

**Международный конгресс "Вода: экология и технология"  
ЭКВАТЭК-2008. Москва**

**Реконструкция Ингодинского водозабора г. Читы – эффективность  
комплексного подхода.**

А. Н. Ядрищенский<sup>1</sup>, Н. Н. Филиппова<sup>1</sup>, Г. И. Колобова<sup>1</sup>, А. П. Усачев<sup>2</sup>, А. В. Гордейчик<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ОАО «Водоканал-Чита», г. Чита, ул. Забайкальского рабочего, 63.  
(E-mail: vodokanal@mail.chita.ru)

<sup>2</sup> ООО «Сибирь-мехатроника», г. Новосибирск, пр.К.Маркса, 20  
(E-mail: usachev@sibmech.ru)

**Аннотация**

*Приводятся технико-экономические результаты реконструкции Ингодинского водозабора. Суть программы заключалась в реализации комплекса мероприятий, включающих в себя, с одной стороны, приведение в соответствие основного технологического оборудования водозабора совместно с сетью трубопроводов и станций подъемов гидравлическому режиму и, с другой стороны, полную автоматизацию процесса с использованием энергосберегающих технологий.*

**Ключевые слова**

Автоматизация, энергосбережение, водоснабжение.

Водозабор «Ингодинский» является одним из наиболее крупных в г. Чите. Производительность водозабора до 30 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Водозабор представляет собой 10 (в перспективе 13) артезианских скважин, расположенных в долине р. Ингода. Подача воды к потребителям осуществляется водопроводной сетью, содержащей насосные станции 2-го, 3-го, 4-го подъемов и контррезервуары (рис.1).

На протяжении всего срока эксплуатации существовала проблема с переливом воды в накопительных резервуарах на станциях всех подъемов. Так потери воды на станции 2-го подъема составляли 10÷20%, а на станции 3-го подъема до 30%. В результате наблюдался существенный перерасход как по артезианской воде, так и по электроэнергии. Связано это с особенностями существующей технологической схемы и отсутствием соответствующей автоматики. Одной из основных особенностей - расположение значительной части трубопроводов на поверхности, причем, без теплоизоляции. Поэтому прекращение подачи воды в резервуары путем перекрытия запорной арматуры или выведения из работы скважин не представлялось возможным. Кроме того, управление запорной арматурой налива в накопительные резервуары неизбежно вело к колебаниям давления в трубопроводе предыдущего подъема. Согласованное управление режимами налива и режимами подачи воды с помощью операторов с учетом «человеческого фактора» и фактора «открытых трубопроводов» не давало успешных результатов.

В 2004 г. технологи ОАО «Водоканал-Чита» проанализировали работу всей цепочки Ингодинского водозабора совместно с сетью трубопроводов и станций подъемов, и предложили комплексную программу мероприятий по реконструкции. Программа включала в себя следующие основные разделы:

1. Приведение трубопроводов и оборудования в соответствие гидравлическому режиму.
2. Внедрение энергосберегающих технологий управления режимами работы насосных станций.

3. Локальная и системная автоматизация управления оборудованием всей сети водозабора.
4. Централизованная диспетчеризация по мониторингу и управлению.

Реализацию первого пункта программы полностью взяли на себя специалисты ОАО «Водоканал-Чита». В 2006-2007 г.г. в этом направлении были выполнены следующие работы. На станциях 1-го подъема для уменьшения потерь напора увеличены диаметры водоподъемных колонн. Рассчитана совместная работа глубинных насосов и общего водовода. В результате, часть глубинных насосов заменена насосами меньшей производительности. На станции 2-го подъема два насосных агрегата Д720/90 с электродвигателями 320 кВт, 6,0 кВ и два насоса Д1250/60 с электродвигателями 250 кВт, 0,4 кВ заменены на четыре насоса 1Д800-56а с электродвигателями 160 кВт, 0,4 кВ. Для улучшения гидравлического режима всасывающих трубопроводов изменена схема подключения одного из резервуаров, установлена дополнительная запорно-регулирующая арматура. На станции 3-го подъема на подающем трубопроводе в резервуары установлен дисковый затвор с электроприводом и построен дополнительный резервуар объемом 1000 м<sup>3</sup>.

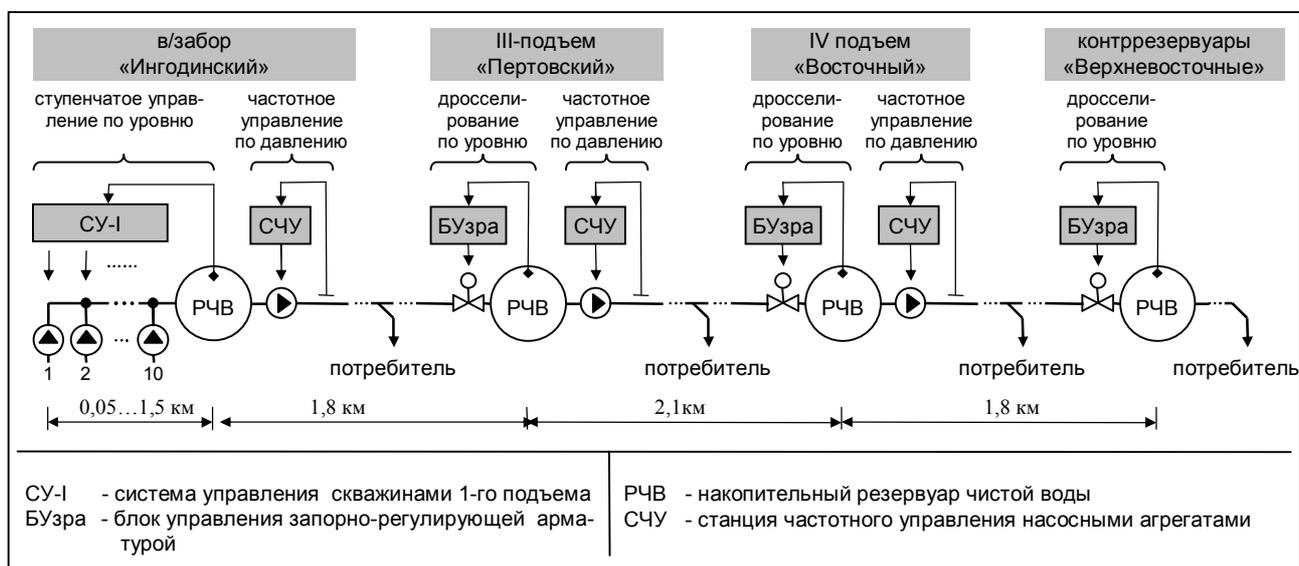


Рис 1. Технологическая схема водоснабжения и автоматизации.

Для реализации разделов программы по внедрению энергосберегающих технологий и автоматизации с последующей диспетчеризацией было выбрано предприятие ООО «Сибирь-мехатроника» (г. Новосибирск) с учетом уже имеющегося положительного опыта работы с ним по четырнадцати объектам ОАО «Водоканал-Чита». Совместно была разработана схема автоматизации технологического процесса всей цепочки насосных станций Ингодинского водозабора (рис. 1). Реализация поставленных задач в схеме обеспечивается следующими системами:

1. Системой автоматического управления артезианскими насосами в функции уровня воды в накопительных резервуарах 2-го подъема - СУ-1.
2. Системами автоматического управления производительностью насосов с помощью частотного регулирования на станциях подъемов в функции расхода (путем поддержания давления) - СЧУ.
3. Системами автоматического управления запорно-регулирующей арматурой на подающих трубопроводах в резервуары станций, начиная с 3-го подъема - БУзра.
4. Системами телеметрии на каждом объекте.
5. Системой диспетчерского контроля и управления.

### Система управления артезианскими насосами 1-го подъема.

Основной задачей управления здесь является поддержание уровня в накопительных резервуарах насосной станции (РЧВ) путем изменения количества работающих скважин. Кроме того, система должна производить мониторинг состояния оборудования каждой скважины и являться элементом системы автоматизации верхнего уровня АСУТП.

Система включает в себя управляющий контроллер, расположенный в помещении оператора станции 2 подъема водозабора, шкафы управления артезианскими насосами и радиоканал связи.

В павильоне каждой скважины установлены комплектные шкафы управления и телеметрии СМП112-075-CAT производства ООО «Сибирь-мехатроника» (рис.2). Шкаф управления представляет собой комплектное устройство, содержащее силовую схему управления насосным агрегатом и систему телеметрии. Кроме того, с учетом, что павильоны скважин не отапливаемые, в шкафах предусмотрена система терморегулирования (обогрев и вентиляция), обеспечивающая эксплуатацию в диапазоне температур  $-40...+40$  °С. Силовая схема выполнена на базе устройства плавного пуска (УПП) мощностью 75 кВт.

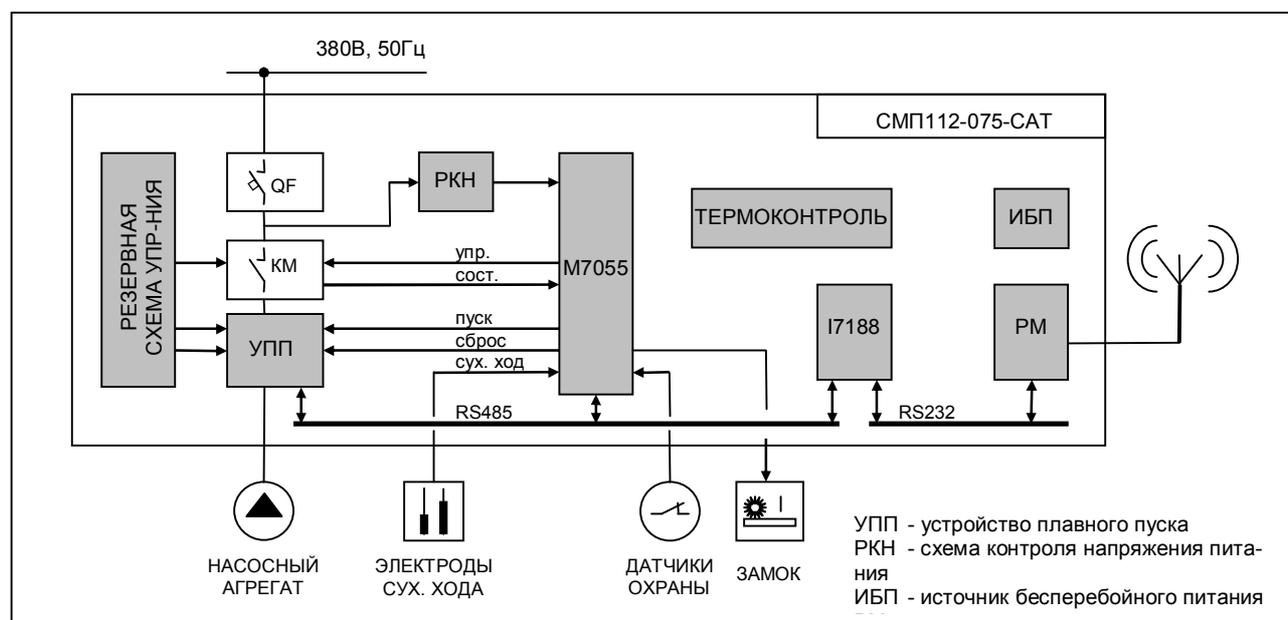


Рис. 2. Оборудование скважины 1-го подъема.

Система управления и телеметрии построена на базе промышленного контроллера I-7188 (ICPDAS) и модуля дискретного ввода-вывода М-7055 (ICPDAS). В состав оборудования павильона входит набор датчиков контроля проникновения в павильон. Для обеспечения бесперебойной работы системы управления, в состав оборудования включен источник бесперебойного питания (ИБП), благодаря чему, работа управляющей части продолжается при отсутствии основного питающего напряжения.

Управление скважиной производится либо от кнопок местного пульта на двери шкафа управления (резервный режим), либо дистанционно – через информационный канал от управляющего контроллера (основной режим). Информационный обмен с управляющим контроллером реализован с применением радиомодемов, работающих на выделенной частоте. Протокол обмена информацией между павильоном и центральной системой управления построен по принципу «запрос-ответ». Обмен информацией производится на базе протокола Modicon ModBus RTU.

### Управляющий контроллер станции 1-го подъема.

Управление насосами 1-го подъема реализовано на базе универсального технологического контроллера СТК500 производства ООО «Сибирь-мехатроника» (рис.3).

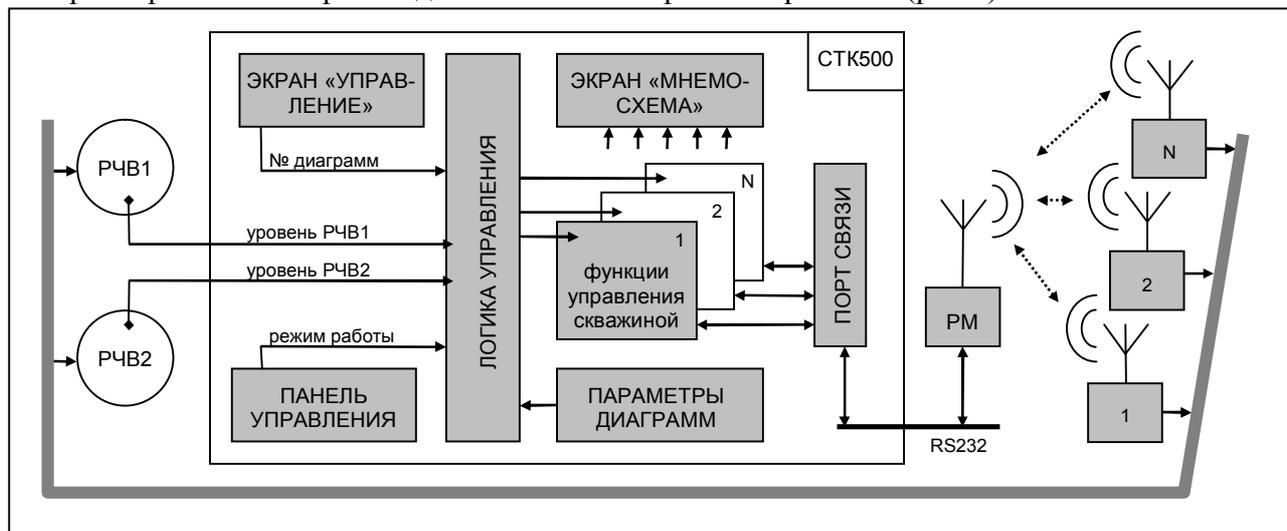


Рис. 3. Организация центральной системы управления скважинами 1-го подъема.

Состав контроллера включает промышленный компьютер I-8731 Lincon (ICPDAS), работающий под управлением операционной системой Linux, необходимый набор модулей ввода-вывода, жидкокристаллический монитор, функциональную клавиатуру и панель управления оборудованием 1-го подъема.

Для обеспечения канала обмена информацией со скважинами 1-го подъема используется последовательный порт контроллера стандарта RS485, и радиомodem. Каждая скважина имеет уникальный идентификатор, посредством которого производится обмен информацией. СТК500 производит циклический опрос используемых скважин, получая информацию о текущем состоянии, при необходимости в сеансы связи добавляются командные послылки. Так как информация о текущем состоянии скважины буферизована контроллером скважины, требуется только один сеанс «запрос-ответ» для получения полной информации о состоянии скважины, что в свою очередь сокращает цикл опроса.

Для каждой скважины может быть установлен один из следующих режимов управления:

- режим ручной работы, когда работа скважины не зависит от уровня воды в РЧВ;
- режим автоматической работы, когда управление работой скважины определяется уровнем РЧВ.

Определение режима работы производит оператор ключом на панели управления СТК500. Система автоматического управления уровнем в РЧВ построена на основе подключения дополнительных скважин при снижении уровня РЧВ ниже разрешенной границы, и отключения скважин при повышении уровня воды. Для обеспечения гибкости управления, пользователи системы могут устанавливать до 10 диаграмм работы скважин. Для каждой диаграммы определяются зоны включения скважины, зоны отключения и зона гистерезиса (неизменного состояния). При снижении уровня ниже границы включения, формируется команда на запуск скважины, останов происходит при повышении уровня до уровня отметки отключения или выше. Каждая из скважин может быть задана на работу по любой диаграмме, при этом одна диаграмма может быть использована для работы нескольких скважин.

Станция 2-го подъема содержит два несообщающихся накопительных резервуара. Измерение уровня воды в резервуарах производится погружными датчиками гидростатического давления ПДГ (ЗАО «Тимос»), по одному в каждом резервуаре. Дублирование измерительной си-

стемы позволяет повысить ее надежность, а расположение датчиков в различных резервуарах – обеспечить непрерывность управления при проведении работ по обслуживанию РЧВ. Система управления скважинами в каждый момент времени работает по уровню одного (ведущего) РЧВ. Выбор ведущего резервуара производит оператор с панели управления СТК500.

Контроллер имеет оконную организацию пользовательского интерфейса, представленного в графическом виде (рис 4). Вся текущая информация о состоянии скважин 1-го подъема, уровней воды в накопительных резервуарах, состоянии насосной группы станции 2-го подъема отображается в рабочем экране «Мнемосхема». Параметры управления режимом работы каждой скважины задаются в специальном экране «Управление». Здесь оператор определяет диаграмму работы скважины в автоматическом режиме управления. Дополнительные экраны «Архив аварий» и «Архив событий» предоставляют пользователю информацию о событиях, произошедших на станции 1-го подъема. Архив аварий содержит информацию о последних 200 нештатных ситуациях на оборудовании и возможных причинах отказа. Архив событий предоставляет информацию о последних 500 командах оператора и системы автоматического управления (типично – запуск или останов скважин).

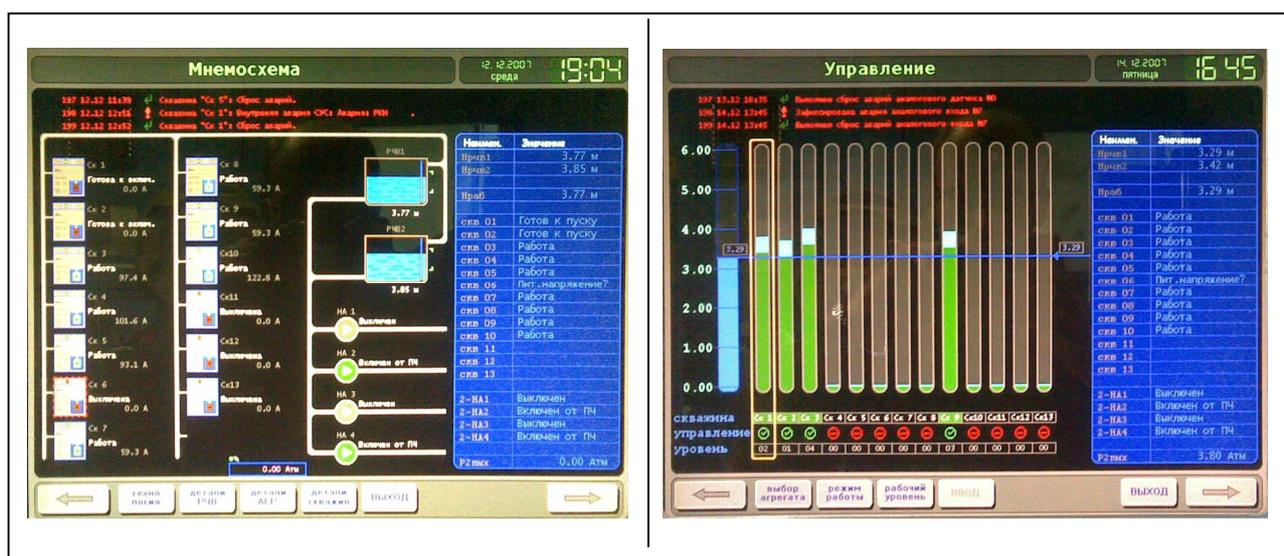


Рис. 4. Основные рабочие окна управления скважинами.

Программное обеспечение СТК500 и контроллеров управления скважинами обеспечивает безостановочную работу оборудования, в том числе и при отключении СТК500, с той только разницей, что процесс регулирования прекращается. Это значит, что отключение СТК500 (например, для проведения регламентных работ) не приведет к остановке оборудования. При повторном включении СТК500 программное обеспечение производит синхронизацию состояния оборудования, затем процесс регулирования продолжается.

В дополнение, контроллер СТК500 содержит средства сортировки и обработки оперативных данных для передачи в систему телеметрии верхнего уровня. Принцип буферизации и сортировки данных позволяет сократить временные затраты на доставку данных в верхнюю систему телеметрии. Обмен данными с системой верхнего уровня реализован на базе протокола Modicon ModBus RTU.

### Частотное управление агрегатами 2-го подъема.

Насосная группа станции 2-го подъема содержит 4 насосных агрегата с электродвигателями 160 кВт, 0,4 кВ. Технологический режим работы насосных агрегатов: 2 рабочих + 2 резервных агрегата. Дневной режим работы характеризуется работой двух агрегатов, ночной – одного. Для управления насосной группой на станции 2-го подъема установлены две станции

частотного управления (СЧУ) серии СЧ400 производства ООО «Сибирь-мехатроника» соответствующей мощности (рис. 5).

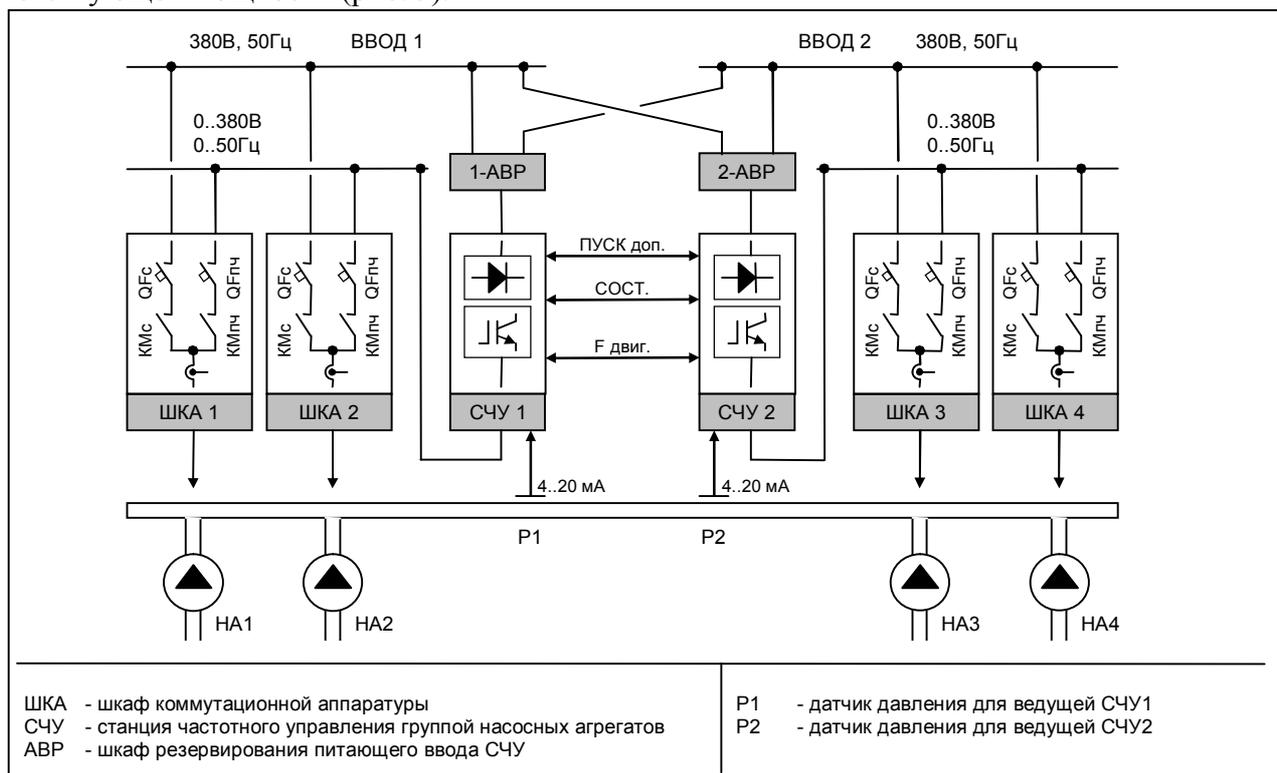


Рис. 5. Частотное управление агрегатами 2-го подъема.

Каждая станция имеет возможность управления двумя двигателями по схеме основной + резервный. В состав каждой станции входят шкафы коммутационной аппаратуры, по числу насосных агрегатов, и шкаф АВР питания преобразователя частоты для подключения к резервному вводу при отсутствии питающего напряжения на основном вводе. При этом каждый агрегат получает две цепи питания:

- цепь питания от сети (резервный режим) с управлением производительностью за счет дросселирования;
- цепь питания от преобразователя частоты (основной режим), в этом случае регулирование производительности осуществляется за счет изменения частоты вращения приводного двигателя при полностью открытых напорных задвижках.

Органы управления всем оборудованием вынесены на единый пульт дистанционного управления в помещении операторского состава. Здесь расположены ключи выбора режима каждого агрегата, амперметры двигателей, ключи управления режимами работы станциями частотного управления.

Станции частотного управления работают в режиме совместного регулирования. В этом режиме выделяется *ведущая СЧУ*, выполняющая функции поддержания давления в напорном коллекторе. Текущее значение давления измеряется датчиком избыточного давления и поступает в СЧУ как сигнал обратной связи. В случае недостаточной производительности (невозможность поддержания заданного уровня давления), ведущая СЧУ формирует команду на включение *ведомой станции*. Алгоритм совместного управления позволяет синхронизировать частоты питания двигателей ведомой и ведущей СЧУ, что в свою очередь равномерно распределяет нагрузку насосных агрегатов. Как показал опыт эксплуатации и испытания, проведенные на объекте, такой способ управления наиболее эффективен с точки зрения стабильности гидравлического режима и режима энергопотребления.

Заданное значение давления определяется суточным графиком ведущей СЧУ. Для оптимизации процесса водоснабжения используется график рабочих дней недели и график выходных дней. Суточные графики обеих СЧУ работают синхронно.

Особенностью проектного решения является отсутствие общего технологического контроллера станции 2-го подъема. Любая СЧУ может взять на себя функцию ведущей, чем достигается резервирование систем управления насосной станции. При отказе любой СЧУ, работающая станция автоматически становится ведущей, поддерживая работоспособность объекта. Каждая СЧУ имеет возможность перехода на резервный двигатель при отказе основного по результатам токового мониторинга работающего агрегата, состояния коммутационной аппаратуры, команд оператора без потери работоспособности объекта.

### Телеметрия и диспетчеризация.

Целью этой части работы является концентрация данных о состоянии Ингодинского водозабора и их подготовка для проектируемой системы диспетчеризации верхнего уровня. Второй частью работы является организация дистанционного управления водозабором на уровне режимных воздействий со стороны центральной диспетчерской.

Центральным звеном системы сбора данных (рис.6) является станция телеметрии и автоматики СТА1705 производства ООО «Сибирь-мехатроника». Станция построена на базе промышленного контроллера I7188EXD (ICPDAS), имеет крейтовый расширитель устройств ввода-вывода информации, необходимое число последовательных портов обмена данными с устройствами объекта, в состав контроллера входит сетевой адаптер Ethernet с поддержкой TCP IP стека.

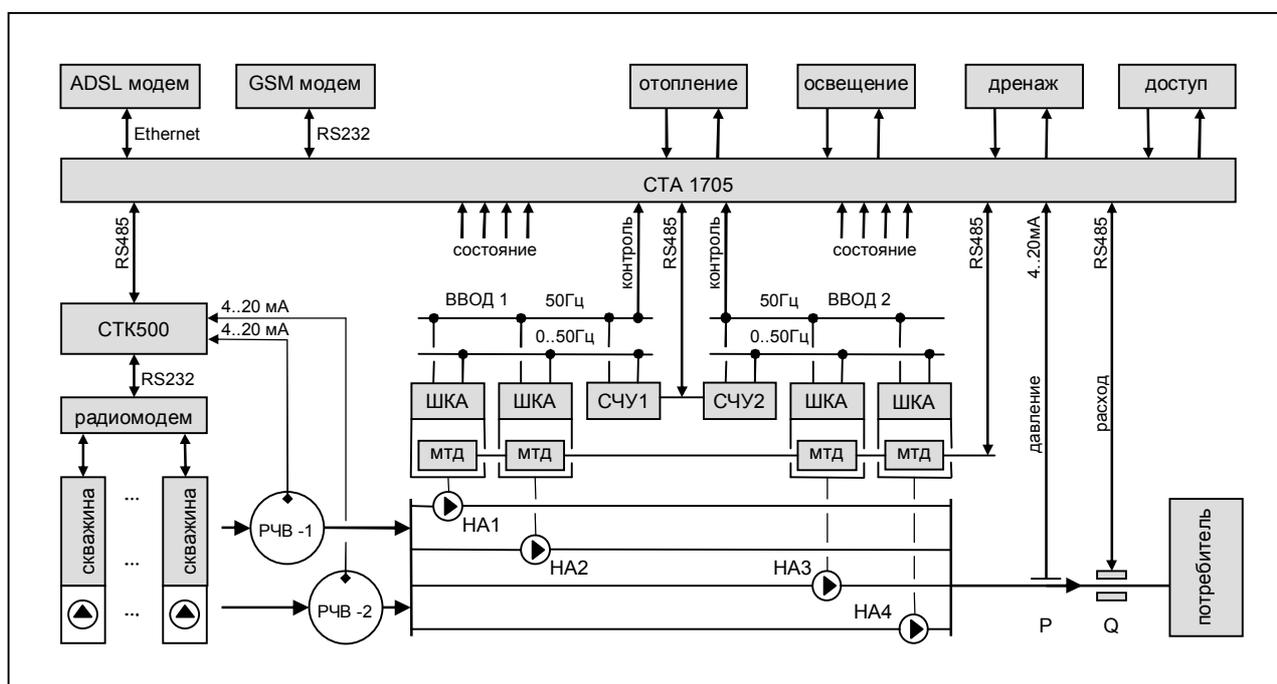


Рисунок 6. Структура сбора данных.

Система сбора данных охватывает все основные участки технологической схемы в части контроля и управления комплексом оборудования Ингодинского водозабора. В настоящий момент ведутся работы по созданию системы диспетчеризации верхнего уровня. В качестве средств связи с объектом предполагается использовать ADSL модемы через сеть ГТС и, как альтернативный способ, – GPRS соединение через GSM модем.

### Управление наливом воды в РЧВ 3-го подъема.

Для управления наливом воды в РЧВ на подающем трубопроводе установлен дисковый затвор с электроприводом. Управление затвором осуществляется в функции уровня с помощью блока управления запорно-регулирующей арматурой СР211 производства ООО «Сибирь-мехатроника» (рис.7). Особенностью системы является работа с нормированными колебаниями уровня запасенной воды без опустошений и переливов, исключаяющими перемерзания резервуара в зимний период. Управление электроприводом затвора осуществляется от преобразователя частоты, что обеспечивает плавность изменения гидравлического режима подающего трубопровода.

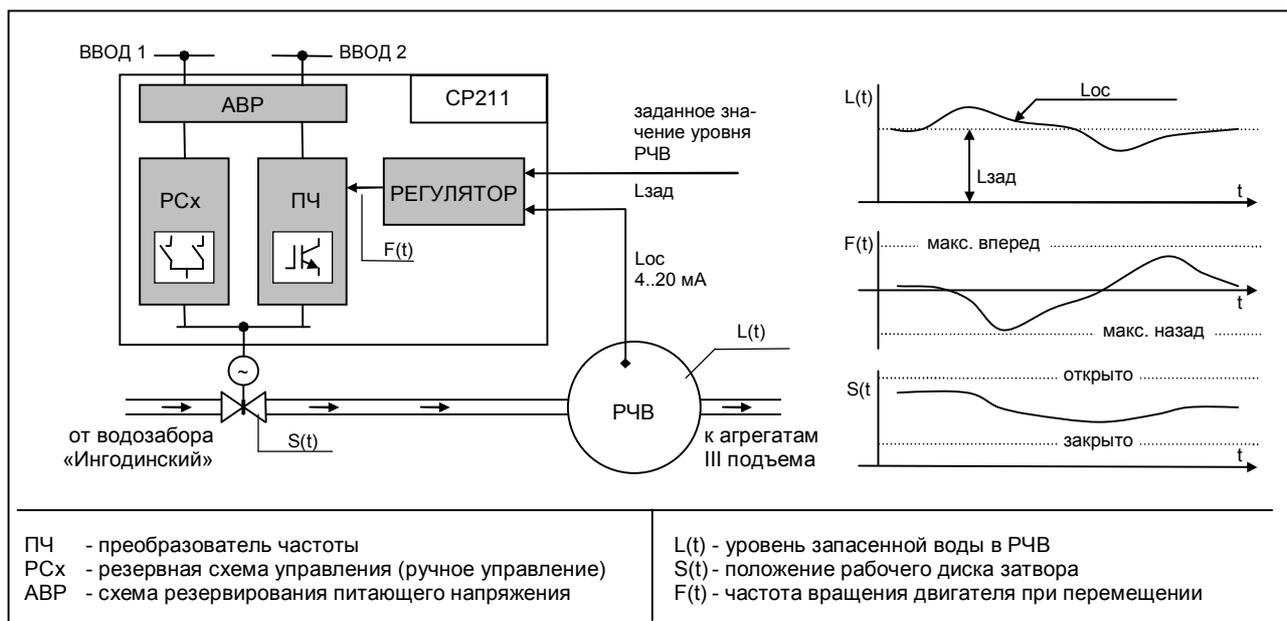


Рис. 7. Управление наливом воды в РЧВ.

### Заключение.

В результате реализации в 2006-2007 г.г. принятой комплексной программы реконструкции на участке от скважин до резервуаров 3-го подъема был получен весьма ощутимый эффект:

1. Забор воды из подземных горизонтов и объем перекачиваемой воды станцией 2-го подъема сократился на 35%.
2. Потребление электроэнергии сократилось на станции 1-го подъема на 35%, на станции 2-го подъема на 26%.
3. Устранены проблемы с переливом воды в резервуарах и перемерзанием открытых участков трубопроводов и открытых резервуаров.
4. Стабилизирован гидравлический режим в трубопроводах.