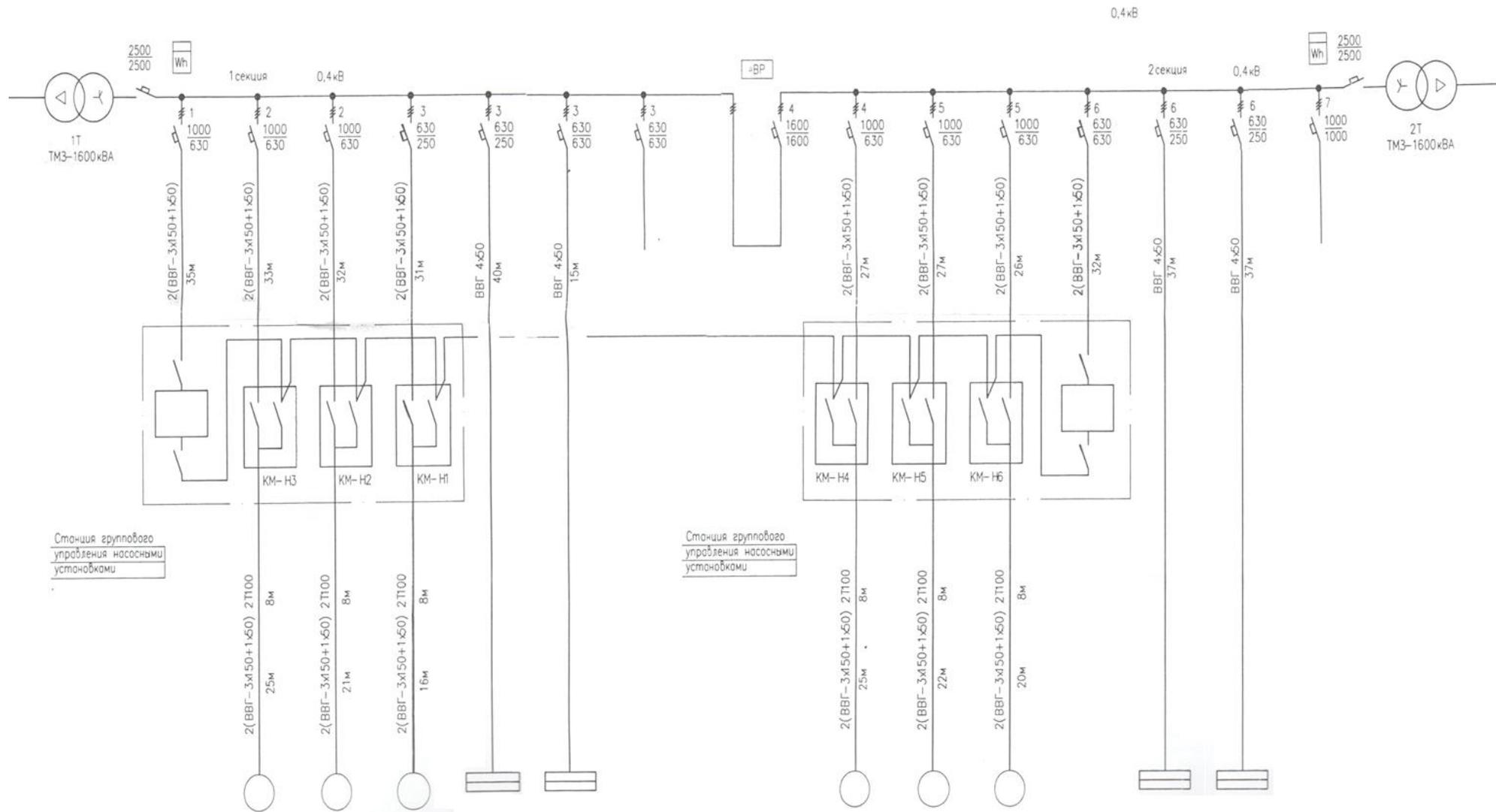


Рисунок 10 – Однолинейная электрическая схема

2.2.1 Основные функции и технологические особенности работы станции управления

Для управления насосными установками разработана станция группового управления на базе частотно-регулируемого электропривода осуществляющего электроснабжение и автоматическое оперативное управление группой насосных установок с асинхронными трехфазными короткозамкнутыми электродвигателями на номинальное напряжение 380В частотой 50Гц мощностью от 310 до 500кВт.

- Станция обеспечивает поддержание на заданном уровне давления посредством автоматического регулирования частоты вращения одного из электродвигателей, а также путем автоматического изменения числа работающих нерегулируемых электродвигателей. При этом осуществляется плавный частотный пуск каждого из двигателей и плавное снижение частоты вращения перед остановкой.
- Система управления выполняет «мягкие» включения, отключения и переключения электродвигателей, обеспечивая «щедящие» переходные режимы без гидравлических ударов и вредных электродинамических процессов

Система автоматики станции группового управления осуществляет:

- питание электродвигателей насосных установок от преобразователя частоты частотно-регулируемого электропривода или от сети переменного тока напряжением 380В частотой 50Гц,
- включение, отключение и переключение электродвигателей насосных установок вручную и автоматически по заданному алгоритму;
- установок вручную и автоматически по заданному алгоритму;
- автоматическое управление технологическим процессом с поддержанием заданного давления в напорном трубопроводе водоснабжения частотнорегулируемым электроприводом по замкнутому контуру

- регулирования с отрицательной обратной связью от технологического датчика;
- замену режимов работы насосных установок по времени с целью обеспечения равномерной амортизации технологического и электротехнические оборудования;
 - регистрацию и отображение информации о работе оборудования

Состав станций управлений

Станция управления включает в себя:

- Частотнорегулируемый электропривод состоящий из одного силового преобразователя частоты, регулятора частоты обеспечивающего пропорционально-интегральный закон регулирования - рабочий ЧРП и резервный ЧРП
- Панель управления с программируемым контроллером, с клавиатурой и табло, обеспечивающими управление насосными установками вручную, программирование автоматического управления, изменение алгоритма управления, изменение алгоритма управления, наладку и изменение параметров регулирования, сигнализацию отклонения от нормальных режимов работы и информацию.
- Коммутационную аппаратуру, обеспечивающую включение, отключение и переключение электродвигателя насосов в автоматическом режиме в соответствии с требованиями технологического процесса по заданному алгоритму управления или в ручном режиме.

Режимы работы:

Станция управления обеспечивает следующие режимы насосных установок:

- Постоянную работу одного электродвигателя (любого из четырех или шести по заданной программе) от частотнорегулируемого привода в автоматическом режиме регулирования технологического параметра
- Автоматическое включение дополнительного электродвигателя (любого из оставшихся трех или пяти по заданной программе)
- Автоматическое отключение электродвигателя дополнительного насоса
- Автоматическое включение электродвигателя резервного насоса при выходе из строя рабочего насоса, работающего от преобразователя частоты
- Автоматическое включение электродвигателя рабочего насоса, работающего от преобразователя частоты, на работу от сети при нарушениях режима работы частотно-регулируемого привода и преобразователя частоты или при отключении преобразователя частоты от сети и подключение резервного преобразователя частоты

В режиме ручного управления осуществляется:

- Пуск и остановка любого насоса от частотно - регулируемого привода от одного импульса с дальнейшей реализацией процесса по алгоритму автоматического управления.
- Прямой пуск и остановка любого электродвигателя от сети.
- Замена режимов работы насосных установок по времени для обеспечения равномерной амортизации оборудования.

Проектом предусматривается телемеханизация диспетчеризации управления. В объем телемеханизации входят:

- Телеуправление (ТУ) рабочими и резервными насосами.
- Телесигнализация (ТС):
- АВР насосов;
- аварийных состояний;

- предупреждение о неисправностях;
- затопления станции;
- работы насосов «вкл-откл»
- управления «местное - автоматическое»
- температуры подшипников насосов;
- Телеизмерение (ТИ):
- Давления воды в напорном коллекторе;
- Расхода воды в напорных водоводах
- Объем телеинформации с панели управления с программируемым контроллером передается на диспетчерский пункт на панель оператора.

Сведения о наличии и характеристиках систем автоматического регулирования, блокировок, сигнализации, а также безаварийной остановки технологического процесса

Прекращение деятельности объекта в минимально возможные сроки, а также исключение или уменьшение масштабов появления вторичных поражающих факторов осуществляется обслуживающим персоналом:

- немедленно прекращаются все виды работ;
- удаляются все люди;
- закрываются все окна помещений.

Согласно СНиП2.04.02-84* п.7.18 в машинном зале предусматривается противопожарный водопровод расходом 2.5л/с, для чего устанавливаются два пожарных крана 50мм. [39,45]

Пожарная безопасность здания обеспечивается следующими противопожарными мероприятиями:

- наличием и применением несущих и ограждающих конструкций с регламентированным пределом огнестойкости и пределом

- распространения огня по этим конструкциям, соответствующим II-й степени огнестойкости здания;
- применением негорюемых строительных материалов для отделки помещений, через которые проходят пути эвакуации;
 - устройством выходов из помещения и здания в целом в зависимости от количества находящихся в них;
 - соблюдением нормативных расстояний от дверей наиболее удаленных помещений до эвакуационных выходов, количества лестничных клеток, размеров коридоров, дверей, окон и их конструктивным исполнением в соответствии с требованиями главы СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений» и других нормативных документов.
 - устройством выхода на чердак и на кровлю по внутренней эвакуационной лестнице. Автоматического пожаротушения в помещении насосной станции согласно СНиП 2.04.01-85.

Оборудование насосной 2-го подъема устройствами автоматической пожарной сигнализации не требуется в соответствии с требованиями НПБ 88-2001* и РД 78.145-93.

2.2.2 Возможные варианты ЧРП на насосной станции 2-го подъем

Шкафы (станции) управления насосами 2-го подъема обеспечивают поддержание заданного давления воды в сети путем регулирования частоты вращения двигателей насосов.

Насосные станции второго подъема предназначены для подачи очищенной воды из резервуаров очистного сооружения в городские сети и обеспечивают поддержание давления в сети на заданном уровне.

В отличие от насосных станций первого подъёма, подача станций второго подъёма неравномерна в течение суток. Насосы второго подъема выбираются так, чтобы обеспечить максимальную подачу (расход) воды в часы пик. Если

давление на напорном коллекторе падает ниже нормы на данный момент времени, то запускается очередной насос. Давление возрастает дискретно.

Электропривод станций управления насосами второго подъема как правило оснащен частотным преобразователем и мягкими пускателями. Также возможно изменение комплектации электропривода (преобразователь частоты на каждый насос, отсутствие мягких пускателей).

При подключении насосов малой мощности (до 4 кВт) применимы станции управления с релейным регулированием.

В случае установки шкафа управления на объектах I и II категории электроснабжения шкаф может быть изготовлен с питанием от двух независимых источников электроснабжения (с встроенным АВР или без). Возможно подключение от одного до шести насосов.

Для нашего проектируемого варианта с асинхронными трехфазными короткозамкнутыми электродвигателями на номинальное напряжение 380В частотой 50Гц мощностью от 315 до 500кВт. В таблице 7 показаны возможные варианты моделей станций управления с ЧРП.

Таблица 7–Проектируемые варианты ЧРП

Модель	Мощность, кВт	Потребляемый ток, А	Напряжение питания, В	Цена	Фото
ERMAN E-9(G/P)- 315T4	315	600	380	960000	
TITAN- 314A43A	315	605	380	1120000	

Модель	Мощность, кВт	Потребляемый ток, А	Напряжение питания, В	Цена	Фото
Hyundai N700E-3100HF	310	600	380	1200000	

Станции управления асинхронными электродвигателями являются комплектными низковольтными устройствами. Они служат для защиты и автоматизации управления по заданным технологическим параметрам, в том числе плавный пуск двигателей, реверс, плавную остановку и регулирование частоты вращения и момента в заданном диапазоне на валу одного или нескольких трехфазных асинхронных электродвигателей, их каскадное включение посредством преобразователей частоты.

Главный принцип действия основан на управлении моментом двигателя путем взаимосвязанного с ним управления напряжением в статоре асинхронного двигателя при изменении частоты переменного тока, подаваемого на него. Двигатель может работать с частотой вращения от 0 до номинальной скорости, на которую он рассчитан. Это важно, поскольку в некоторых случаях необходимо изменять частоту вращения привода с течением времени или точно выдерживать параметры технологического процесса, поддерживая заданные обороты механизма технологической установки.

В функции станции управления с частотно-регулируемым приводом СУЧП входит: плавный пуск/останов электрических двигателей, управление и защита элементов оборудования от недопустимых режимов работы и интегрирование в состав систем автоматизированного управления технологическими процессами (АСУ ТП).

Типовая станция управления с частотно-регулируемым приводом СУЧП это металлический шкаф для настенного или напольного монтажа с

односторонним обслуживанием и степенью защиты IP по ГОСТ 14254-96. Конструкция ЧРП обеспечивает легкий доступ к узлам в процессе монтажа и наладки.

В зависимости от типовой схемы в шкафе устанавливаются силовые коммутационные аппараты, защитные устройства, устройства автоматизации и непосредственно преобразователи частоты и устройства плавного пуска станции управления ведущих мировых производителей ERMAN, TITAN, Hyundai, Siemens и др.

С лицевой стороны на дверце шкафа СУЧП расположены органы управления и сигнализации, такие как кнопка сброса защит, кнопки выдачи команд на пуск и останов электропривода, индикатор наличия силового напряжения питающей сети, сигнальная арматура «Готовность», «Пуск» или «Вперед», «Назад», «Окончание пуска», «Перегрузка», «Авария», переключатели режимов работы, амперметры, выносной терминал, терминал модуля автоматизации (НМІ) и прочие.

Кабели ввода и вывода силовых цепей могут быть расположены как снизу, так и вверху шкафа.

3. ТЕХНИКО–ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
ПРЕДЛОГАЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ
НАСОСНОЙ СТАНЦИИ 2-ГО ПОДЪЕМА ВОДОЗАБОРА
"СОЦГОРОДСКОЙ" Г. ТОЛЬЯТТИ

3.1 Экономическое обоснование проекта.

Существующая насосная станция состоит из четырех насосов:

насос №1 - СДН 2-16-49, 1250 кВт, 1000 об/мин, 6000В

насос №2 А-13-59-6, 800 кВт, 985 об/мин, 6000В

насос №3 А-13-59, 800 кВт, 985 об/мин, 6000В

насос №4 А-13-4, 250 кВт, 1480 об/мин, 6000В

Потребляемое количество электроэнергии на насосной станции 2-го подъема будет равно 3100 кВт/ч.

соответственно в год насосная станция потребляет 27156000 кВт

Технико-экономические показатели представлены в таблице 8

Рассчитаем годовое потребление электроэнергии. Расчеты приведены в таблице 9

Таблица 8 – Технико-экономические показатели

Наименование показателей	Проектируемый вариант
Производительность насосной станции:	
- м ³ /сут	84400
- м ³ /сут	30806
Сметная стоимость тыс. руб.	34317,582

Таблица 9 – Расчет годового потребления электроэнергии

Оборудование	Наименование статей расходов	Формулы для расчета	Расчет
Существующие насосы	Энергия на технологические нужды (1кВт = 2,2 руб.)	$W = P \cdot p \cdot d$, где P - мощность оборудования; p - стоимость 1кВт; d - кол-во дней в году	$74400 \cdot 2,2 \cdot 365 = 59743200$ руб./год
Проектируемые насосы	Энергия на технологические нужды (1кВт = 2,2 руб.)	$W = P \cdot p \cdot d$, где P - мощность оборудования; p - стоимость 1кВт; d - кол-во дней в году	$22680 \cdot 2,2 \cdot 365 = 18212040$ руб./год

Определим чистый экономический эффект по формуле 4:

$$\mathcal{E} = B - Z_{пр} \quad (4)$$

где \mathcal{E} - чистый экономический эффект после замены насосного оборудования

$$\mathcal{E} = 59743200 - 18212040 = 41531160 \text{ руб./год}$$

Определим общую экономическую эффективность насосной станции по формуле 5

$$\mathcal{E}_э = \frac{\mathcal{E}}{Z_{пр}}, \quad (5)$$

где \mathcal{E}_3 – общая экономическая эффективность насосной станции;
 Z_{np} – приведенные затраты

Общая экономическая эффективность насосной станции будет составлять:

$$\mathcal{E}_3 = \frac{41531160}{34317582} = 1,21.$$

Определим срок окупаемости внедряемых насосов по формуле 6:

$$T = \frac{Z_{np}}{\mathcal{E}}, \quad (6)$$

Срок окупаемости внедряемых насосов будет составлять:

$$T = \frac{34317582}{41531160} = 0,82_{год}$$

Таким образом, внедряемая технологическая схема экономически выгодна. При замене насосного оборудования выгода составит 41531160 руб., срок окупаемости составит 0,82 года.

3.2 Мероприятия по предупреждению затопления насосной станции

Для проектируемого варианта согласно СНиП2.04.02-84 п.7.18 в машинном зале предусматриваются мероприятия против возможного затопления насосных агрегатов при аварии путем:

-расположения электродвигателей насосов и электроприводов задвижек на высоте 500мм от пола машинного зала; [53,56,58]

-откачки воды из 2-х приемков четырьмя дренажными насосами (по два в каждом приемке).

Производительность насосов принята из условия откачки воды из машинного зала при слое 500мм не более 2-х часов. Производительность откачки воды рассчитывается по формуле 7

$$W = a \times b \times h, \quad (7)$$

где W - производительность откачки воды

$a = 25,5$ м, длина машинного зала

$b = 9$ м, ширина машинного зала

$h = 0,5$ м, высота слоя воды при аварии

$$W = 25,5 \text{ м} \times 9,0 \text{ м} \times 0,5 \text{ м} = 114 \text{ м}^3 / 2 \text{ часа}$$

Производительность откачки воды составляет:

$$114 \text{ м}^3 / 2 \text{ часа} = 57 \text{ м}^3 / \text{ час}.$$

В проекте предусматривается четыре дренажных погружных насоса марки FA 08/34E, с электродвигателем Т-13-2/12Н, производительностью $30,4 \text{ м}^3 / \text{ час}$ напором 20,6 м.вод.ст с электродвигателем мощностью 3.5квт каждый. Выбранный насос отображен в таблице 10.

Таблица 10 – Проектируемые дренажные погружные насосы

N позиции	Наименование оборудования	Количество насосов в шт.	Примечание
III	Насос погружной для отвода дренажных вод марки FA 08.34E с электродвигателем Т-13-2/12 Н производительностью 30,4 м3/час напором 20.6 м.вод.ст с электродвигателем мощностью 3.5 кВт.	2	Рабочие
IV	Насос погружной для отвода дренажных вод марки FA 08.34E с электродвигателем Т-13-2/12 Н производительностью 30,4 м3/час напором 20.6 м.вод.ст с электродвигателем мощностью 3.5 кВт.	2	Резервные

Объем каждого приемка рассчитан на 5-ти минутную работу 2-х насосов одновременно и составляет 2,5м3 каждый.

Согласно СНиП 2.04.02-84 п.7.18 в машинном зале предусматривается противопожарный водопровод с расходом 2.5 л/сек., для чего устанавливаются два пожарных крана диаметром 50мм,

Трубы противопожарного водопровода и дренажной воды запроектированы из стальных электросварных труб по ГОСТ 10704-91 с изоляцией ПФ за 2 раза по грунту.

Монтаж сетей и насосного оборудования производить в соответствии с требованиями СНиП 3.05..01-85, "Внутренние санитарно-технические системы", СП-40-101, СН-478-80.

Стальные трубы покрыть антикоррозийной изоляцией - покраской эмалью ПФ-115 ГОСТ 6465-76 по грунту ГФ-021 ТУ5-10-1642-77 за 2 раза.

Модернизацией предусматривается полная замена арматуры на всасывающих и напорных трубопроводах насосов в пределах насосной станции. [64]

Демонтаж существующего оборудования и монтаж проектируемого оборудования осуществляется существующим подъемно-транспортным оборудованием насосной станции.

3.3 Аварийность

Исходные данные и требования для разработки инженерно-технических мероприятий для обеспечения безопасности населения

Город Тольятти - категорированный, относится к 1-ой группе по ГО, имеет 1-ую степень химической опасности.

Объект модернизации находится (согласно СНиП 2.01.51-90 «ИТМ ГО»):

- в зонах возможного опасного химического заражения;
- в зоне возможного сильного радиоактивного заражения,
- в зоне возможных сильных разрушений.

Защитные сооружения ГО, соответствующие требованиям СНиП 2.01.51-90 «ИТМ ГО» для укрытия служащих и обслуживающего персонала планируемого к модернизации объекта - отсутствуют.

При разработке инженерно-технических мероприятий по предупреждению ЧС природного и техногенного характера учесть следующие факторы риска возникновения ЧС техногенного характера:

- попадание в системы водоснабжения радиоактивных веществ, отравляющих (химических) веществ и болезнетворных бактерий
- нарушение условий жизнедеятельности населения.

От проектируемого объекта в Промышленно-коммунальной зоне

Автозаводского района расположены химически опасные объекты:

-ОАО «АВТОВАЗ» в производстве используется хлор- 0,8тонн в наибольшей емкости (общий объем -16т), аммиак- 5тонн. Радиус зоны опасного химического заражения может составить 6,4 км;

-ЗАО МК «Лидер» — аммиак в наибольшей емкости 5,6 тонн (общий объем -47т). Радиус зоны опасного заражения может составить 5,6 км;

-ООО Рыбная компания «Парус» - аммиак -7 тонн Радиус зоны опасного химического заражения может составить 2,5 км;

-ООО Хладокомбинат фирма «Ювента-Айс» - аммиак в наибольшей емкости 20 тонн (общий объем - до 80 тонн). Радиус зоны опасного химического заражения может составить 5,6 км,

-ООО Пивобезалкогольный комбинат «Тольяттинский» - 5 тонн Радиус зоны опасного химического заражения может составить 2,5 км.

В Северном промузле Центрального района размещены потенциально опасные предприятия:

-ЗАО «Куйбышевазот»- используется в производстве и хранится аммиак. Радиус зоны опасного химического заражения 20 км.

В Комсомольском районе - ОАО «Тольяттиазот». В производстве используется и хранится аммиак. Радиус зоны опасного химического заражения 20 км.

В районе площадки могут наблюдаться опасные природные явления:

-ураганные ветры,

-снежные заносы,

-гололед;

-град,

-ливни,

-грозы.

Мероприятия по созданию систем оповещения и связи:

-обеспечить радиотрансляционную связь с подключением в городскую сеть;

Суммарную мощность головных сооружений следует рассчитывать по нормам мирного времени. В случае выхода из строя одной группы головных сооружений мощность оставшихся сооружений должна обеспечивать подачу воды по аварийному режиму на производственно-технические нужды предприятий, а также на хозяйственно-питьевые нужды для численности населения мирного времени по норме 31 л в сутки на одного человека

Предусмотреть решения по обеспечению взрыво-пожаробезопасности

Предусмотреть мероприятия по осуществлению контроля за наличием в системе водоснабжения радиоактивных веществ, отравляющих (химических) веществ и болезнетворных бактерий.

Согласовать с районной администрацией вопрос по организации рассредоточения персонала насосной станции.

Перечень нормативных документов по проектированию ИТМ ГОЧС или их пунктов, требования которых должны быть соблюдены при проектировании отдельных инженерных систем, технологического оборудования, зданий и сооружений:

- Градостроительный кодекс РФ 1998г

- СП 11-107-1998 «Порядок разработки и состав раздела «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций» объектов строительства».

- СП II-112-2001 «Порядок разработки и состав раздела «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций» градостроительной документации для территорий городских и сельских поселений, других муниципальных образований» (2001г. МЧС России).

- Раздел «Инженерно-технические мероприятия ГО. Мероприятия по предупреждению ЧС» к проекту корректировки Генерального плана г.Тольятти (2002г. ЗАО «Спасательная техника» г.Москва).

- «Руководство по составлению раздела ИТМ ГО в проектах детальной планировки, в проектах застройки микрорайонов, кварталов,

градостроительных комплексов» (1985г. г.Москва).

Федеральные законы:

-“О гражданской обороне” от 12.02.1998г.

-“О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера” от 11.11 Л 994г.

-“О безопасности” от 5.03.1992г. с изменениями от 24.12.1993г.

-“О пожарной безопасности” от 21.12.1994г.)

Указ Президента Российской Федерации

-“Вопросы гражданской обороны Российской Федерации” от 27.05.1996г.
№784.

Постановления правительства (совета министров) РФ:

-“О Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций” от 30.12.2003г. №794.

-“О государственной экспертизе градостроительной и проектно-сметной документации и утверждении проектов строительства” от 20.06.1993г. №585.

-“Об организации в Российской Федерации обмена информацией о чрезвычайных ситуациях” от 25.03.1992г. №190

-“О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера” от 13.09.96г. № 1094.

-“О порядке создания и использования резервов материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера” от 10.11.96г. № 1340

Методические документы:

-Методическое пособие по прогнозированию и оценке химической обстановки в чрезвычайных ситуациях. - М: ВНИИ ГОЧС, 1993.

-Сборник методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий в РСЧС (книги 1 и 2) - М: МЧС России, 1994

Границы зон возможной опасности

Город Тольятти категорированный, относится к 1-ой группе по ГО, к Гой степени химической опасности.

Исходя из этого, в соответствии с требованиями СНиП 2.01.51-90 «Инженерно-технические мероприятия ГО», Исходными данными Управления по делам ГО и ЧС г. Тольятти, проектируемый объект располагается в границах зоны возможных сильных разрушений, зоны возможного сильного радиоактивного заражения и зоны опасного химического заражения.

Границы зоны возможного распространения завалов произведены с использованием СНиП 2.01-51-90.

При определении зоны возможного опасного химического заражения в случае применения оружия массового поражения (ОМП) и разрушения химически опасных объектов, расположенных на территории г. Тольятти, приняты метеорологические условия аналогичные указанным в разделе «ИТМ ГО» генплана города:

- скорость ветра - 4 м/с;
- средне - вертикальная устойчивость воздуха - инверсия
- глубина распространения аварийно - химически опасных веществ (АХОВ) - на 4 часа после разрушения емкостей.

Указанные особенности определили состав инженерно-технических мероприятий ГО, планируемых на проектируемом объекте, с учетом климатических и градостроительных условий.

Решения по обеспечению взрыво-пожаробезопасности

Первичные средства пожаротушения выбраны в соответствии с требованиями ИЛЬ 01-98 и учтены в Технологической части проекта.

Пожарная безопасность здания обеспечивается следующими противопожарными мероприятиями:

- наличием и применением несущих и ограждающих конструкций с регламентированным пределом огнестойкости и пределом

распространения огня по этим конструкциям, соответствующим N-й степени огнестойкости здания;

- применением негорюемых строительных материалов для отделки помещений, через которые проходят пути эвакуации;
- устройством выходов из помещения и здания в целом в зависимости от количества находящегося в них персонала;
- соблюдением нормативных расстояний от дверей наиболее удаленных помещений до эвакуационных выходов, размеров коридоров, дверей, окон и их конструктивным исполнением в соответствии с требованиями главы СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений» и других нормативных документов;
- заземлением всех металлических конструкций для снятия статических зарядов;
- устройством молниезащиты;
- применением устройств защитного отключения УЗО.

Пожарные гидранты и пожарные краны, а также задвижки для отключения поврежденных участков водопровода следует располагать, как правило, на незаваливаемой при разрушении здания территории.

Освещение указателей пожарных кранов не предусматривается в соответствии с ГОСТ 12 4. 009 - 83 «Пожарная техника для защиты объекта».

Расчетный расход воды на наружное пожаротушение составляет 20,4 л/с.

Автоматического пожаротушения в здании МПС согласно СНиП 2.04.01-85, п.6 табл.1, не требуется.

Заземляющее устройство трансформаторной подстанции и РУ-6кВ принято общим для напряжений 6 и 0,4кВ. Сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом для грунтов с удельным сопротивлением 100 Ом.м.

Заземляющее устройство выполняется из вертикальных электродов из угловой стали 50х50х5 длиной 3 м, соединенных между собой стальной полосой 4х40мм, прокладываемой на глубине 0,7м от уровня земли.

В помещениях подстанции, РУ-бкВ и насосной станции предусматривается внутренний контур заземления из стальной полосы 4x25мм. В помещениях подстанции и РУ-бкВ в качестве магистралей заземления используются все опорные конструкции, которые в местах стыков и в торцах должны быть соединены между собой и заземляющим устройством стальной полосой 4x25мм. Все соединения выполняются сваркой. [67,68]

Заземление ячеек КСО, шкафов РУНН трансформаторной подстанции осуществляется их приваркой к опорным металлоконструкциям.

Корпуса электродвигателей, каркасы щитов, щитков, шкафов, кабельные конструкции присоединяются к сети заземления

Для выравнивания потенциалов к сети заземления присоединяются трубопроводы, входящие в здание.

Решения по предупреждению ЧС, возникающих в результате возможных аварий на объекте строительства и снижению их тяжести.

Перечень особо опасных производств с указанием опасных веществ и их количества для каждого производства

На проектируемом объекте взрывопожароопасные и аварийно химически опасные вещества не используются.

Все инженерно-технические мероприятия по предупреждению ЧС возникающих в результате возможных аварий на проектируемом объекте и смягчению их тяжести предусматриваются в общей системе ИТМ ГОЧС. Опасными событиями, которые могут оказать влияние на безопасность работающего персонала будут являться:

- пожар в здании;
- отключение от электроснабжения.

Зоны действия основных поражающих факторов при авариях

Зоны действия основных поражающих факторов при возможных авариях (пожары, аварии на инженерных сетях и т.д.) на проектируемом объекте

определены границами самого объекта.

Опасных производств не имеется.

Расчеты по определению зон действия основных поражающих факторов выполнены в соответствии с действующими методиками.

В качестве расчетного варианта выбран наиболее неблагоприятный вариант пожара - пожар на объекте.

В качестве поражающего фактора рассмотрено тепловое излучение горящих стройматериалов.

При этом воздействие теплового излучения на различные строительные материалы и характер воздействия теплового излучения на человека приведены в таблице 11 и таблице 12

Таблица 11 – Воздействие теплового излучения на различные строительные материалы

Излучение, КВт/м ²	Металл	Древесина	Резина
< 7	Нет	Нет	Нет
8,5-9	Разложение, Вспучивание краски	Начало разложения	Начало обугливания
10,5-13,5	Обгорание краски через 2 мин.	Интенсивное обугливание через 5 мин	Интенсивное обугливание через 4 мин.
14-16	Обгорание краски через 1 мин.	Загорание через 5 мин.	Загорание через 1 мин.
85	Обгорание краски через 3-5 сек.	Загорание через 3- 5 сек.	Загорание через 3- 5 сек.

Таблица 12 – Характер воздействия на человека теплового излучения

Показатели воздействия на людей	Излучение, кВ/м ²
Летальный исход	
10 сек	45
30 сек	35
1 мин	20
10 мин	10
Ожог 2 степени	
10 сек	20
30 сек	10,5
1 мин	8

Сведения о численности и размещении производственного персонала проектируемого объекта, объектов и/или организаций, которые могут оказаться в зоне действия поражающих факторов в случае аварии на объекте строительства

Общая численность персонала по обслуживанию и охране насосной станции 2-го подъема определена в количестве 12 человек.

Зоны действия поражающих факторов, в случае аварии на объекте строительства, определяются границами самого объекта и за его пределы не выходят.

Сведения о наличии и характеристиках систем контроля радиационной, химической обстановки, обнаружения взрывоопасных концентраций

Взрывоопасное оборудование на объекте отсутствует и отсутствует система контроля взрывоопасных концентраций.

Контроль радиационной и химической обстановки в районе рассматриваемого объекта осуществляется силами и средствами

производственной лаборатории ПК «Водоканал» и службами Госсанэпиднадзора.

Производственная лаборатория ПК «Водоканал» имеет все необходимые приборы и оборудование для проведения контроля за радиационной и химической обстановкой, проведения анализа воды и т.д.

В мирное время контроль осуществляется периодически в соответствии с графиком.

В особый период и при ЧС производственная лаборатория организует развертывание постоянно действующих постов радиационного и химического наблюдения (РХН).

Сведения о наличии и характеристиках систем автоматического регулирования, блокировок, сигнализации, а также безаварийной остановки технологического процесса

Прекращение деятельности объекта в минимально возможные сроки, а также исключение или уменьшение масштабов появления вторичных поражающих факторов осуществляется обслуживающим персоналом:

- немедленно прекращаются все виды работ;
- удаляются все люди;
- закрываются все окна помещений.

Согласно СНиП2.04.02-84* п.7.18 в машинном зале предусматривается противопожарный водопровод расходом 2.5л/се, для чего устанавливаются два пожарных крана 050мм.

Для управления насосными установками разработана станция группового управления на базе частотнорегулируемого электропривода, осуществляющего электроснабжение и автоматическое оперативное управление группой насосных установок с асинхронными трехфазными короткозамкнутыми электродвигателями на номинальное напряжение 380В частотой 50Гц мощностью от 3 до 500кВт.

Станция обеспечивает поддержание на заданном уровне давления

посредством автоматического регулирования частоты вращения одного из электродвигателей, а также путем автоматического изменения числа работающих нерегулируемых электродвигателей. При этом осуществляется плавный частотный пуск каждого из двигателей и плавное снижение частоты вращения перед остановкой.

Система управления выполняет «мягкие» включения, отключения и переключения электродвигателей, обеспечивая «щадящие» переходные режимы без гидравлических ударов и вредных электродинамических процессов.

Система автоматики станции группового управления осуществляет:

- питание электродвигателей насосных установок от преобразователя частоты частотнорегулируемого электропривода или от сети переменного тока напряжением 380В частотой 50Гц.

- включение , отключение и переключение электродвигателей насосных установок вручную и автоматически по заданному алгоритму;

- автоматическое управление технологическим процессом с поддержанием заданного давления в напорном трубопроводе водоснабжения частотнорегулируемым электроприводом по замкнутому контуру регулирования с отрицательной обратной связью от технологического датчика;

- замену режимов работы насосных установок по времени с целью обеспечения равномерной амортизации технологического и электротехнического оборудования;

- регистрацию и отображение информации о работе оборудования.

Станция управления включает в себя:

- Частотнорегулируемый электропривод, состоящий из одного силового преобразователя частоты, регулятора частоты обеспечивающего пропорционально-интегральный закон регулирования - рабочий ЧРП и резервный ЧРП.

- Панель управления с программируемым контроллером, с клавиатурой и табло, обеспечивающими управление насосными установками вручную,

программирование автоматического управления , изменение алгоритма управления, изменение алгоритма управления, наладку и изменение параметров регулирования, сигнализацию отклонения от нормальных режимов работы и информацию.

- Коммутационную аппаратуру, обеспечивающую включение, отключение и переключение электродвигателя насосов в автоматическом режиме в соответствии с требованиями технологического процесса по заданному алгоритму управления или в ручном режиме.

Станция управления обеспечивает следующие режимы насосных установок:

- постоянную работу одного электродвигателя (любого из четырех или шести по заданной программе) от частотнорегулируемого привода в автоматическом режиме регулирования технологического параметра;

- автоматическое включение дополнительного электродвигателя (любого из оставшихся трех или пяти по заданной программе);

- автоматическое отключение электродвигателя дополнительного насоса;

- автоматическое включение электродвигателя резервного насоса при выходе из строя рабочего, работающего от преобразователя частоты;

- автоматическое включение резервного насоса при выходе из строя рабочего дополнительного насоса, работающего от сети;

- автоматическое включение электродвигателя рабочего насоса, работающего от преобразователя частоты, на работу от сети при нарушениях режима работы частотнорегулируемого привода и преобразователя частоты или при отключении преобразователя частоты от сети и подключение резервного преобразователя частоты;

В режиме ручного управления осуществляется:

- пуск и остановка любого насоса от частотнорегулируемого привода от одного импульса с дальнейшей реализацией процесса по алгоритму автоматического управления;

- прямой пуск и остановка любого электродвигателя от сети;
- Замена режимов работы насосных установок по времени для обеспечения равномерной амортизации оборудования.

Проектом предусматривается телемеханизация диспетчеризации управления. В объем телемеханизации входят:

- телеуправление (ТУ) рабочими и резервными насосами,
- Телесигнализация (ТС), в том числе:
 - АВР насосов;
 - аварийных состояний;
 - предупреждений о неисправностях;
 - затопления станции,
 - работы насосов «вкл-откл»
- управления «местное - автоматическое»
- температуры подшипников насосов;
- Телеизмерение (ТИ), в том числе:
 - давления воды в напорном коллекторе;
 - расхода воды в напорных водоводах;
- объем телеинформации с панели управления с программируемым контроллером передается на диспетчерский пункт на панель оператора; [95]

объем телемеханизации принят в соответствии с «Пособием по проектированию автоматизации и диспетчеризации систем водоснабжения (к СниГО.04.02-84).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате теоретического анализа проблемы энергоэффективности насосов на насосной станции 2-го подъема водозабора "Соцгородской" было выяснено, что существующее техническое состояние насосной станции, а именно 100% физический и моральный износ оборудования насосной станции требует её модернизации.

Основной причиной необходимости её обязательной модернизации является важность данного сооружения для системы водоснабжения г.Тольятти. Так водозабор "Соцгородской" - это основной источник хоз.питьевого и противопожарного водоснабжения Центрального района. Любая аварийная ситуация на указанном объекте приведет к срыву водоснабжения всего Центрального района.

В данной диссертационной работе нами был предложен вариант замены всего устаревшего оборудования на более энергоэффективные вертикальные насосы марки UP КМ3100 U210-4/80, производительностью 1600 м³/час напором 50 м.вод.ст. с электродвигателем мощностью 315 кВт, которое обеспечит:

- экономию 5—15 %, а в отдельных случаях до 30 % электроэнергии, расходуемой на перекачку чистых вод;
- снижение расхода чистой воды на 2—5 % вследствие стабилизации давления в водопроводной сети и соответственно уменьшения утечек и нерациональных расходов воды;
- сокращение сброса сточных вод в канализацию на 2—4 % вследствие снижения утечек и нерациональных расходов воды;

Теоретические разработки и опыт внедрения и эксплуатации энергосберегающих систем в насосных установках показали, что использование частотно-регулируемого электропривода является экономичным и надёжным средством управления режимами работы насосных установок различного

назначения. В работе нами была предложена схема ЧРП. Применение частотно-регулируемого электропривода обеспечивает:

- уменьшение строительных объемов зданий насосных станций на 15—20% в результате укрупнения единичной мощности насосных агрегатов и соответственно уменьшения их количества;
- уменьшение износа гидромеханического и электротехнического оборудования благодаря сокращению количества пусков и остановок насосных агрегатов;
- снижение вероятности возникновения аварий, вызванных гидравлическими ударами, благодаря плавному изменению режимов работы насосных установок.

Проведение технико-экономических расчетов показало, что внедряемая технологическая схема экономически выгодна. При модернизации насосной станции 2-го подъема выгода составит 41531160 руб., срок окупаемости составит 0,82 года. Не смотря на значительные затраты и довольно дорогое насосное оборудование экономический эффект, основан на следующих факторах:

1. Прямая экономия от снижения потребления электроэнергии при регулировании производительности насосных агрегатов (для разных объектов от 25 до 50%).

2. Прямая экономия за счёт снижения непроизводительных утечек воды при оптимизации давления в напорном трубопроводе (не менее 25 – 30 % от общего объёма утечек).

3. Экономия фонда заработной платы сокращаемого дежурного персонала.

4. Резкого снижения аварийности на сетях (не менее чем в 5 – 10 раз).

5. Увеличение не менее чем в 3 раза ресурса и межремонтных сроков насосов, электродвигателей, коммутационного оборудования.

6. Снижение затрат на электрическое отопление на объектах, бытовое обеспечение дежурного персонала. Резкого увеличения надёжности системы в

целом, за счет устранения «человеческого фактора» и автоматической диагностики системой всех её элементов и своевременного устранения возможных аварийных ситуаций.

Немаловажными факторами являются также социальный – увеличение качества водоснабжения и экологический – снижения потребления электроэнергии обеспечивает снижение выброса, что является требованием статьи 2 Киотского протокола к «РАМОЧНОЙ КОНВЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ОБ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА»: Каждая сторона, при выполнении своих обязательств по ограничению и сокращению выбросов осуществляет такие меры, как повышение эффективности использования энергии в соответствующих секторах национальной экономики.

Реализация запланированных работ повысит надежность работы систем водоснабжения, снизит затраты на их ремонт и содержание, а также обеспечит экономию электроэнергии за счет применения ресурсосберегающих технологий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Презентационные материалы ГК «РОСВОДОКАНАЛ».
2. Производственно-технический и научно-практический журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение», 2012 / 9 (57).
3. СНиП 2.04.02-84 5. Водозаборные сооружения.
4. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение: Проектирование систем и сооружений. Учеб. – М.: АСВ, 2003 г.
5. Водоподготовка: Учебн. пособие для вузов. - Фрог Б. Н., Левченко А. П. Москва: Издательство МГУ, 1996 г.
6. Водоснабжение. Г.И. Николадзе, М.А. Сомов, 1995 г.
7. Водоснабжение - Н.Н. Абрамов.
8. Водоснабжение. Учебник для вузов. - Н.Н. Абрамов, Москва, Стройиздат, 1974 г.
9. Белозоров Н.П., Луговской М.В. Расчет систем водоснабжения с применением вычислительной техники. М.: Колос, 1973 г.
10. Ильин В.Г. Расчет совместной работы насосов, водопроводных сетей и резервуаров. // Киев, Госстройиздат УССР, 1963 г.
11. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках. М.: Энергоатомиздат, 2006 г.
12. Лезнов Б.С. Характеристики разветвлённых трубопроводов с промежуточными отборами воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2007, № 12.
13. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. М.: Стройиздат, 1986 г.
14. Товстолес Ф.П. Гидравлика и насосы. Часть III. Насосы. — М.: ГОНТИ.Л. 1938 г.
15. Альтшуль А. Д., Киселёв П.Г. Гидравлика и аэродинамика. М.: Стройиздат, 1975 г.

16. Центробежные насосы двустороннего входа. Каталог. М.: ЦИНТИ химнефтемаш, 1982 г.
17. Электрические нагрузки промышленных предприятий / С.Д. Волобринский, Г.М. Каялов, П.Н. Клейн и др. Л.: Энергия, 1971 г.
18. 60 лет ленинского плана ГОЭЛРО: Сб. статей / Под ред. П.С. Непорожного, М.: Энергия, 1980 г.
19. Лобачев П.В. Современные средства измерения расхода жидкости // Интенсификация действующих систем водоснабжения на основе внедрения новой техники и технологии. М.: МДНТП, 1986 г.
20. Крупные центробежные и осевые насосы / И.И. Киселев, А.Л. Герман, Л.М. Лебедев и др. М.: Машиностроение, 1977 г.
21. Брускин Д.Э., Зохорович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины. Часть 1, 2. М.: Высшая школа, 1987 г.
22. Лезнов Б.С. Методика оценки эффективности применения регулируемого электропривода в водопроводных и канализационных насосных установках. М.: Машиностроение, 2011. 172.
23. Сиволов Г.Е., Кармалов А.И., Ивансон П.Б., Исхаков Ю.Б. Многоуровневая автоматизированная система управления технологическими процессами водоснабжения и водоотведения // Водоснабжение и санитарная техника. 2011 г. № 9—1.
24. Чебанов В.Б. Стабилизация уровня в приемных резервуарах канализационных насосных станций // Автоматизация и управление систем водоснабжения и водоотведения: Сб. научн. трудов. М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1986 г.
25. Рекомендации по применению регулируемого электропривода в системах автоматического управления водопроводных и канализационных насосных установок. Сб. научн. трудов. М.: ВНИИВОДГЕО, 1987 г.
26. Лезнов Б.С., Воробьева Н.П. Снижение материалоемкости и стоимости насосных станций // Водоснабжение и санитарная техника. 1988, №1.

27. Центробежные насосы двустороннего входа. Каталог. М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1982 г.
28. Пособие по водоснабжению и канализации городских и сельских поселений (к СНиП 2.07.01-89) // ЦНИИЭП инженерного оборудования, ЦИТП, 1992 г.
29. Лезнов Б.С. Технологические основы использования регулируемого электропривода в насосных установках // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2012, №5.
30. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. М.: ООО «Бастет», 2010 г.
31. Сомов М.А. Журба М.Г. Водоснабжение. М.: Стройиздат, 2008.
32. СНиП 2.04.02. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. М.: Стройиздат, 1996 г.
33. Оборудование водопроводноканализационных сооружений: Справочник монтажника / Под ред. А.С. Москвитина. М.: Стройиздат, 1980 г.
34. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. М.: ООО «Бастет», 2007 г.
35. Клепиков В. Б., Розов В. Ю. О роли электропривода в решении проблемы энергоресурсосбережения в Украине // Вестник национального технического университета «Харьковский политехнический институт», № 30, 2008, –С.18–21.
36. Браславский И. Я., Ишматов З. Ш., Поляков В. Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод – М.: Академия, 2004 г.
37. Покалицын С. Н. Применение частотно-регулируемого электропривода не исправляет ошибок при выборе центробежного насоса // Энергосбережение • Энергетика • Энергоаудит, № 5 (63), 2009 г.
38. Бойко А. В. Гидрогазодинамика – Харьков: НТУ "ХПИ", 2008 г.
39. ГОСТ Р 23.0.01 “Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения”.

40. ГОСТ Р 22.0.02 “Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий”.
41. ГОСТ Р 22.0.05 “Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения”.
42. ГОСТ Р 22 0.06 “Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники природных чрезвычайных ситуаций. Поражающие факторы”.
43. ГОСТ Р 22.0.07 “Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций”.
44. ГОСТ Р 22.3.03 “Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения. Основные положения”.
45. ГОСТ 12.1.033 “ССБТ Пожарная безопасность Термины и определения”.
46. СНиП 11-01-95 “Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений”.
47. РДС 11-201-95 “Инструкция о порядке проведения государственной экспертизы проектов строительства”.
48. СП 11-101-95 “Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений”.
49. РДС “Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения градостроительной документации”.
50. СНиП 2.01.51-90 “Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны”.
51. “Инструкция по категорированию объектов народного хозяйства”.
52. СНиП 2.01.53-84 “Световая маскировка населенных пунктов и объектов народного хозяйства”
53. СНиП 21-01-97 “Пожарная безопасность зданий и сооружений”.
54. СНиП 22-01-95 “Геофизика опасных природных воздействий”.
55. СНиП 2-01.01-82 “Строительная климатология и геофизика”.

56. СНиП 2.04.09-84 “Пожарная автоматика зданий и сооружений”.
57. ОНД-86 “Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий”.
58. СанПиН 2.2.1/2.1.1.567-96 “Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и других объектов”.
59. НПБ 105-95 “Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности”;
60. ПУЭ “Правила устройства электроустановок”, 1986.
61. СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация»;
62. СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения»;
63. пособие по проектированию автоматизации и диспетчеризации систем водоснабжения (к СНиП 2.04.02-84*);
64. МДС 40-2.2000 Российское и зарубежное оборудование, рекомендованное для строительства систем водоснабжения, канализации, теплоснабжения и т.д. г.Москва. Торговый дом «Инженерное оборудование»;
65. Чебанов В.Б. «Системы автоматического управления насосными станциями», «Водоснабжение и санитарная техника» №1.1994 г.
66. Чебанов В.Б.«Технико-экономические аспекты применения регулируемого электропривода в насосных установках»,«Водоснабжение и санитарная техника» №1.2012 г.
67. Турк В.Н., Минаев А.В., Карелин В.Я. «Насосы и насосные станции. Учебник для вузов». М., Стройиздат, 1976 г.
68. Черкасский В.М. «Насосы, вентиляторы, компрессоры. Учебник для теплоэнергетических специальностей вузов». М., Энергоиздат, 1984 г.
69. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. Учебник для вузов. Изд. 2-е. М.: Стройиздат, 1974 г.
70. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. Учебное пособие для вузов. М.: Издательство МГУ, 1996 г.

71. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. Изд. 5-е. М.: Стройиздат, 1973 г.
72. Расчет водопроводных сетей: Учебное пособие для вузов / Н.Н. Абрамов, М.М. Поспелова, М.А. Сомов и др. - Изд. 4-е. М.: Стройиздат, 1983 г.
73. Суреньянц С.Я., Иванов А.П. Эксплуатация водозаборов подземных вод. М.: Стройиздат., 1989 г.
74. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Том 1. М.: Издательство АСВ, 2003
75. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Том 2. Очистка и кондиционирование природных вод. М.: Издательство АСВ, 2004 г.
76. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Том 3. Системы распределения и подачи воды.
77. Порядин А.Ф. Устройство и эксплуатация водозаборов. М.: Стройиздат., 1984.
78. Плотников Н.А., Алексеев В.С. Проектирование и эксплуатация водозаборов подземных вод. М.: Стройиздат, 1990 г.
79. Абрамов С.К., Биндеман Н.Н., Семенов М.П. Водозаборы подземных вод. М.: Стройиздат, 1947 г.
80. Гидрология и гидротехнические сооружения: Учеб. для вузов по спец. "Водоснабжение и канализация" / Под ред. Г.Н. Смирнова. - М.: Высш. шк., 1988 г.
81. Водозаборно - очистные сооружения и устройства: Учеб. пособие для студентов вузов / Под ред. М.Г. Журбы. - М.: ООО "Издательство Астрель": ООО "Издательство АСТ", 2003 г.
82. Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. М.: Издательство литературы по строительству, 1971 г.

83. Арцев А.И., Бочевер Ф.М., Лапшин Н.Н. и др. Проектирование водозаборов подземных вод. М.: Стройиздат, 1976 г.
84. Водоподготовка: Справочник./ Под ред. С.Е. Беликова. М.: Акватерм, 2007 г.
85. Орадовская А.Е., Лапшин Н.Н. Санитарная охрана водозаборов подземных вод. М.: Недра, 1987 г.
86. Иванов В.Г. Водоснабжение промышленных предприятий. СПб., 2003 г.
87. Абрамов Н.Н. Теория и методика расчета систем подачи и распределения воды. М.: Стройиздат, 1992 г.
88. Белан Ф.И. Водоподготовка: (расчеты, примеры, задачи). М.: Энергия, 1980 г.
89. Вихрев В.Ф., Шкроб М.С. Водоподготовка. Учебник для вузов. / Под ред. М.С. Шкроба. Изд. 2-е. М., "Энергия", 1973 г.
90. Кострикин Ю.М., Мещерский Н.А., Коровина О.В. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления. Справочник. М., Энергоатомиздат, 1990 г.
91. Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок. Изд. 2-е. М., «Энергия», 1976 г.
92. Резников А.А., Муликовская Е.П., Соколов И.Ю. Методы анализа природных вод. Изд. 3-е. М., изд-во «Недра», 1970 г.
93. Крайнов С.Р., Швец В.М. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. М.: Недра, 1987 г.
94. Сомов М.А. Водопроводные системы и сооружения. Учеб. для вузов. М.: Стройиздат, 1988 г.
95. Иванов Е.Н. Противопожарное водоснабжение. М.: Стройиздат, 1986 г.
96. Проектирование водяных и пенных автоматических установок пожаротушения. Л.М. Мешман, С.Г. Цариченко, В.А. Былинкин, В.В. Алешин, Р.Ю. Губин; Под общ. ред. Н.П. Копылова. - М: ВНИИПО МЧС РФ, 2002 г.

97. Алексеев Л.С. Контроль качества воды: Учебник. М.: ИНФРА-М, 2004 г.

98. Методика оценки последствий аварий на пожаро - взрывоопасных объектах (Сборник методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф стихийных бедствий в РСЧС, кн. 2, - М., МЧС России, 1994 г.);

99. “Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация аварий” В 4-х книгах. Москва, 1996 г.

100. НПБ 107-97 “Определение категорий наружных установок по пожарной опасности”. Москва 1997 г.