

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки)

Техническое и информационное обеспечение интеллектуальных систем электроснабжения

(направленность (профиль))

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Разработка автоматизированной системы управления группой водяных насосов в горной местности

Обучающийся

Д.С. Лутфуллоев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный

руководитель

к.т.н. В.И. Платов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы, Фамилия)

Тольятти, 2024

## Содержание

Введение.....	3
1 Определение частных задач водоснабжения и путей их решения .....	5
1.1 Особенности водоснабжения в республике Таджикистан.....	5
1.2 Особенности электроснабжения Мургабского района .....	7
1.3 Перспективы развития солнечной и ветряной энергетики в Таджикистане .....	16
1.4 Характеристика существующей системы водоснабжения Мургабского района .....	31
2 Разработка системы управления погружными насосами артезианских скважин.....	39
2.1 Общие сведения.....	39
2.2 Система управления водонапорной башней .....	55
2.3 Система управления локальными артезианскими скважинами .....	66
3 Разработка системы управления насосами поверхностных источников .....	71
3.1 Особенности организации получения воды для технических нужд, водопоя животных, полива полей и огородов.....	71
3.2 Система управления насосами водозабора из русла реки .....	73
4 Разработка автономных систем энерго– и водоснабжения для удаленных объектов.....	81
4.1 Внедрение энергетической системы «Infinite FreeDom» .....	81
4.2 Возможность применения микро-ГЭС .....	85
Заключение .....	88
Список используемых источников.....	91

## Введение

Как и большинство населенных пунктов, расположенных в горной местности, в Мургабском районе Горно–Бадахшанской автономной области республики Таджикистан, существуют проблемы с водоснабжением. Для этого существует много причин, в том числе и сложные климатические условия. «Районный административный центр, город Мургаб (точнее поселок городского типа), расположен на высоте 3500 метров над уровнем моря, в горах Памира. Это определяет очень значительные перепады температур: зима длится с середины сентября до конца мая, температура зимой достигает  $-50$  °С. Летом температура может достигать  $+40$  °С в июле и августе. Этот район считается пустынным, с небольшим количеством осадков, но иногда здесь случаются ливни. Сильные ветры дуют весь год, и в любой момент может даже пойти снег» [3]. Город является важным транспортным узлом на дороге в Кыргызстан, Афганистан и Китай. В последнее время в городе развивается туристическая отрасль, появляются гостевые дома, отель. Развитие туризма увеличивает потребность района в питьевой воде, а значит выбранная тема исследования, направленная на разработку автоматизированной системы управления группой водяных насосов, позволяющую увеличить объемы и надежность водоснабжения района, являются актуальной задачей.

Целью данной работы является разработка автоматизированной системы управления группой водяных насосов.

Задачи исследования:

- изучить существующую систему водоснабжения потребителей воды Мургабского района республики Таджикистан;
- разработать автоматизированную системы управления группой водяных насосов, расположенных в различных точках поселка.

Объектом исследования является система водоснабжения Мургабского района республики Таджикистан.

Предметом исследования являются автоматизированная система управления группой водяных насосов.

При написании работы были использованы методы анализа, сравнения, статистики и проектирования.

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности использования предложенной автоматизированной системы управления группой водяных насосов для других районов Таджикистана.

Основные положения, выносимые на защиту:

– автоматизированная система управления группой водяных насосов.

Новизна магистерской диссертации:

– новизна работы заключается в разработке автоматизированной системы управления группой водяных насосов конкретного населенного пункта, с учетом его климатических и природных особенностей.

При написании работы были исследованы научные труды таких исследователей, как А.А. Арутюнян, Н.И. Данилов и др.

Из электронных ресурсов можно выделить [www.electro-expo.ru](http://www.electro-expo.ru), [sedatec.org](http://sedatec.org), [dimrus.com](http://dimrus.com), [energsoyus.spb.ru](http://energsoyus.spb.ru), [ntc-retec.ru](http://ntc-retec.ru), [gkresurs.ru](http://gkresurs.ru) и др.

Издаются периодические издания «Энергетика», «Энергетик», «Энергетик за рубежом», «Промышленная энергетика», «Проблемы энергетики», и другие, в которых печатаются статьи по проблемам повышения электрической и энергетической эффективности промышленных и коммунальных объектов.

Структура и объём работы. Структура: введение, 4 раздела, заключение, список использованной литературы. Пояснительная записка содержит 95 страниц машинописного текста.

# **1 Определение частных задач водоснабжения и путей их решения**

## **1.1 Особенности водоснабжения в республике Таджикистан**

В состав Таджикистана входят три области: на севере находится Согдийская, на юго–востоке Хатлонская, на востоке находится Памир – самая большая по территории, но самая малонаселенная горная местность. Именно там и расположен Мургабский район, водоснабжение районного центра с прилегающей территорией которого и предстоит оптимизировать и сделать более энергоэффективным.

Главной особенностью сельского хозяйства Таджикистана является жаркий климат, что требует большого количества воды, как питьевой, так и технической, используемой для полива грядок и животноводства. В республике имеется сеть рек, в большинстве населенных пунктов вода добывается из скважин глубиной до 200 м и колодцев. Горная местность Памира, будучи труднодоступной для транспорта и строительства электроэнергетических сетей, обладает широкими возможностями для освоения энергии Солнца и ветра, хотя на сегодня альтернативная энергетика освоена слабо.

Республика является преимущественно аграрной, и большая часть населения проживает в сельской местности. Промышленность ориентирована, прежде всего, на переработку собственных ресурсов: хлопка, фруктов, овощей, табака и другой сельскохозяйственной продукции. Животноводство сосредоточено большей частью в частных хозяйствах, которые не имеют доступа к централизованному водоснабжению. Местность Таджикистана включает множество гор, что оказывает существенное влияние на работу энергетики и транспорта.

Сельскохозяйственные объекты всегда расположены далеко от городов и поэтому использование городской системы водоснабжения невозможно и

необходимо использовать собственные источники. К таковым относятся артезианские скважины, колодцы, а также поверхностные источники – реки и озера.

Основные направления развития системы водоснабжения в республике можно разделить на 4 группы:

- обеспечение населения питьевой водой;
- водоснабжение крупных стационарных промышленных и сельскохозяйственных объектов;
- орошение полей;
- водоснабжение удаленных пастбищ, расположенных вне зоны доступности центральных систем водоснабжения.

Основной объем воды в республике обеспечивают крупные и мелкие реки. К крупным относятся Амударья, Сырдарья, Вахш, Пяндж и Заравшан, истоки которых находятся в горах Памира. Также имеется множество мелких рек, количество которых, по разным источникам, составляет от 600 до 1000. Таким образом, система водоснабжения Таджикистана в целом основана как на поверхностных источниках, так и на подземных, включающих глубокие скважины и простые деревенские колодцы.

На современном уровне проблема водоснабжения сельского хозяйства в Республике Таджикистан решена далеко не в полной мере. Во-первых, количество поставляемой сельскому хозяйству воды недостаточно, а с учетом перспектив развития это становится важным препятствием. Вторая проблема – низкая энергоэффективность существующих систем водоснабжения. И, наконец, извлекаемая из недр вода расходуется нерационально.

После распада СССР в республике проходили сложные политические процессы, в том числе, вооруженные конфликты, что не могло не повлиять на экономику. В настоящее время население живет довольно бедно – средняя зарплата, в пересчете на рубли, составляет около 7000 руб. Наиболее

дееспособные мужчины работают за границей. Такая ситуация обуславливает необходимость поиска решений по развитию сельского хозяйства и промышленности, исходя из принципа экономичности, поскольку больших источников финансирования нет.

## **1.2 Особенности электроснабжения Мургабского района**

Проблемы водоснабжения неразрывно связаны с проблемами электроснабжения, так как для закачки воды из водоемов или ее поднятия из колодцев и скважин требуются насосы. Наиболее экономичным и удобным в применении является электрический привод, а, следовательно, требуется электрическая энергия.

По состоянию на 2020 год вся энергетика Горно–Бадахшанской автономной области состоит из малых гидроэлектростанций (МГЭС), самой «крупной из которых является Памир ГЭС–1, мощностью 28 МВт. Малая гидроэнергетика является одним из наиболее известных и хорошо освоенных источников возобновляемой энергии» [6].

ГЭС «Памир–1», машинный зал которой показан на рисунке 1, «гидроэлектростанция в Горно–Бадахшанской автономной области, Таджикистан, на реке Гунт. Крупнейшая электростанция Горного Бадахшана. ГЭС «Памир–1» представляет собой деривационную гидроэлектростанцию. Установленная мощность ГЭС – 28 МВт. Сооружения станции включают в себя головное водозаборное сооружение на р. Гунт, бассейн суточного регулирования, деривационный тоннель длиной 3300 м и диаметром 3 м, уравнивательная шахта, два подводящих тоннеля длиной по 300 м с развилками на гидроагрегаты, здание ГЭС, отводящий канал. В здании ГЭС расположены четыре вертикальных гидроагрегата мощностью по 7 МВт с радиально–осевыми турбинами, работающими при расчётном напоре 79,6 м» [6].



Рисунок 1 – Машинный зал мини ГЭС «Памир–1»

«Таджикистан обладает очень большими ресурсами малой гидроэнергетики. Как показано в таблице 1, ее промышленные запасы составляют почти 60 ТВт·ч в год, при сегодняшней общей выработке в стране 16...18 ТВт·ч в год» [19].

Таблица 1 – Энергетические ресурсы малых рек Таджикистана

Районы	Потенциальные		Технические	
	N, МВт	Э, ТВт·ч	N, МВт.	Э, ТВт·ч
Ленинабадская группа районов	1390,0	20,14	399,17	4,08
Районы республиканского подчинения	20147,0	152,77	6225,87	50,11
Горно–Бадахшанская автономная область	2966,0	40,16	811,55	7,23
Всего по Таджикистану	24503	213,07	7436,59	61,42



«Большое количество МГЭС может быть также построено на существующих ирригационных сооружениях – быстротоках, перепадах и т.п. Это даст возможность, кроме всего прочего, использовать для МГЭС уже готовые сооружения и удешевить их строительство» [19].

В 2010 году выявлена возможность строительства 123 МГЭС на существующих перепадах и водотоках общей мощностью 105,46 МВт, с годовой выработкой 357,39 млн. кВт·ч, данные приведены в таблице 2. При этом предполагалось, что эти «МГЭС будут работать в ирригационном режиме всего 5 месяцев в году. В действительности срок их использования может быть продлен в течение вегетационного периода, с соответствующим увеличением выработки электроэнергии» [19].

Таблица 2 – Малые ГЭС на ирригационных сооружениях Таджикистана

Напор	Число ГЭС	Суммарная мощность, МВт	Вырабатываемая энергия, млн. кВт·ч
<8 м	101	40,31	99,47
12 – 22 м	8	5,17	20,31
22 – 65 м	7	10,33	29,98
> 65м	7	49,83	207,63
Всего	123	105,46	357,39

«Малые ГЭС на ирригационных каналах представляют особый интерес также в связи с тем, что водное хозяйство республики является вторым по величине, после алюминиевого завода, должником за электроэнергию, а строительство собственных МГЭС может хоть в какой-то мере способствовать их самообеспечению, причем непосредственно в местах производства ими электроэнергии» [29].

«Экономический потенциал малой гидроэнергетики Таджикистана велик не только сам по себе, но и в сравнении со всеми другими возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ)» [29]. В общей структуре ВИЭ он составляет 59,8%, что следует из таблицы 3.

Таблица 3 – Ресурсы ВИЭ Таджикистана (млн. т.у.т. в год)

Ресурсы	Теоретическая возможность	Практическая возможность	Экономический потенциал
Малая гидроэнергия	59,8	19,22	19,88
Солнечная энергия	5177,2	4,08	2,04
Энергия биомассы	3,97	3,98	0,93
Энергия ветра	158	9,78	4,97
Геотермальная энергия	0,037	0,037	0,037
Всего	5399,01	37,09	27,86

«Ресурсы малой гидроэнергетики равны 20...25% от технически возможных ресурсов общей гидроэнергетики Таджикистана, составляющих 250...300 ТВт·ч в год» [30].

Сама же гидроэнергетика является «безальтернативным ресурсом электроэнергетики – сегодня в республике на ГЭС вырабатывается более 95% всей электро- и теплоэнергии. При этом при отсутствии собственных промышленных запасов нефти и газа и резкого снижения добычи угля (более чем в 4 раза по сравнению с концом 80-х годов прошлого века) доля электроэнергии, то есть гидроэнергии, в общем энергобалансе республики в настоящее время составляет 80,54%, как следует из таблицы 4» [30].

Таблица 4 – Структура энергобаланса Таджикистана

Производство	Доля в %	
	2000 г.	2000...2020 гг.
Электроэнергия (ГЭС)	50,62	80,54
Нефтепродукты	30,12	10,11
Газ (природный)	20,81	15,17
Уголь	5,07	0,47
ВИЭ	–	–

«Все это говорит о важности развития в Таджикистане гидроэнергетики, и малой в том числе. Значимость малой гидроэнергетики сегодня определяется тем, что при общем дефиците электроэнергии, порядка

3 ТВт·ч в год, он наиболее сильно ощущается в сельской местности, особенно в горных районах, занимающих 93% территории республики, население которых получает электроэнергию в зимний, самый тяжелый период года до 8...12 часов в сутки.

Особое значение имеют МГЭС для Горно–Бадахшанской Автономной области (ГБАО), расположенной на высоте более 3000 метров над уровнем моря и постоянно испытывающих острый дефицит электроэнергии» [30]. В настоящее время там намечено строительство целого ряда МГЭС, параметры, которых приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Перспективные МГЭС ГБАО, намеченные к строительству в 2020...2030 гг.

Наименование	Расположение	Суммарная мощность, N, кВт	Годовая выработка, тыс. кВт·ч	Капиталовложения, тыс. долл. США
Язгулом–1	Ванч	1980	18420	2066
Язгулом–2	Ванч	1980	18420	2245
Язгулом–3	Ванч	1980	18420	3962
Язгулом–4	Ванч	1980	18420	3809
Язгулом–5	Ванч	1980	18420	3841
Ширговад	Ванч	594	3140	2214
Ванч	Ванч	1134	8440	1896
Ок–су–1	Мургаб	1411	7220	1607
Ок–су–2	Мургаб	1374	7980	1944

Следует отметить, что речной сток в высокогорных районах ГБАО чрезвычайно неравномерен в течение года, что значительно влияет на планирование энергетических проектов. Поэтому для таких условий, где отсутствует возможность регулирования стока, параметры малых гидроэлектростанций (МГЭС) выбираются на основе гарантированных зимних расходов, а не на основе среднегодовых показателей. Это позволяет обеспечить стабильное и непрерывное энергоснабжение потребителей в течение всего года. Например, согласно параметрам МГЭС, приведенным в

таблице 5, число часов использования их установленной мощности варьируется в диапазоне от 6000 до 8000 тыс. кВт·ч.

Все потребности в оборудовании для малых гидроэлектростанций (МГЭС), предусмотренные уже разработанными схемами, могут быть удовлетворены использованием двух типов турбин, что позволяет оптимизировать их функционирование. В частности, радиально-осевые турбины составляют 80% от общего количества используемого оборудования, что обеспечивает их доминирование в данной сфере. Ковшовые турбины, в свою очередь, составляют оставшиеся 20% и дополняют общую систему. Такая стандартизация оборудования позволяет существенно снизить общую стоимость его производства, что в свою очередь представляет собой значительное экономическое преимущество для отрасли.

«Экономические преимущества малых гидроэлектростанций (МГЭС) по сравнению с крупными гидроэлектростанциями (ГЭС) достигаются за счет увеличения числа часов использования их установленной мощности, что повышает их эффективность. Дополнительно сокращение сроков строительства способствует значительному снижению затрат, что также является важным фактором» [12]. Соответствующие тарифные расчеты обеспечивают окупаемость проектов как крупных, так и малых ГЭС, что подтверждается параметрами, приведенными в таблице 6, и иллюстрируется на рисунке 2.

Таблица 6 – Экономическое сравнение малых и крупных ГЭС

Показатель	Крупные ГЭС	Малые ГЭС
Срок строительства ГЭС, лет	6	2
Срок окупаемости ГЭС, лет	20	20
Себестоимость электроэнергии, долл./кВт·ч	0.004	0.004
Число часов использования, часов/год	5000	9000

В случае малых ГЭС используется только часть доступного речного стока, что позволяет гарантированной мощности МГЭС соответствовать их установленной мощности в течение всего периода эксплуатации.

«Хорошо видно, что при соответствующем к ней отношении малая гидроэнергетика может быть существенно, до 3–х раз более эффективна экономически, чем большая» [30].

«МГЭС не требуют крупных капиталовложений, могут возводиться, практически, в течение одного сезона, относительно просты в эксплуатации и могут обеспечить быстрый возврат инвестиций. В этой ситуации очень важным является вопрос размещения ГЭС на территории республики с учетом необходимого уровня обеспечения электроэнергией всех потребителей» [30].

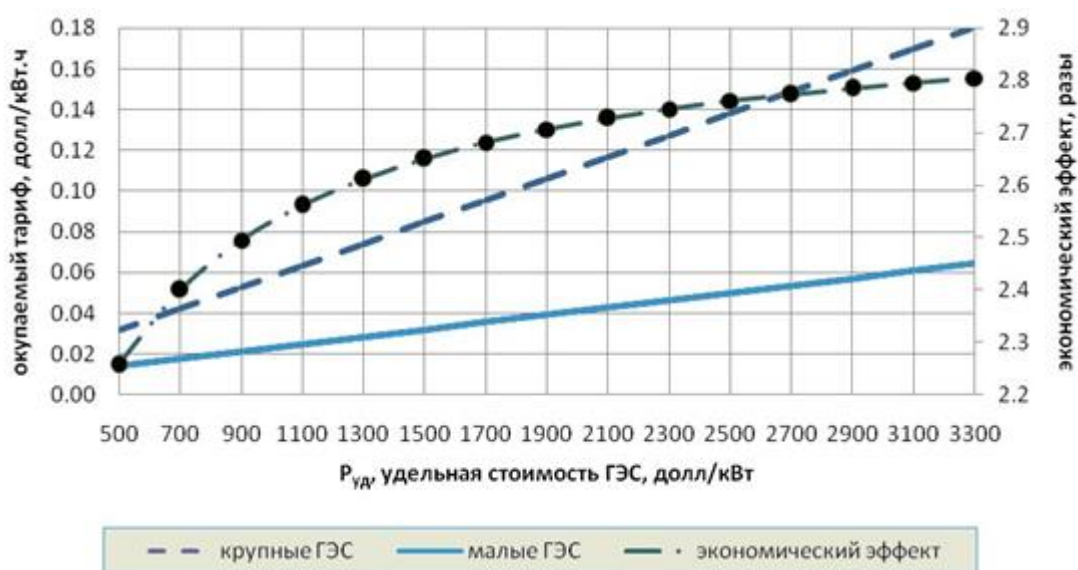


Рисунок 2 – Возможный экономический эффект от сокращения срока строительства и увеличения числа часов использования оборудования ГЭС

«Критерием оптимизации при этом будет минимизация суммарных капиталовложений на строительство ГЭС для выработки электроэнергии и на строительство линий электропередач (ЛЭП) для её транзита потребителям. С

учетом этого зона влияния одной ГЭС будет ограничиваться расстоянием, стоимость передачи электроэнергии на которое будет дешевле сооружения на его конце новой станции» [30]. Математически это можно записать в виде:

$$L_{\text{макс}}^{\text{опт}} \leq \frac{r_{\text{уд}}^{\text{гэс}}}{r_{\text{уд}}^{\text{лэп}}} \cdot N, \quad (1)$$

где  $L_{\text{макс}}^{\text{опт}}$  – максимальное расстояние передачи мощности, км,

$N$  – передаваемая мощность, кВт,

$r_{\text{уд}}^{\text{гэс}}$  – удельные капиталовложения в ГЭС, долл./ кВт,

$r_{\text{уд}}^{\text{лэп}}$  – удельные капиталовложения в ЛЭП, долл./км.

Результаты проведенных расчетов подробно представлены в таблице 7, где можно найти все соответствующие данные. В ней содержится информация, показывающая, что для типичных значений мощности, которые являются характерными для малых гидроэлектростанций (МГЭС), предельные допустимые расстояния передачи электроэнергии оказываются весьма ограниченными и требуют внимательного учета. В частности, для мощностей до 1000 кВт, что является типичным для сельских населенных пунктов, частных и акционерных предприятий, а также небольших коллективных хозяйств республики, это предельное расстояние составляет приблизительно 15 км, что указывает на необходимость более детального анализа и планирования.

Таблица 7 – Максимально допустимые расстояния передачи электроэнергии при различной мощности ГЭС

Мощность, МВт	0.1	0.2	0.3	0.5	1	5	10	50	100	200	500
$L_{\text{макс}}$ , км	5	10	15	15	18.6	61	122	250	444	700	700

Таким образом, «для отдельных ущелий в горных районах оптимальная зона влияния одной МГЭС составляет 30 км. Отсюда можно определить и среднюю мощность таких МГЭС, которые будут характерны для Таджикистана на ближайшую перспективу. Она составляет 2... 4 МВт» [8].

«В 1993 году в Таджикистане было принято Постановление Президиума Верховного Совета Республики Таджикистан №1350 "Об освобождении от уплаты налогов строящихся малых гидроэлектростанций, объектов нетрадиционных источников энергии и малых предприятий по добыче и переработке угля", предусматривающее освободить строящиеся малые гидроэлектростанции, объекты нетрадиционных источников энергии и малые предприятия по добыче и переработке угля от уплаты налога на прибыль сроком на 3 года со дня ввода их в эксплуатацию» [8].

«Также с 1993 года действует Постановление Совета Министров Республики Таджикистан №139, в котором решено разрешить строительство малых ГЭС на всех действующих гидротехнических сооружениях и водохранилищах неэнергетического назначения независимо от их ведомственной принадлежности, возложить координацию работ по строительству малых ГЭС и нетрадиционных источников энергии на Государственную акционерную холдинговую компанию "Барки Точик"» [8].

«В сентябре 1993 года в республике утверждено "Положение о порядке строительства и эксплуатации установок, использующих возобновляемые нетрадиционные источники энергии в Республике Таджикистан", регламентирующее весь комплекс использования возобновляемых источников энергии: солнечной, ветровой, био, гидро и других, при условии ограничения их единичных мощностей до величин:

- для солнечных установок, используемых для получения низкопотенциального тепла – до 1 Гкал/час;
- для ветроустановок – до 250 кВт;
- для гидравлических установок – до 30 мВт;

- для солнечных установок прямого преобразования в электрическую энергию – до 5 кВт;
- для других видов – до 10 кВт» [8].

В 1997 году Правительством Республики Таджикистан принято Постановление №267 "О развитии малой энергетики Республики Таджикистан", в котором определена ответственность министерств и ведомств за реализацию программы развития малых ГЭС.

«С мая 2007 г. в республике действует Закон "Об инвестициях, в котором иностранным инвесторам установлена система льгот, стимулирующая их участие в строительстве МГЭС.

И, наконец, 12 января 2010 г. в Таджикистане принят Закон «Об использовании возобновляемых источников энергии», в котором предусмотрены доплаты к тарифам всех собственников возобновляемых источников энергии за счет субъектов естественных монополий» [8].

### **1.3 Перспективы развития солнечной и ветряной энергетики в Таджикистане**

Ветряная и солнечная энергетика в настоящее время является второй по мощности среди всех видов энергоресурсов [14]. «Такая энергетика вышла на первое место в мире по темпам прироста. Доля солнечной и ветровой энергии в глобальном потреблении электричества за последние четыре года удвоилась. Энергетический потенциал в конце октября 2016 года повысило на 13% свой прошлогодний пятилетний прогноз роста для возобновляемых источников энергии. Это связано с политической поддержкой энергетического потенциала в таких странах, как США, Китай, Индия и Мексика, а также с резким сокращением ее стоимости. Даже низкие цены на уголь и газ не в состоянии предотвратить глобальную трансформацию энергетического рынка» [14].



«Климатические условия Таджикистана в значительной степени способствуют эффективному использованию солнечной энергии, благодаря чему потенциал этого ресурса может быть максимально реализован. Среднегодовое количество солнечных дней варьируется от 280 до 330, что создает особенно благоприятные условия для генерации солнечной энергии в течение всего года. Интенсивность суммарной солнечной радиации значительно изменяется в разные сезоны, что требует адаптации технологий для обеспечения максимального использования этого ресурса в любой период года. Использование солнечной энергии в Таджикистане может удовлетворить от 10 до 20% текущей потребности страны в энергетических ресурсах, что значительно снижает зависимость от традиционных источников энергии. По оценкам специалистов, потенциал солнечной энергии Таджикистана составляет около 25 миллиардов кВт·ч в год, что является значительным и ценным ресурсом для страны.

Однако в настоящее время этот потенциал практически не используется на полную мощность, за исключением частичного применения для нагрева воды в бытовых и промышленных целях. Ветровая энергия в Таджикистане обладает сравнительно меньшим потенциалом, но её использование в качестве дополнения к основной гидроэнергетике оправдано и целесообразно в определённых регионах страны. Наиболее сильные ветры наблюдаются в горных районах, где сложный ландшафт способствует концентрации воздушных потоков и увеличению их силы. Сильные ветры также часто отмечаются в Согдийской области и Раштской долине, где они могут быть эффективно использованы для генерации энергии и интеграции в общую энергосистему страны»[22].

«Среднегодовая скорость ветра в этих регионах составляет примерно 5-6 м/с, что делает их пригодными для установки ветроэнергетических установок. Общая продолжительность солнечного сияния по результатам измерений некоторых метеостанций, такова:

- метеостанция «Дехавз» – 2097 часов (в верховьях р. Зарафшана на высоте 2500 м);
- метеостанция «Ледник Федченко» – 2217 часов на высоте 4169 м;
- метеостанция «Пяндж» – 3029 часов на южной части Республики;
- метеостанция «Каракуль» – 3166 часов на Памире» [2].

По мнению специалистов, в течение 10 месяцев в году 60...80% потребности населения страны могут быть обеспечены солнечной энергией. Об этом приводятся данные в таблице 8.

Таблица 8 – Солнечная суммарная месячная радиация в основных населенных пунктах Таджикистана, Вт/м<sup>2</sup>

Населенные пункты	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Душанбе	86	119	149	199	268	331	328	288	238	170	99	80
Худжанд	86	120	158	231	288	327	319	289	237	159	98	71
Курган–Тюбе	79	121	149	198	281	329	318	289	229	158	120	69
Шаартуз	79	121	148	199	280	328	319	288	228	159	120	69
Гарм	86	118	149	199	268	319	328	289	238	170	99	81
Исфара	86	119	149	198	269	319	329	287	239	170	99	81

«В пересчете на условное топлива это составляет около 400 тысяч тонн условного топлива (тут), что эквивалентно 460 млн. м<sup>3</sup> газа или 528 тыс. тонн мазута. Как сообщает информационное агентство Азиатского банка развития выделяет средства для финансирования проектов по развитию солнечной энергетики в Таджикистане. Наряду с Таджикистаном средства будут выделены Пакистану, Китаю, Индии и Таиланду. Проекты добавят дополнительные 1000 МВт электроэнергии в следующем году и 1500 МВт в 2018 году и поэтому Азиатский банк развития выделит \$2,25 млрд. Этот банк развития будет стимулировать коммерческое кредитование и частные инвестиции в солнечную энергию в этих странах. Финансирование Азиатского банка развития призвано повысить ценовую

конкурентоспособность солнечной энергии по сравнению с традиционными источниками энергии. При этом в информации Азиатского банка развития не уточняются детали проектов по развитию солнечной энергетики. По оценкам таджикских специалистов, в Таджикистане, где солнечными бывают 300 дней в году, очень удобно использовать технологии получения энергии от Солнца. Годовой потенциал общей солнечной энергии в Таджикистане эквивалентен 50 миллиардам 973 млн. тонн нефти» [2].

«По агрегированным параметрам оценивается интенсивность прямой солнечной радиации от 10,3 кВт·ч/м<sup>2</sup> (июнь–июль) до 5,9 кВт·ч/м<sup>2</sup> (декабрь–январь). Весной, по сравнению с горизонтальной поверхностью, северные склоны и спуски крутизной 10° и 30° получают радиации на 10...15% и 15...20% меньше соответственно. Увеличение суммарной радиации летом не отличается от такового на горизонтальной поверхности» [2]

Солнечное облучение на горизонтальной поверхности в ясный день на средней широте Таджикистана (39°с.ш.) показано в таблице 9.

Одна из первых солнечных электростанций Таджикистана появилась в высокогорном Мургабе на Памире (рисунок 3).

Таблица 9 – Теоретические параметры солнечного облучения горизонтальной площадки на поверхности земли на широте Таджикистана

Величина солнечного облучения	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МДж/м <sup>2</sup> сут	12	14	19	24	30	31	25	26	20	14	11	9
Вт/м <sup>2</sup> ср.сут	149	180	229	300	308	319	299	302	218	180	141	130

Двухсот двадцатикиловаттная электростанция была запущена в ноябре 2020 года при содействии Агентства США по международному развитию (USAID) [32]. Этот запуск стал результатом успешного сотрудничества между Правительством Таджикистана, USAID и компанией «Памир Энерджи».



Рисунок 3 – Солнечная электростанция в Мургабе на Памире

В рамках проекта также была установлена гибридная энергоаккумулирующая электростанция мощностью 180 кВт·ч, что демонстрирует высокий уровень технологической интеграции и инноваций в области энергетики.

Новая электростанция обслуживает 8778 человек и имеет 1463 подключения по счетчику. Энергоснабжение пользователей осуществляется через распределительную сеть Мургаба, которая является мини-сетью, не

связанной с основной энергосистемой страны. В этой сети электроэнергия генерируется как Мургабской гидроэлектростанцией, так и новой солнечной электростанцией, что способствует диверсификации источников и устойчивости энергоснабжения региона.

По сообщению USAID, в будущем есть возможность довести мощность данной электростанции до 1 мегаватта (1000 кВт) и более.

«Солнечная энергия перспективна также в плане экологии и экономии. Солнечные установки особенно выгодны в обеспечении электроэнергией и теплом отдаленных от централизованных территорий. Опреснение воды в степях, сушка сельскохозяйственной продукции, обогрев теплиц и жилья, обеспечение зданий горячей водой, их вентиляция и охлаждение, строительство высокотермичных печей для создания термоустойчивых материалов – таковы перспективные направления практического использования солнечной энергии. Три четверти населения Таджикистана в течение полугода сталкивается с 280 перебоями в энергоснабжении» [2].

«В Таджикистане сталкиваются с двойной проблемой, вызванной не только отсутствием полноценного использования природных ресурсов, но и их недостаточным использованием, что требует комплексного подхода к улучшению энергетической эффективности и внедрению возобновляемых источников энергии для устойчивого развития»[22].

«Согласно оценкам Азиатского банка развития (АБР), более 73 процентов населения Таджикистана сталкиваются с серьёзными трудностями из-за ограниченного снабжения электричеством в холодный сезон, что подчёркивает необходимость масштабных инвестиций в инфраструктуру энергоснабжения и развитие возобновляемых источников энергии для улучшения жизненных условий населения»[22].

В рамках проекта "Доступ к "зеленому финансированию", запущенного в Таджикистане, реализуется программа, направленная на смягчение энергетических проблем населения, особенно в условиях постоянного

энергетического дефицита в зимний период, что требует координации усилий между правительственными структурами, финансовыми учреждениями и местными сообществами.

«Этот проект активно поддерживается Азиатским банком развития, который выделил значительный грант в размере 10 миллионов долларов США на реализацию программы, что подчёркивает важность международного сотрудничества в области устойчивого развития и энергетической безопасности.

В настоящее время около полумиллиона жилых домов в Таджикистане не обладают энергоэффективностью, что создаёт необходимость в широком внедрении мер по энергосбережению и использованию возобновляемых источников энергии для улучшения энергетической эффективности страны.

В рамках программы жители имеют возможность получать льготные, низкопроцентные кредиты для приобретения энергосберегающего оборудования, что способствует повышению доступности качественного освещения и эффективного отопления в холодный период, улучшая тем самым качество жизни населения.

Наше исследование показало, что примерно половина семей, испытывающих регулярные проблемы с электроэнергией, проявляют высокий интерес к установке солнечных панелей. Почти 90 процентов опрошенных отметили, что воспользовались бы такой возможностью, будь у них доступ к льготным кредитам, что подтверждает необходимость и востребованность данной программы» [18]. «Надо отметить, что Таджикистан покрывает за счет ГЭС 98 процентов своих потребностей в электричестве. Фактически по причине отсутствия у республики источников получения газа и деградации тепловой сети, гидроэнергетика в последние годы остается безальтернативной, в летнее время, когда тают ледники в стране, есть даже излишки электроэнергии. В зимний период из-за замерзания рек ее выработка снижается наполовину. И это на фоне

повышения спроса на электричество. К тому же имеющийся потенциал используется неэффективно. По сообщениям таджикских энергетиков, потери на линиях составляют до 17 процентов. Мы же считаем, что этот показатель выше. Попытки хотя бы частично смягчить потери и дефицит энергии в Таджикистане пока не принесли успеха. Было время, когда в стране в сельских районах бросились массово строить миниГЭС» [8]. Но это, как отмечают специалисты, не дало ожидаемого результата в первую очередь из-за слабого менеджмента. Таджикский историк Маликов М.Х. отмечает: «Выручить Таджикистан могли бы альтернативные источники энергии. Но солнечная энергетика в Таджикистане непопулярна. Лишь единичные предприятия и жители используют гелиобатареи. При этом их завозят из Китая и опять же без учета определенных стандартов. К тому же панели дорогие, и многим жителям Таджикистана не по карману. Перспективным проектом стало бы строительство собственного предприятия по производству солнечных батарей. Но почему-то власти и международные финансовые институты такую идею не продвигают» [14]. Необходимо отметить, что Германия предложила свои технологии для завода по сборке солнечных панелей, что стало важным шагом в развитии возобновляемых источников энергии в данной стране.

В условиях, когда в Таджикистане наблюдается более 300 солнечных дней в году, данный проект потенциально способен значительно расширить доступ населения к современным технологиям, что, в свою очередь, снизит их зависимость от проблем с энергоснабжением. Особенно важным аспектом является эффективность солнечных установок для использования в частном секторе, что подтверждается опытом европейских стран.

Примерно в частных домах возможно эффективное применение солнечной энергии, что демонстрирует потенциал данного источника энергии в современных условиях. В контексте вышеупомянутого проекта "зеленого финансирования", реализуемого под эгидой Азиатского банка

развития, становится ясно, что данный проект приходится, кстати, и способен оказать существенное влияние на экономическое и экологическое развитие региона.

«Учитывая высокий коэффициент преобразования солнечной энергии в электрическую, Таджикистан может потенциально производить до 300 миллиардов кВт/ч электроэнергии в год с использованием солнечных установок, что является значительным показателем для обеспечения устойчивого энергетического будущего региона и подчеркивает значительный потенциал таких решений»[22].

В Таджикистане обнаружен значительный потенциал в области солнечной и ветряной энергетики, который существенно превышает тот, который имеет Германия, где доля нефтезависимых источников энергии составляет около 30 процентов, в то время как в Таджикистане этот показатель не достигает одного процента.

Ряд причин, таких как отсутствие благоприятных условий для инвестиций, необходимость государственных гарантий, налоговых льгот, сниженных тарифов на импорт оборудования и устойчивых тарифов, объясняют низкое развитие альтернативных источников энергии в Таджикистане, согласно мнению представителя экологической организации "Маленькая земля" Тимура Идрисова.

Устаревшее мышление, которое рассматривает солнечную энергию как забаву для ученых, а не как серьезный источник энергии, существенно влияет на эту ситуацию, ограничивая потенциал развития возобновляемых источников энергии в Таджикистане. По мнению эксперта, высокие капитальные вложения и медленная окупаемость "зеленых" проектов вызывают опасения среди таджикских чиновников, что подчеркивает необходимость пересмотра приоритетов и фокуса на долгосрочных выгодах от развития "гелиоэнергетики".



Альтернативные источники энергии в России начнут конкурировать с традиционными решениями в ближайшие пять–десять лет. Но уже сейчас коммерчески успешны проекты в удаленных изолированных районах. Мировые объемы зеленой энергетики постоянно растут: в 2016 году доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в выработке электроэнергии (считая ГЭС) достигла 24%. В прошлом году среди введенных в эксплуатацию объектов мощность ВИЭ впервые превысила объем традиционных ископаемых» [14]. Прогноз Международного энергетического агентства предполагает, что к 2035 году доля электроэнергии, производимой с использованием возобновляемых источников энергии, приблизится к объему энергии, произведенной традиционными методами, включая атомную энергетику.

«Это свидетельствует о доступности зеленой энергетики, что демонстрируется снижением цен на торгах по возобновляемым источникам энергии в предшествующем году. Примером таких изменений может служить Мексика, где Enel Green Power получила разрешение на реализацию проектов по солнечной и ветрогенерации общей установленной мощностью 1 ГВт» [26].

Перспективы роста спроса на различные виды возобновляемых источников энергии значительно различаются в зависимости от региона. В странах Организации экономического сотрудничества и развивающихся странах-импортерах энергоресурсов отмечается значительный интерес к таким источникам из-за стремления снизить зависимость от внешних поставок и сократить выбросы CO<sub>2</sub>. Прогнозируется, что наиболее значительный рост спроса на возобновляемые источники энергии (в 4,4 раза) произойдет в Китае, что объясняется высоким уровнем поддержки со стороны государства в секторе энергетики.

Несмотря на то, что развитие возобновляемых источников энергии способствует улучшению технологий и снижению затрат, значительная часть

исследований и разработок в области энергетики все еще будет происходить в странах, предоставляющих дополнительное финансирование для данного сектора.

В Республике Таджикистан внедрение инновационных энергетических технологий и развитие возобновляемой энергетики являются особенно актуальными в связи с тем, что две трети территории страны, где проживает почти 8 миллионов человек, находятся в зоне децентрализованного и автономного энергоснабжения.

Потенциал использования возобновляемых источников энергии в Таджикистане значительный, особенно в южных и северных регионах, где количество солнечных дней достигает 300 в год, что создает благоприятные условия для установки солнечных панелей..

В настоящее время альтернативная энергетика в Таджикистане имеет более высокую стоимость по сравнению с традиционной. Однако «существуют регионы, где из-за географических условий ее использование намного более эффективно, такие как отдаленные и изолированные энергосистемы на Севере и Востоке страны. Высокие затраты на дизельное топливо и его доставку в эти районы приводят к тому, что стоимость киловатт-часа на дизельных электростанциях достигает 300 сомони.

Именно здесь любой масштабируемый проект в области солнечной и ветряной энергетики становится чрезвычайно перспективным. Хорошим примером может служить строительство солнечной станции мощностью 1 МВт в районе Шамсиддин Шохин, ранее известном как Шурабадский район. Установка солнечных электростанций в таких районах позволяет сократить расходы на дизельное топливо на 100 тонн в год, что эквивалентно объему двух железнодорожных цистерн. Таким образом, уже сегодня возобновляемые источники энергии на значительной части территории Таджикистана могут окупаться»[26].

Озиранский С.Л. отмечает: «Природа подарила Таджикистану уникальные шансы и возможности и можно создать свою возобновляемую энергетику не путем субсидирования, как это происходило в европейских странах, а разработать экономически эффективные, стандартизированные решения для таджикских условий. Необходимо пересмотреть принципы планирования и долгосрочного развития отечественной электроэнергетики» [2]. В сельской местности годовое потребление электроэнергии на душу населения составляет менее 200 кВт ч. в то время, как в других странах Центральной Азии около 300 кВт ч. «В горных регионах примерно 80 % электроэнергии на бытовые нужды расходуется на освещение помещений. В некоторых районах, таких как Комаров, верхняя часть Ромитского ущелья, горная Матча и других население практически не имеет доступа к электроэнергии. Еще одна проблема энергосистемы Таджикистана – необходимость ежегодно с октября до апреля вводить ограничения на потребление электроэнергии в быту до 7 часов в сутки. Электроэнергия населению подается с 6 до 9 утра и с 6 до 10 вечера. В связи с этим использование альтернативной энергетики в республике крайне актуально» [2]. Использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии (ВИЭ) позволило бы в перспективе успешно решать многие проблемы энергообеспечения и охраны окружающей среды. Децентрализация энергетики играет существенную роль в улучшении качества жизни жителей сельских районов, особенно в отдаленных местностях, где быстрое подключение к централизованным источникам энергии часто является неэкономичным, технически сложным и в ряде случаев невозможным.

В последние десятилетия наблюдается устойчивый рост доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в общем энергетическом балансе многих стран.

Тем не менее, соотношение между возобновляемыми и традиционными источниками энергии (ВИЭ) значительно варьируется в зависимости от

природно-климатических условий и наличия ископаемых энергоносителей в каждой отдельной стране. «Таджикистан, который, по существу, не имеет значительных запасов газа и нефти, может и должен все в большей мере опираться на возобновляемых источников энергии ВИЭ в решении своих энергетических проблем. Таджикистан обладает определенными запасами геотермальной и ветровой энергий. Органические отходы, прежде всего сельского хозяйства, могут быть использованы для получения биогаза и электроэнергии. Однако существенные запасы ВИЭ в Таджикистане заключены в солнечной и гидроэнергии. Континентальный климат Таджикистана характеризуется значительными суточными и сезонными колебаниями температуры воздуха, малым количеством осадков, продолжительностью солнечного сияния 2160 – 3166 часов за год, а количество солнечных дней в году колеблется от 260 до 300. Интенсивность солнечной радиации в большинстве районов республики достигает 1000 Вт/м<sup>2</sup>, а годовая сумма радиации превышает 2000 кВт/м<sup>2</sup>. Это в два раза больше, чем в средней полосе Европы, где использование солнечной энергии наиболее распространено. Широкое применение могут найти солнечные водонагревательные устройства для горячего водоснабжения в жилых домах, гостиницах и других объектах. В условиях Таджикистана один квадратный метр гелиоколлектора позволяет сэкономить в год 150–200 кг угля или около 100 кг нефтепродуктов» [8].

Из-за преобладания гидроэлектроэнергии в Таджикистане, использование солнечной энергии для производства электроэнергии может столкнуться с ограничениями из-за высоких затрат на установку и обслуживание солнечных установок, что может препятствовать их широкому распространению.

Солнечная энергия представляет потенциал для использования в различных областях, включая уличное освещение и автономное электропитание объектов, таких как метеорологические станции и

гостиницы, что демонстрирует значительные возможности для ее применения в регионе.

Потенциал использования ветровой энергии в Таджикистане остается недостаточно изученным из-за ограниченной доступности данных о скорости ветра и недостаточного количества научных исследований, что создает неопределенность относительно эффективности и экономической целесообразности таких систем.

Разнообразие географических условий в Таджикистане, включая различные регионы с разной среднегодовой скоростью ветра, от 0,8 до 6,0 м/с, создает потенциал для развертывания ветровых установок в разных частях страны, что демонстрирует возможность их успешного использования в определенных районах.

В условиях доминирования гидроэнергетики, использование ветровой энергии может представлять собой дополнительный источник энергии, который может быть особенно полезен в районах, где доступ к гидроэнергии ограничен, что подчеркивает важность диверсификации энергетического микса для обеспечения устойчивости энергоснабжения.

В сельскохозяйственных районах Таджикистана использование биомассы для производства тепла и электроэнергии может представлять значительный интерес в контексте обеспечения энергетической безопасности и решения проблемы доступа к энергии в сельских районах, что демонстрирует потенциал биомассы в качестве дополнительного источника энергии. «В Таджикистане уже функционируют биогазогенераторы малой мощности. В настоящее время в республике насчитывается 35 комплексов и ферм с численностью молочных животных более 400 голов. Для получения энергии для собственных нужд в хозяйствах необходимо внедрять технологию рекуперации метана из отходов животноводства. В сельской местности, где нет доступа к природному газу, эта технология очень перспективна. Из-за экономической ситуации Таджикистан не может в

полной мере стимулировать развитие технологий возобновляемой энергетики. На сегодняшний день для использования солнечной энергии нужны достаточно дорогие устройства, которые массовый потребитель покупать не может, пока есть очень дешевый газ и электричество. Крайне редкое применение энергии возобновляемых источников энергии на территории Таджикистана обусловлено отсутствием реальной заинтересованности, стимулирования и поддержки государства. Известно, что развитие любой техники и важных технологий происходит в странах Европы при активной государственной поддержке – налоговые льготы разработчикам и производителям, дотации покупателям и пользователям» [2].

Представитель Минэнергопрома Тиллоев Д.А. упомянул тот факт, что Таджикистан имеет небольшую практику использования ветровой энергии. «Так, ещё до начала 1990 года, стояла небольшая ветроэлектростанция на Анзобском перевале мощностью 25 кВт, и некоторых других точках, вблизи которых находились метеостанции, которые производили измерение силы ветра на протяжении многих лет. На них были зафиксированы некоторые точки, на которых сила ветра колебалась от 4 до 6,5 м/сек.», – подчеркнул он» [29]. Для изучения и проведения эксперимента, продолжил Тиллоев, в 2009 году установлено 9 ветровых станций в труднодоступных районах. Ранее в интервью «АП» Ш. Шабдолов сказал, что некоторые населенные пункты территории Таджикистана можно было бы обеспечить ветряной электроэнергией, если бы в республике серьезно занимались ветроэнергетикой. «В республике существуют места, где можно получить энергию при помощи ветряных станций, – сказал он. – Там можно ставить ветряные станции большой мощности и полностью обеспечивать нужды населения электроэнергией» [29]. Однако, серьезным изучением ветроэнергетики в республике никто не занимается.

## 1.4 Характеристика существующей системы водоснабжения Мургабского района

Население района Мургаба составляет 16500 тысяч человек, он занимает площадь 37,265 км<sup>2</sup> большей частью в горной местности. В самом районном центре, фрагменты которого показаны на рисунках 4 и 5, проживает около 7000 человек.



Рисунок 4 – Районный центр Мургаб





Рисунок 5 – Райцентр Мургаб на спутниковом снимке

Из промышленных предприятий в районе имеется мастерская по ремонту сельхозоборудования, ткацкая (ковровая) фабрика и несколько агропредприятий по выращиванию яков. В поселке имеется частный сектор с небольшими огородами. В советское время в поселке был проложен центральный водопровод, питаемый от водонапорной башни, изображенной



на рисунке 6, но в связи с отсутствием ремонта, износом оборудования и сетей, а главное в связи с перебоями подачи электроэнергии, водопровод плохо справляется со своей главной функцией – водоснабжением [35]. Альтернативой стали артезианские скважины и колодцы с ручными насосами, один из которых представлен на рисунке 7.



Рисунок 6 – Водонапорная башня поселка Мургаб

Как видно из рисунка 5, протяженность поселка с прилегающими территориями вдоль автомобильной дороги составляет около 12 км. Потребители воды расположены на значительной территории и полный охват их централизованным водоснабжением, без его капитального ремонта, практически невозможен. В связи с этим выделим основную группу потребителей воды, для которой имеется возможность централизованного водоснабжения питьевой водой с центром поселка Мургаб.



Рисунок 7 – Колодец с ручным насосом

Она включает водонапорную башню и 6 артезианских скважин с погружными насосами. Автоматизация управления в данной системе отсутствует, что порождает ряд проблем, связанных с их эксплуатацией [34].

Для полива используется вода из одноименной реки Мургаб. На ней немного выше поселка оборудовано небольшое водохранилище. Здесь ощущается недостаток воды, хотя река не пересыхает. Прокладка трубопроводов возможна, но при этом потребуются соответствующее насосное оборудование.

На горных пастбищах используются как поверхностные источники, так и колодцы глубиной до 25 м. В настоящее время они еще не автоматизированы. Согласно Программе реформы водного сектора Таджикистана [23] на 2016...2025 года в 2023 году на территории

Республики Таджикистан действовали нормы водопотребления в соответствии с таблицей 10.

Таблица 10 – Нормы водопотребления в 2023 году в Таджикистане

Наименование потребителей	Вид расхода	Норма потребления
Водоразборные колонки общего пользования (уличные)	Забор воды из уличных колонок массового пользования	50 л/сутки
	Забор воды из дворовых колонок многосемейных дворов	95 л/сутки
Жилые дома	С водопроводом и канализацией (без ванны, без газа)	130 л/сутки
	С водопроводом, канализацией и ваннами, нагревателями, работающими на твердом топливе	180 л/сутки
Приусадебные участки	Поливка газонов и цветников	4...6 л/м <sup>2</sup>
	Поливка овощных культур	3...15 л/м <sup>2</sup>
	Поливка кустарников и деревьев	10...15л/м <sup>2</sup>

Далее данные таблицы 10 используем при расчете мощности водопровода, электрических насосов и автономных систем электроснабжения.

Для населения 7000 человек в сутки необходимо, из расчета 50 литров в сутки на человека, 350000 литров или 350 м<sup>3</sup> (15 м<sup>3</sup>/час).

Выводы по разделу 1.

В области малой энергетики Таджикистан обладает значительным потенциалом, но его реализация только начинается, несмотря на действующие в настоящее время более 150 малых гидроэлектростанций, в основном микрогидроэлектростанций, многие из которых требуют регулярного технического обслуживания или вышли из строя.

Выработка всех МГЭС в 2008-2009 годах составила всего 40 миллионов киловатт-часов в год, что не привело к существенному сокращению энергодефицита в стране. В 2008 году энергодефицит составлял

4,5 тераватт-часов, а после ввода в эксплуатацию Сангтудинской ГЭС-1 в 2009 году снизился до 2 тераватт-часов.

На сегодняшний день оценка экономического потенциала солнечной энергии в Таджикистане представляет значительные трудности, несмотря на высокий уровень солнечного излучения на его территории, уровни которого показаны на рисунке 8.

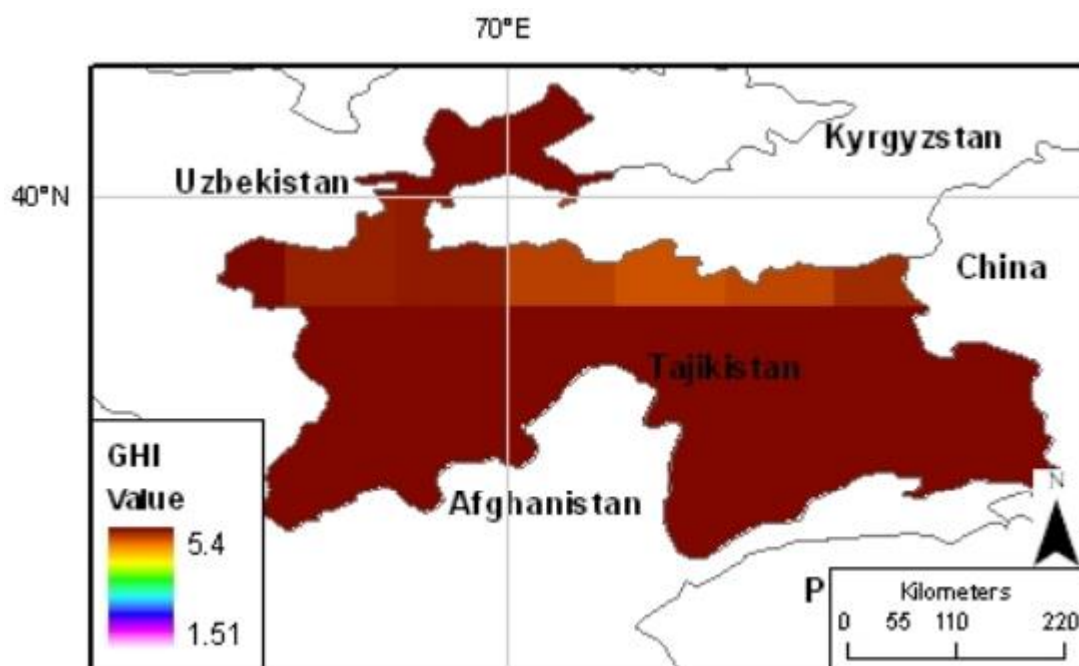


Рисунок 8 – Суммарное солнечное излучение в Таджикистане

Из-за сравнительно высокой экономической стоимости солнечной энергии по сравнению с гидроэнергией возникают значительные вызовы для ее внедрения.

Например, в Таджикистане удельная стоимость строительства гидроэлектростанций составляет приблизительно 1000 долларов на киловатт, при тарифах на электроэнергию, которые составляют менее 2 центов на киловатт-час. В Ордосской степи Китая удельная стоимость строительства

солнечных электростанций мощностью 1000 мегаватт составляет около 2500 долларов на киловатт из-за высокой солнечной радиации в регионе.

Планируемые тарифы на электроэнергию в этом регионе колеблются в районе 18-20 центов на киловатт-час, что делает экономическую целесообразность солнечной энергетики менее привлекательной в сравнении с другими источниками энергии

В Таджикистане отсутствуют промышленные мощности для производства энергии ветра, однако наличие ветровых источников энергии является оправданным в определенных регионах, дополняя преобладающую гидроэнергию. Наиболее высокие скорости ветра наблюдаются на открытых высокогорных участках, таких как Федченко и Анзоб, а также в районах с повышенными скоростями из-за топографических особенностей, например, в Ходженте и Файзабаде, расположение которых видно на рисунке 9.

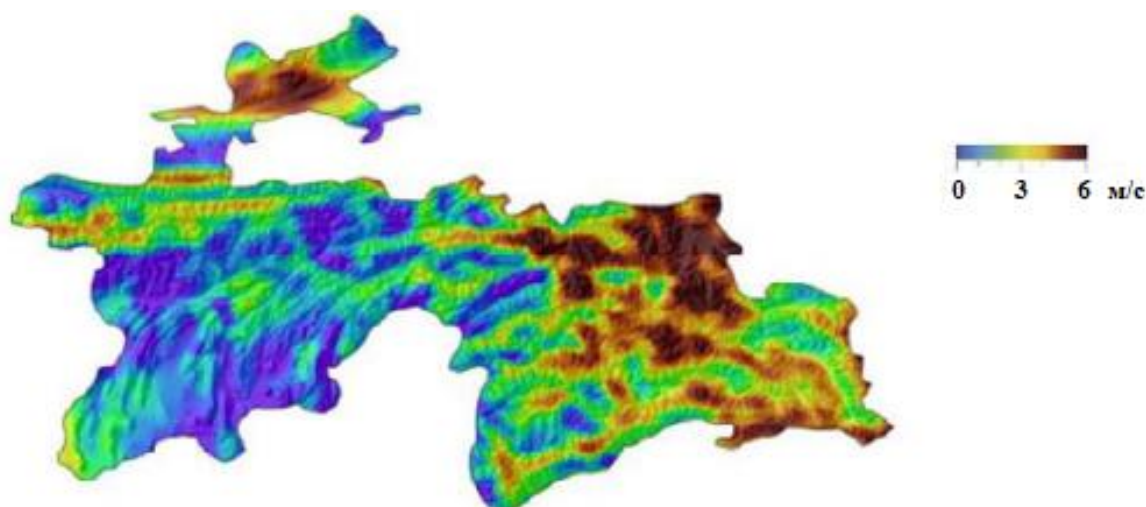


Рисунок 9 – Карта ветровых ресурсов Таджикистана

Среднегодовая скорость ветра в этих регионах составляет 5–6 м/с. На открытых равнинах и в широких долинах скорость немного ниже, в пределах 3–4 м/с. В других равнинных местах среднегодовая скорость ветра не

превышает 1–2 м/с, что не обеспечивает достаточной эффективности для выработки ветровой энергии.

Наиболее перспективными районами для использования ветровой энергии являются Памир на север от Сарезского озера в Горно-Бадахшане, Туркестанский хребет в верховьях реки Зеравшан и регион Вахшского хребта до границы с Афганистаном [30].

Таким образом, для нормализации работы системы водоснабжения в Мургабе требуется решить следующие частные задачи:

- автоматизировать основную систему снабжения артезианской водой для оптимизации режима наполнения водонапорной башни и расхода воды;
- разработать систему наполнения водохранилищ сельскохозяйственного назначения с применением насосов для забора поверхностных вод;
- разработать автономную систему водоснабжения для горных пастбищ и других удаленных объектов.

## **2 Разработка системы управления погружными насосами артезианских скважин**

### **2.1 Общие сведения**

В артезианских скважинах работают насосные станции первого подъема. Существует множество вариантов автоматизации их работы. Рассмотрим наиболее перспективные и эффективные системы.

Рассмотрим систему, реализованную в городе Слободском Кировской области РФ [1]. Основными проблемами системы водоснабжения данного населенного пункта являлись:

- износ оборудования за сорок лет непрерывной эксплуатации;
- существующая система не справлялась с требуемым затрачиваемым объемом воды, не обеспечивали ее необходимый запас;
- холмистая местность, со значительными перепадами высот, что приводило к разному давлению в разных точках города.

Комплекс состоит из нескольких территориально удаленных объектов:

- девяти артезианских скважин;
- насосной станции второго подъема с резервуарами чистой воды и диспетчерским пунктом;
- пяти диктующих точек, находящихся в разных частях города.

Структурная схема новой АСУ водоснабжения приведена на рисунке 10.

«Для получения достоверной информации о состоянии водоснабжения разные районы города были оборудованы так называемыми диктующими точками. Всего в городе датчиками давления ОВЕН ПД100 оснастили пять диктующих точек, сигналы с которых поступают на диспетчерский пункт. Эта информация позволяет отслеживать давление в водоводах,

расположенных на разных высотных уровнях, для своевременного принятия мер в случае нештатной ситуации.

Информация с датчиков ПД100 передается по беспроводному каналу связи на диспетчерский пункт посредством GSM/GPRS-модема ОВЕН ПМ01, соединенного интерфейсом RS-485 с модулем аналогового ввода, ОВЕН МВ110-2А» [1]. Для передачи данных без участия контроллера модем настроен на режим работы «автоматический подъем трубки».

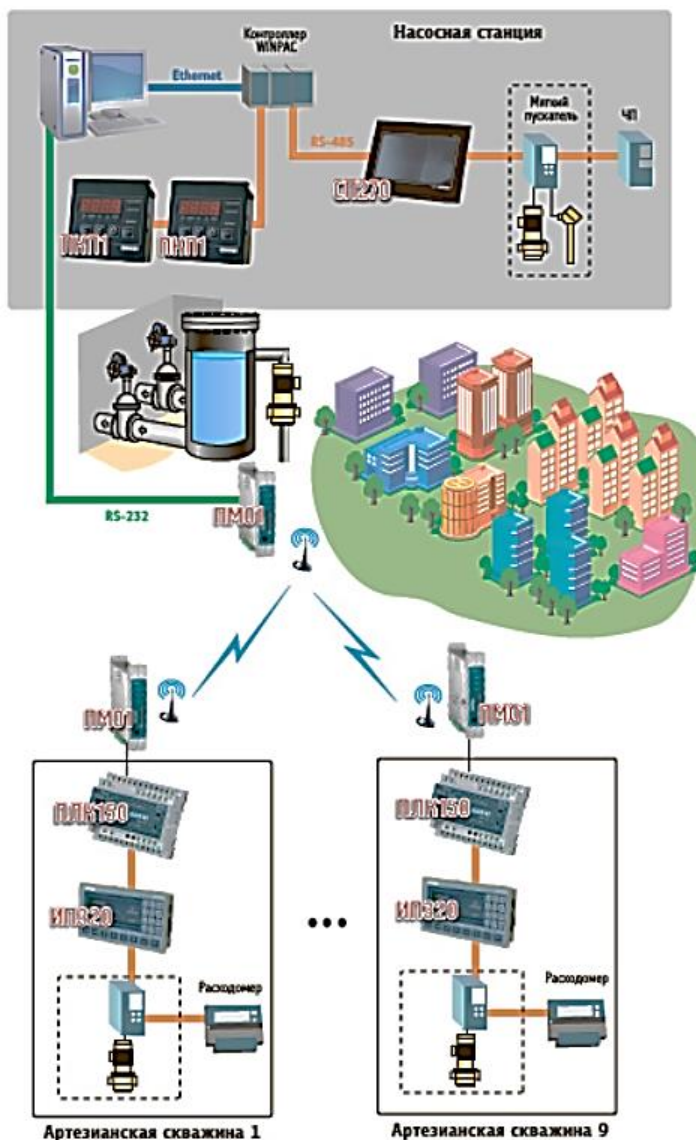


Рисунок 10 – Структурная схема системы водоснабжения города Слободский



Артезианские скважины.

В артезианских скважинах установлены погружные насосы, которые закачивают воду в резервуары со 100-метровой глубины. В павильоне каждой скважины работает автоматизированная система под управлением контроллера ОВЕН ПЛК150 с панелью оператора ОВЕН ИП320. «Система управляет:

- скважинными насосами;
- обогревом и охлаждением шкафа управления;
- обогревом наземного участка напорной трубы.

Система имеет два основных режима работы – местный и дистанционный. Местный включает в себя ручной режим – запуск с панели оператора ИП320 и режим работы по таймеру, когда оператор устанавливает на панели время включения/отключения насоса. Дистанционный режим работы – это режим автоматического управления с диспетчерского пункта. Система контролирует:

- давление, создаваемое насосом (ОВЕН ПД100);
- расход воды (расходомер ЭМ ПРОФИ-222);
- текущее состояние насоса (пускатель EMOTRON MSF, [33]);
- температуру в павильоне (ОВЕН ДТС 125);
- наличие напряжения в сети;
- открытие входной двери.

Вся текущая информация отображается на панели оператора и так же, как и в случае с диктующими точками, передается на диспетчерский пункт через модемы ПМ01 посредством GPS-соединения» [22].

Насосная станция второго подъема.

На насосной станции второго подъема расположено необходимое технологическое оборудование, включая четыре сетевых насоса для подачи воды, две системы обеззараживания с использованием ультрафиолетового излучения и пожарный насос. Управление всеми процессами на станции

осуществляется с помощью системы, базирующейся на контроллере ICP DAS, который взаимодействует с операторской панелью для мониторинга и управления всеми установками и оборудованием. На рисунке 11 приведена мнемосхема, иллюстрирующая расположение и взаимодействие всех компонентов в машинном зале насосной станции второго подъема.

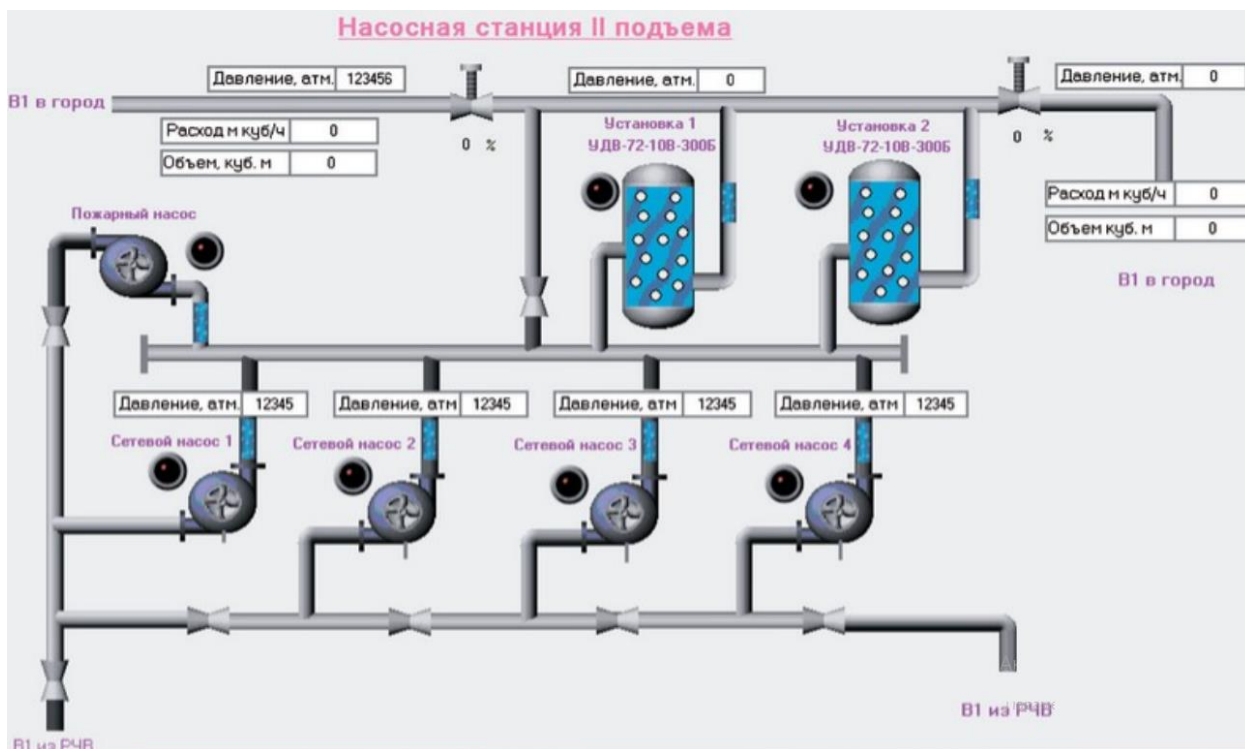


Рисунок 11 – Схема машинного зала насосной станции второго подъема

Системы мониторинга и управления, установленные на насосной станции для задвижек ОВЕН ПКП1, действуют автоматически и отключают электропривод при достижении крайних положений задвижек, что устраняет необходимость применения концевых выключателей.

Двое сотрудников, а именно дежурный слесарь и диспетчер, осуществляют обслуживание насосной станции. На схеме управления насосами, изображенной на рисунке 12, показано функционирование системы.

Проведенные исследования в области автоматизации водоснабжения подтверждают, что устройства ОВЕН интегрируются без проблем с оборудованием других производителей, включая ЗАО «Взлет», Emotron и ICP DAS.

Для работы в диспетчерском пункте оператор использует SCADA-систему TRACE MODE и OPC-сервер Lectus. Эти системы сконфигурированы для опроса удаленных объектов, включая диктующие точки и артезианские скважины. OPC-сервер осуществляет опрос всех модемов на объектах и считывает данные с них с интервалом в 15 минут.

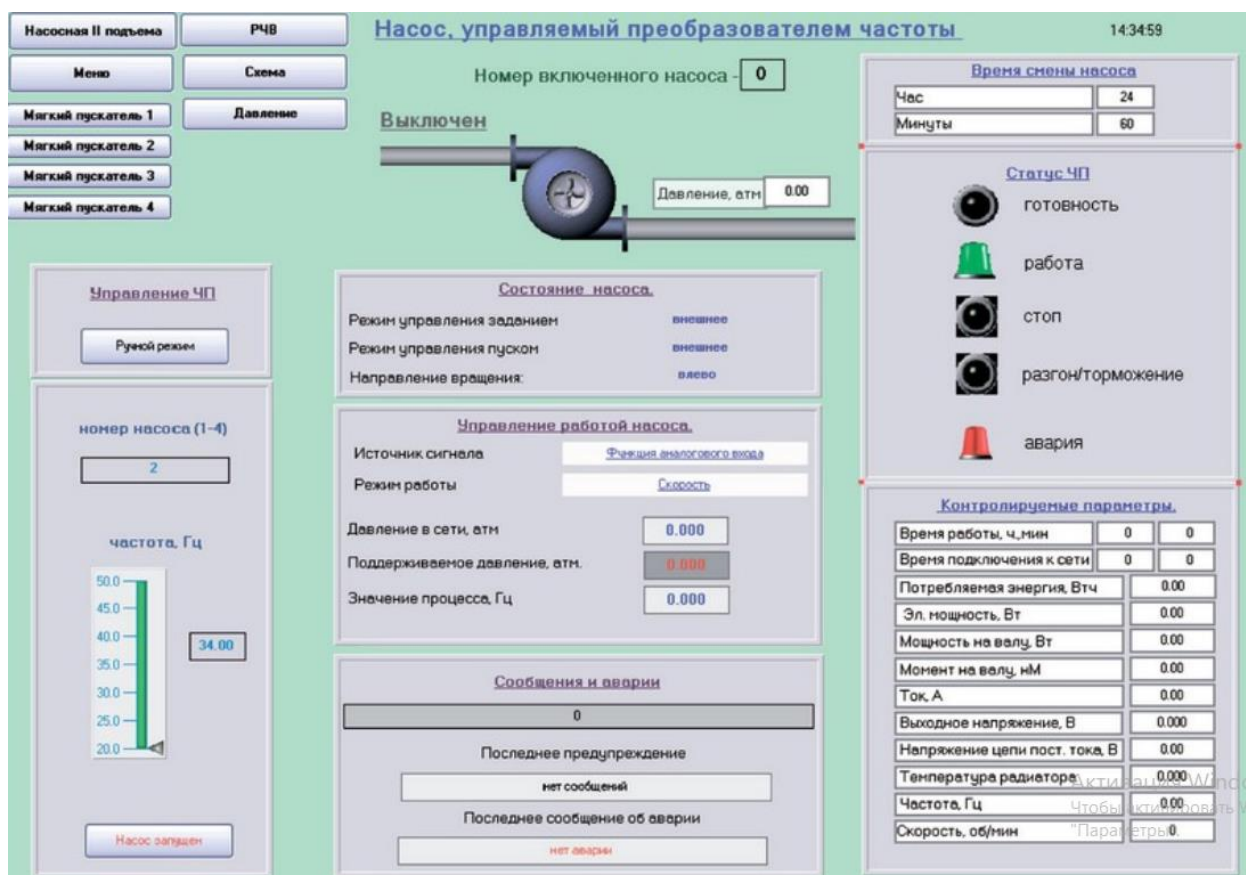


Рисунок 12 – Интерфейс программы управления насосами

Текущее техническое состояние рабочего оборудования демонстрируется на мнемосхеме, установленной на персональном

компьютере оператора, что позволяет оперативно контролировать работу системы и реагировать на возможные аварийные ситуации.

При возникновении аварии информация о ней мгновенно выводится на экран, и система автоматики срабатывает для остановки работы оборудования, что минимизирует вероятность возникновения серьезных сбоев в работе и обеспечивает безопасность эксплуатации.

После автоматической остановки системы оператору остается только вызвать ремонтную бригаду, которая примет необходимые меры для восстановления работоспособности оборудования и предотвращения возможных повторных инцидентов.

На персональном компьютере оператора, который функционирует в диспетчерском пункте, хранятся архивные данные, которые предоставляют возможность проанализировать работу системы за определенный период времени и выявить закономерности в её функционировании.

Эти архивные данные широко используются технологами водоканала для мониторинга потребления воды, обнаружения и устранения возможных аварийных ситуаций, а также планирования резервов чистой воды в периоды повышенного спроса..

Новый комплекс водоснабжения в городе Слободском обеспечивает:

- бесперебойную подачу воды с заданным давлением в сети;
- противопожарный запас воды;
- надежность системы за счет контроля технологического оборудования;
- архивирование статистических данных;
- представление графиков работы скважин и ведение учета потребляемой воды;
- постоянный необходимый запас воды в резервуарах;
- уменьшение времени реагирования на нештатные ситуации;

- минимизацию эксплуатационных затрат за счет снижения потребляемой электроэнергии и уменьшение числа обслуживающего персонала.

За год эксплуатации АСУ ТП водоснабжения города Слободского показала себя надежной системой. В скором времени чистую артезианскую воду будут пить и жители окрестных деревень.

Следующий пример – разработка автоматизированной системы управления насосами артезианских скважин и станции водозабора ООО «Белгородсолод», город Белгород [20].

Необходимость автоматизации. «На территории предприятия расположены семь артезианских скважин. Управление насосами скважин и водозабора до внедрения АСУ производилось вручную. Оперативный контроль параметров: состояние насоса, давление воды, текущий и суммарный расходы воды – на станции водозабора отсутствовал. Диспетчер для поддержания необходимого уровня воды в накопительных емкостях совершал обход всех скважин и включал (выключал) насосы при помощи пульта управления. При этом ему нужно было следить за давлением и расходом воды в трубопроводе для хозяйственно-бытовых целей и опять же вручную включать (выключать) сетевые насосы. Для обеспечения круглосуточного дежурства на станции водозабора в штате предприятия находилось пять человек» [20].

Реализация проекта и выбор средств автоматизации. «В ходе реализации проекта диспетчерский пункт на станции водозабора был ликвидирован и перенесен в здание котельной, а функции наблюдения за работой возложены на оператора котельной. В диспетчерской установлены компьютер и шкаф управления с контроллером ОВЕН ПЛК100. Контроллер подключен к ПК посредством Ethernet. На каждой скважине установлены модули ввода/вывода ОВЕН МВА8/МВУ8, счетчик импульсов ОВЕН СИ8, устройство плавного пуска производства Веспер, датчик давления ОВЕН

ПД100-ДИ с токовым выходом 4...20 мА, датчик тока с выходом 4...20 мА НПФ Агрострой. На станции водозабора установлены: модули ОВЕН МВА8 и МДВВ, счетчики импульсов СИ8, приборы ОВЕН САУ-М6, датчик давления, датчики тока и модули защиты двигателей для каждого сетевого насоса УБЗ-301 производства Новатек-Электро. На водобаках установлен модуль МВА8 и датчики давления ПД100-ДИ. Контроллер ПЛК100 кабелем «витая пара» объединил все скважины и станцию водозабора в одну промышленную сеть. Общая длина проложенной проводной сети составила 1700 метров. На ПК инсталлирована программа визуализации CODESYS НМІ с неограниченной лицензией. Контроллер производит диагностику всех аналоговых и дискретных датчиков, установленных на объектах» [20]. Все ошибки, происходящие на насосной станции, протоколируются и визуализируются по каждому параметру, включая такие как отсутствие связи по RS-485, обрывы, короткие замыкания, выход за пределы 4...20 мА и достижение аварийных пределов. Диспетчер имеет возможность наблюдать за всеми этими данными на мониторе ПК, что позволяет ему оперативно реагировать на любые нештатные ситуации.

Информация о текущих параметрах работы скважин и станции водозабора, доступная на мониторах управления, включает в себя данные о давлении в трубопроводах, уровне воды в резервуарах, скорости вращения насосов и энергопотреблении электродвигателей. Эти параметры отображаются в реальном времени, что обеспечивает оперативное реагирование на изменения в работе системы и позволяет диспетчеру принимать необходимые меры для поддержания стабильной работы водоснабжения.

Диспетчер имеет возможность удаленного управления системой, включая возможность регулировки скорости вращения насосов, переключения между рабочими режимами и мониторинга энергопотребления. Это значительно упрощает эксплуатацию системы

водоснабжения и повышает ее отказоустойчивость за счет оперативного реагирования на возможные сбои или аварийные ситуации.

Визуализационная программа, используемая на диспетчерском пункте, позволяет анализировать данные в различных временных интервалах и формировать графики изменения ключевых параметров системы, таких как давление, расход воды и энергопотребление. Это обеспечивает диспетчеру полное представление о техническом состоянии водоснабжающих систем и помогает ему принимать обоснованные управленческие решения для оптимизации работы системы и повышения ее эффективности..

«Примененное оборудование ПКФ ОВЕН:

- программируемый логический контроллер ПЛК100;
- модуль ввода аналоговый МВА8;
- модуль вывода управляющий МВУ8;
- счетчик импульсов СИ8;
- датчик давления ПД100-ДИ;
- сигнализатор уровня жидкости трехканальный САУ-М6.

Разработка АСУ насосами артезианских скважин и станции водозабора. На предприятии после внедрения АСУ сокращена численность дежурного персонала. Качественно изменился порядок работы – появилась возможность контролировать все режимы работы насосов и параметры всех датчиков в реальном времени, а также производительность артезианских скважин, осуществляется оперативный учет воды, добываемой из артезианских скважин.

Рассмотрим систему диспетчеризации артезианских скважин с применением GSM/GPRS модема ОВЕН ПМО1» [22].

Стояла задача разработать систему диспетчеризации с целью осуществления удаленного сбора информации с 20 артезианских скважин, разнесенных по району на расстояние от 3 до 30 километров.

«Реализация проекта и выбор средств автоматизации Средства автоматизации ОБЕН позволяют создавать любые системы диспетчеризации. В общем случае для построения такой системы достаточно использования одного контроллера типа ОБЕН ПЛК1xx, модема ОБЕН ПМ01 и установленной на верхнем уровне любой SCADA-системы (MasterSCADA, ЭНТЕК и др.). В том случае, если SCADA-система не поддерживает работу с модемом, компания ОБЕН предлагает установить Modbus OPC-сервер Lectus, который может работать с модемом и подключается к SCADA-системе по протоколу OPC. Таким образом, при реализации проекта выбор был сразу сделан в пользу оборудования ОБЕН. На каждой скважине установлен контроллер ПЛК100, который осуществляет опрос датчиков, обеспечивает создание архивов измеряемых параметров и осуществляет управление GSM-модемом ПМ01. GSM-модем ПМ01 обеспечивает удаленную передачу данных между объектами и диспетчерским пунктом (ДП). В данной системе на ДП используются два модема: основной и аварийный» [22].

Центральный диспетчерский пункт (ЦДП) – это компьютер, установленный в комнате охраны. Он предназначен для непрерывного мониторинга состояния скважин. Информация с ЦДП доступна через интернет другим службам с различными уровнями доступа.

На скважинах установлены расходомеры, которые измеряют мгновенный расход воды. Эти данные передаются в виде импульсов на контроллер, где они суммируются. Затем значение сохраняется в архиве ПЛК раз в минуту. В архив также записываются другие необходимые параметры процесса. Данные из архива считываются удаленным диспетчерским пунктом один раз в день. Это снижает количество сеансов связи и экономит ресурсы.

Используем метод CSD-передачи данных, который обеспечивает высокую надежность передачи информации и эффективное выполнение функций системы.



Выбор протокола Modbus ASCII обоснован его способностью функционировать независимо от временных задержек, характерных для беспроводных соединений, что делает его оптимальным для использования в данной системе.

На объекте установлен GSM-модем ПМ01, который подключен к контроллеру и обеспечивает надежное CSD-соединение.

Помимо приема входящих звонков от диспетчерского пункта, модем способен осуществлять автоматический дозвон в случае возникновения аварийной ситуации, что повышает оперативность реагирования на непредвиденные обстоятельства.

Функциональные возможности ПЛК ОВЕН позволяют оптимизировать использование ресурсов путем организации единой системы управления, в которой один модем может обеспечить необходимую связь на объекте.

На компьютере оператора диспетчерского пункта установлены Modbus OPC-сервер Lectus и SCADA-система MasterScada, обеспечивающие широкий функционал мониторинга и управления системой.

Настройка Lectus в режимах Master и Slave позволяет осуществлять эффективное взаимодействие с другими устройствами, обеспечивая как скачивание архивных данных, так и аварийную связь с объектами через основной и резервные модемы соответственно.

Формирование сигнала аварии на объекте происходит при срабатывании защитных устройств или превышении установленных порогов значений параметров, что инициирует автоматическое оповещение диспетчера о возникшей ситуации.

Использование герконов, установленных на дверях насосной станции и подключенных к дискретным входам ПЛК, позволяет эффективно обнаруживать несанкционированный доступ и гарантировать оперативное реагирование на возможные угрозы безопасности.

В случае срабатывания геркона система автоматически инициирует процесс оповещения диспетчера, предоставляя ему необходимую информацию для принятия решения и управления ситуацией, схема взаимодействий показана на рисунке 13.

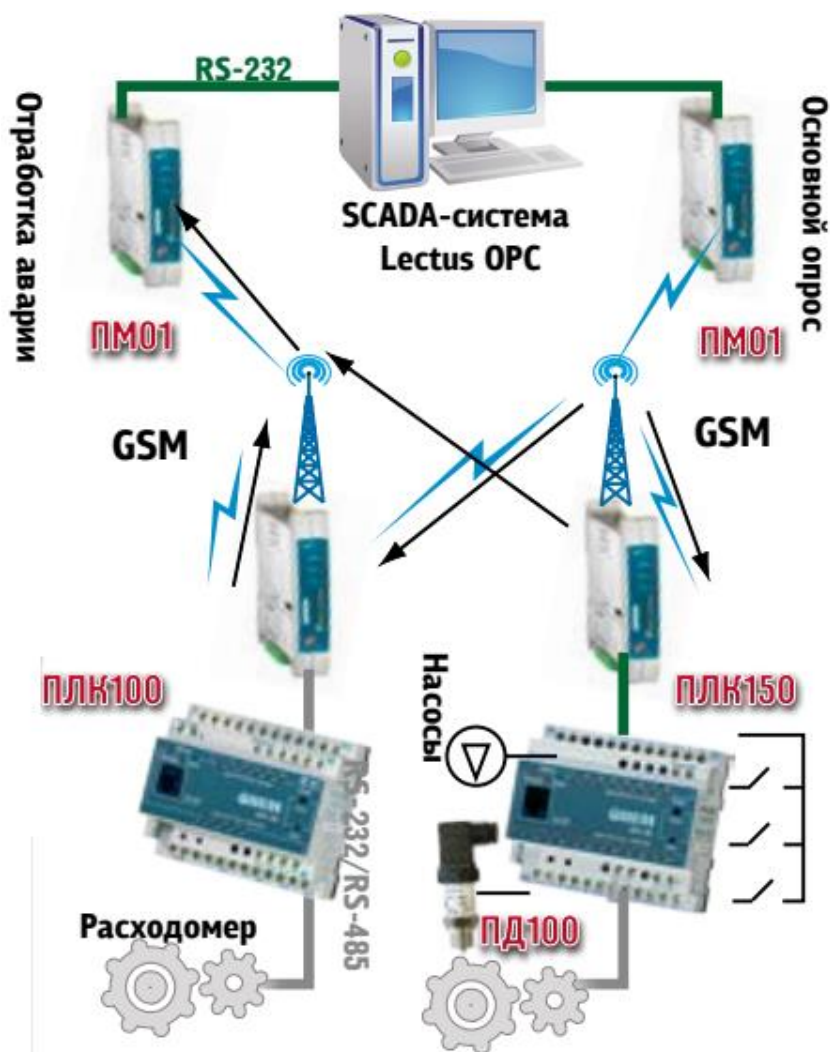


Рисунок 13 – Функциональная схема диспетчеризации артезианских скважин

Результат автоматизации.

«Внедрение на артезианских скважинах системы диспетчеризации позволило достичь:

- значительного сокращения затрат на охрану объектов и повышения её эффективности. Раньше службе безопасности приходилось проверять каждую скважину несколько раз в день, причем взломов и краж оборудования избегать не удавалось. Теперь они выезжают на объект только по срабатыванию сигнализации или для осмотра один раз в три дня;
- значительного сокращения затрат на обслуживание и повышения эффективности работы эксплуатационных служб путем удаленного контроля параметров;
- оперативного реагирования на внештатную ситуацию: вызов ремонтных служб и т.п.;
- суммарного учета воды;
- автоматически создаваемой отчетности для руководства без участия сотрудника» [22].

Рассмотрим вариант эксплуатации системы артезианского водоснабжения с заменой водонапорной башни на автоматизированную систему поддержания необходимого давления [28].

«Долгое время единственным решением по обеспечению водоснабжения малых населенных пунктов, аграрных и промышленных предприятий было использование водонапорной башни системы Рожновского и иных напорных резервуаров. Однако эксплуатация выявила ряд принципиальных недостатков, хорошо известных работникам ЖКХ: трудоемкость монтажа, невозможность регулирования давления, протекания, переливы и промерзание в зимний период, частые выходы погружного насоса из строя» [28]. Один из недостатков данной технологии – существенные капитальные вложения. При внедрении новой технологии водоснабжения капитальные вложения снижены в 5–8 раз. При этом также снижаются эксплуатационные расходы – за счет снижения потребления электроэнергии на 25%.

«Современные технические решения позволили разработать совершенно иной подход к водоснабжению. Это станции управления погружным насосом на основе регуляторов (преобразователей) частоты вращения насоса» [28]. Данный подход позволяет полностью отказаться от водонапорной башни как регулирующего звена, что проиллюстрировано на рисунке 14.

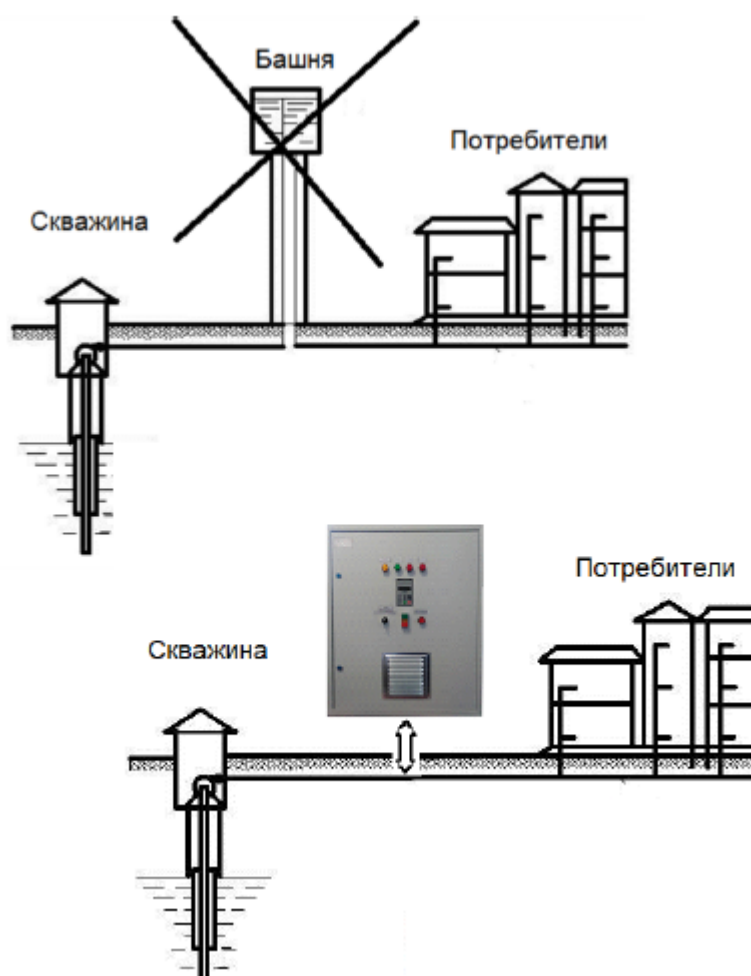


Рисунок 14 – Системы артезианского водоснабжения с заменой водонапорной башни на автоматизированную систему

Внедрение новой технологии обеспечивается установкой шкафа СУПН-1 – система управления погружным насосом на основе регуляторов (преобразователей) частоты. Шкаф устанавливается в любом помещении,

недоступном для посторонних лиц, в том числе и не отапливаемом. При отсутствии помещения шкаф может поставляться в блок-боксе. Система управления погружным насосом (СУПН) предназначена для обеспечения электроснабжения, управления работой и защиты от аварийных режимов работы водопогружного насоса (ВПН) в сетях водоснабжения небольших населенных пунктов (малых городов, поселков, сельских поселений).

Применение в составе СУПН-1 современного высокоинтеллектуального и надежных преобразователей частоты, обеспечивает высокое энергосбережение в сравнении с традиционными способами регулирования давления в сетях водоснабжения, а также все необходимые защиты двигателя и погружного насоса. Интерфейс данного фрагмента программы показан на рисунке 15.

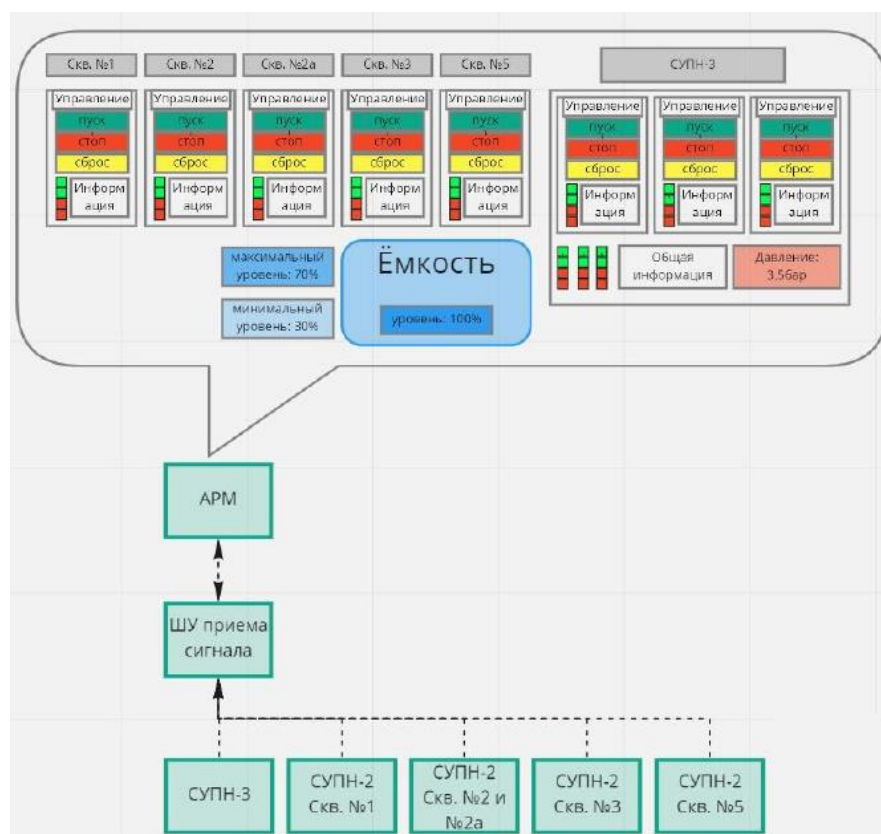


Рисунок 15 – Автоматизированная система оперативно-диспетчерского управления

СУПН-1 оснащен преобразователем частоты, который регулирует скорость вращения двигателя насоса в соответствии с уровнем давления, регистрируемого датчиком давления с аналоговым выходом, тем самым, поддерживая заданное давление в водонапорной системе независимо от интенсивности водоразбора.

Автоматизированная система оперативно-диспетчерского управления водозабора представляет собой интегрированную, иерархическую систему управления и предназначена для дистанционного мониторинга и автоматического управления насосами артезианских скважин, повысительных насосов. Интерфейс программы показан на рисунке 16.

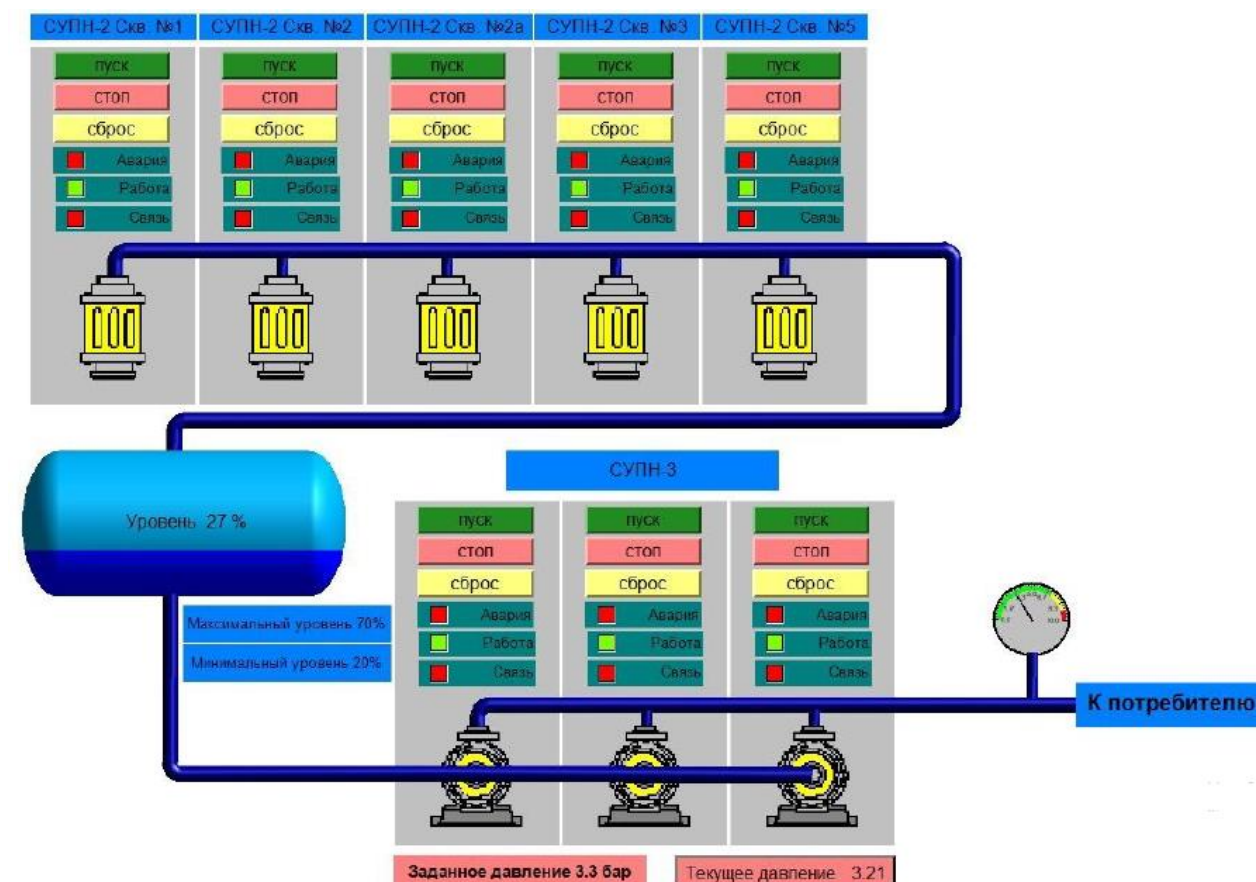


Рисунок 16 – Схема системы водоснабжения

Основные задачи АСОДУ:

- поддержание заданного технологического режима и нормальной работы оборудования
- сигнализация отклонений и нарушений заданного технологического режима
- сигнализация аварийных ситуаций на контролируемом объекте
- цели АСОДУ:
  - обеспечение оптимального режима подачи воды
  - продление ресурса работы электродвигателей насосов
  - снижение затрат на эксплуатационные расходы
  - АСОДУ позволяет оператору контролировать работу системы управления насосами визуально на мониторе компьютера:
    - режим работы (автоматический, ручной);
    - состояние насоса (работа, авария, останов);
    - текущее давление воды в трубопроводе;
    - уставку давления воды в трубопроводе.

Оператор дистанционно может задавать уставку давления воды.

Информация об аварии приходит с расшифровкой вида аварии. Оператор имеет возможность сброса аварии частотного преобразователя дистанционно.

В системе предусмотрено ежесуточное почасовое архивирование значений текущего давления, уставки давления, возможных аварий и режима работы в формате Excel. Интервал архивирования оператор может задавать самостоятельно.

## **2.2 Система управления водонапорной башней**

Для модернизации систем водоснабжения из артезианских скважин разработаем две системы управления: модернизируем водонапорную башню

и автоматизируем артезианские скважины с ручными насосами, интегрируя их общую систему водоснабжения.

Для удобства пользования и контроля, разработаем одно автоматизированное рабочее место оператора, с которого можно наблюдать, контролировать и при необходимости управлять насосными агрегатами. Удобнее всего для этого установить небольшой отапливаемый вагончик в непосредственной близости от водонапорной башни, что проиллюстрировано на рисунке 17 [10]. Связь с остальными точками водозабора осуществлять по GSM-каналу.



Рисунок 17 – Павильоны, используемые как блочные насосные станции над артезианскими скважинами

Аналогичными модулями необходимо оснастить и локальные артезианские скважины. Данное решение имеет следующие достоинства:

- насосные станции над артскважиной полностью закрывают от посторонних оголовок скважины.
- герметичная система сохраняет чистоту воды, доставляя её до потребителя без контакта с внешней средой.



- артезианские насосные станции монтируются проще, чем водонапорные башни или стационарные станции.
- насосные станции над артскважиной имеют сравнительно невысокую стоимость.
- высокая сохранность оборудования, защита от воровства и вандализма.

Модернизацию системы водоснабжения начинается с замены скважинного насоса на новый.

Выбор скважинного насоса для водонапорной башни произведем на основе рассчитанной в главе 1 необходимого водопотребления чистой питьевой водой - 15 м<sup>3</sup>/час, и высотой подъема 100 метров. Выбрали скважинный насос СПА 5-16-105 чл, внешний вид которого представлен на рисунке 18, технические данные в таблице 11 [9].



Рисунок 18 – Скважинный насос СПА 5-16-105 чл

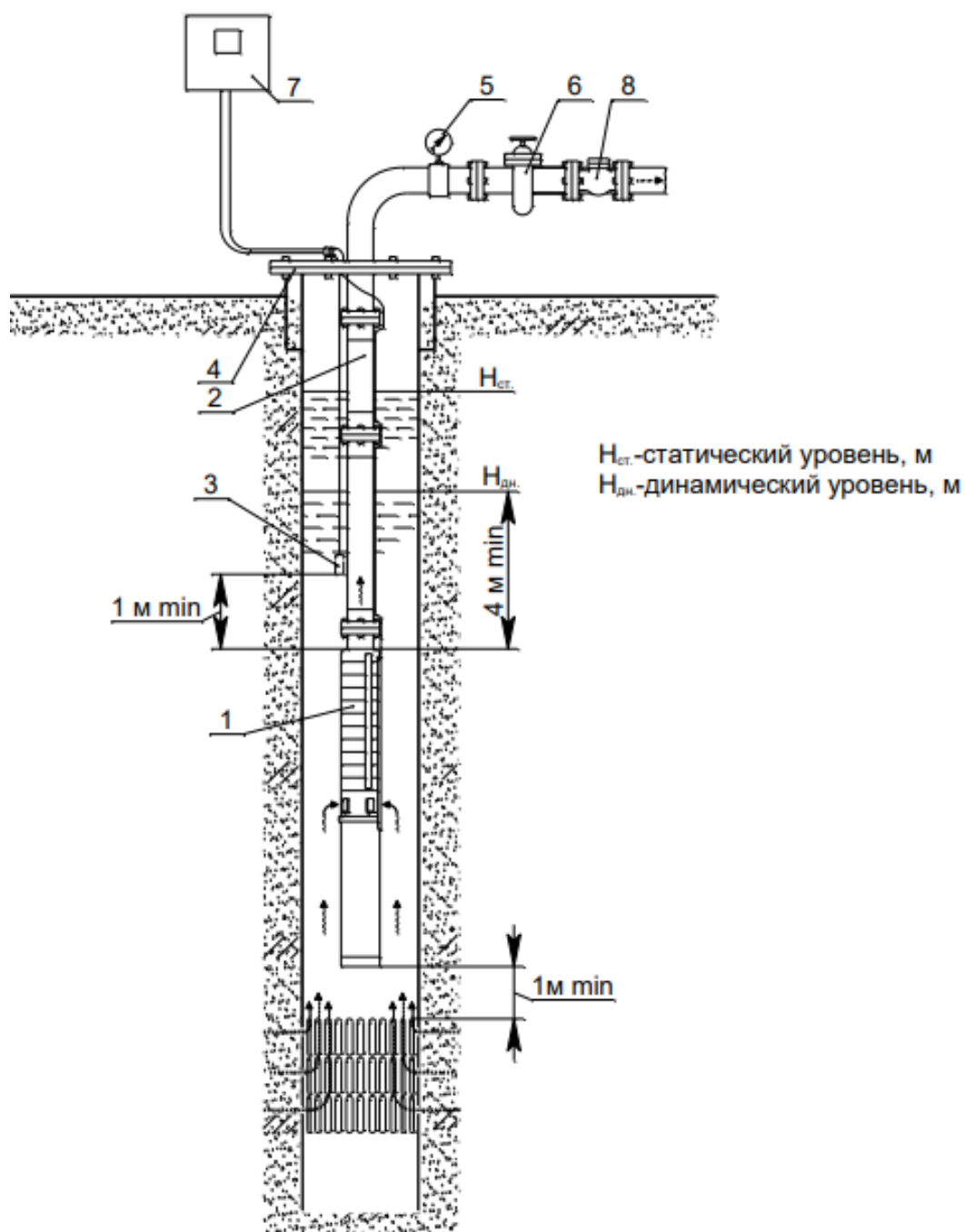
Таблица 11 – Сквжинный насос СПА 5-16-105 чл

Показатель	Единицы измерения	Величина
Производитель	-	Промбурвод, г.Минск
Подача	м <sup>3</sup> /ч	16
Напор	м	105
Мощность двигателя	кВт	9,2
Наибольший номинальный ток	А	30
Частота вращения	об/мин	3000
Напряжение	В	380
Количество ступеней насоса	шт.	16
Тип электродвигателя	-	Погружной маслозаполненный, модель Coverco NBS
Режим работы	-	Продолжительный
Характеристика воды: - температура - pH - содержание минеральных солей - содержание твердых примесей	°С - мг/л %масс	35 6,5...9,5 1500 0,01
Допускаемая частота включений/выключений	раз в час	6...10
Гарантийный срок службы	лет	5
Срок службы	лет	25
Исполнение рабочего колеса	-	Из легированного чугуна

Основные узлы водоподъёмного агрегата серии СПА – многоступенчатый центробежный насос и асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, соединённые муфтой и размещённые в цилиндрическом корпусе из нержавеющей стали. Вода, перемещаясь от ступени к ступени, постепенно набирает энергию – напор, развиваемый насосом, складывается из суммы напоров каждой ступени.

Насосы СПА оснащены асинхронными электроприводами с короткозамкнутым ротором в герметичном исполнении, полость которых заполнена диэлектрической смесью («белым маслом» или водно-глицериновым раствором), которая обеспечивает смазку и охлаждение

подшипников. Схема расположения насоса в скважине показана на рисунке 19 [18].



1 – агрегат; 2 – водоподъемная колонна; 3 – датчик «сухого хода»; 4 – плита опорная; 5 – манометр; 6 – задвижка; 7 – устройство управления; 8 – клапан обратный

Рисунок 19 – Схема расположения насоса в скважине

Для управления выбранным насосом выбираем управляющий контроллер или Аналогичное устройство управления погружными насосами по условиям:

- мощность управляемых двигателей 10 кВт;
- номинальный ток 30А, пиковый кратковременный 60А;
- напряжение электродвигателя 380В;
- управление по сигналу от электроконтактного манометра, что более надежно проявляет себя при низких (отрицательных) температурах воздуха;
- защиты от пониженного и повышенного напряжения, перегрузки, холостого хода насоса, обрыва фаз, перекоса фаз и другие защиты;
- функция плавного запуска.

Выбираем устройство управления и защиты модели «Лоцман+L2-80». Внешний вид прибора показан на рисунке 20, параметры устройства – в таблице 12. Производства АО «ГМС Ливгидромаш» [18].

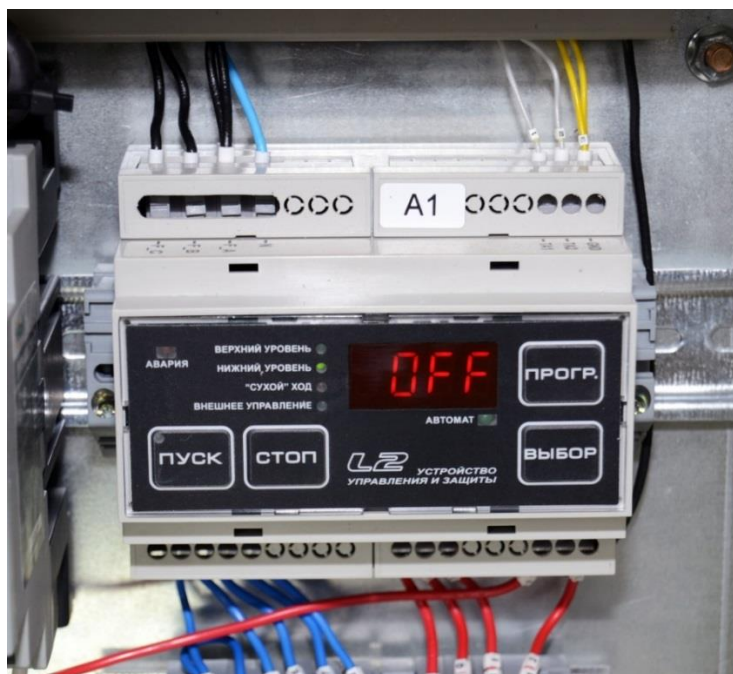


Рисунок 20 – Устройство управления и защиты модели «Лоцман+L2-80»

Таблица 12 – Устройство управления и защиты модели «Лоцман+L2-80»

Параметр	Единицы измерения	Величина
Коммутируемый ток электродвигателя	А	55...80
Мощность электродвигателя	кВт	22...37
Количество управляемых электродвигателей (силовых каналов)	-	1
Номинальное напряжение питания, частота тока	В, Гц	380, 50
Максимальное отклонение напряжения питания от номинального	%	+10...-15
Защитное исполнение корпуса	IP	54
Диапазон рабочих температур	°С	-40...+40
Степень защиты от поражения электрическим током	-	I
Масса	кг	11
Габаритные размеры	мм, не более	505 × 300 × 190

«СУиЗ обеспечивает работу насоса в следующих режимах:

- «Ручной» - включение двигателя насоса от кнопок на лицевой панели контроллера;
- «Автоматический» - управление по сигналу от датчика(ов) давления или уровня.
- СУиЗ обеспечивает в автоматическом режиме выполнение следующих основных функций:
- налив/дренаж емкости по сигналам от дискретных датчиков уровня различного типа (электродные, ЭКМ, поплавковые и пр.) (рисунок 21);
- налив/дренаж емкости по таймеру и одному из датчиков уровня (время таймера от 1 до 180 минут);
- налив/дренаж емкости по реле давления;
- удаленное включение/отключение двигателя станции по сигналу «внешнего управления» [18].

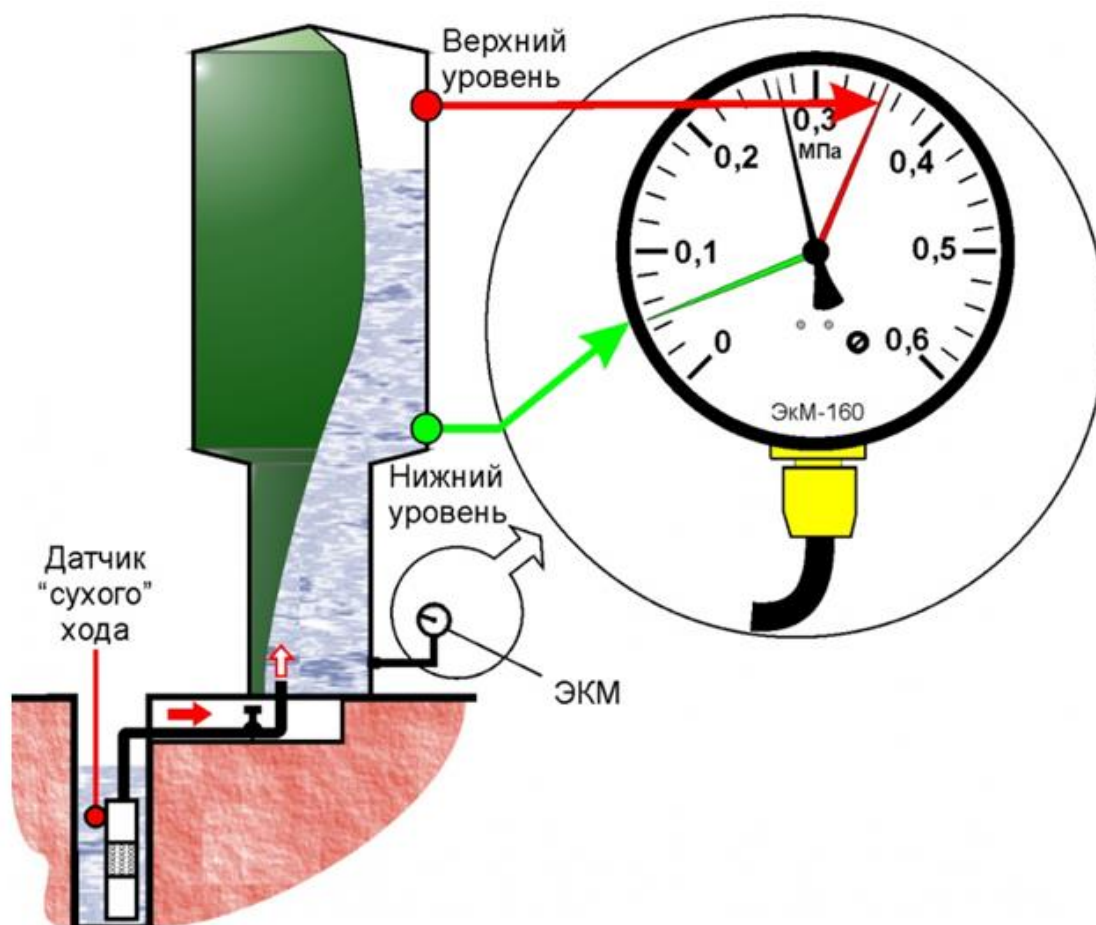


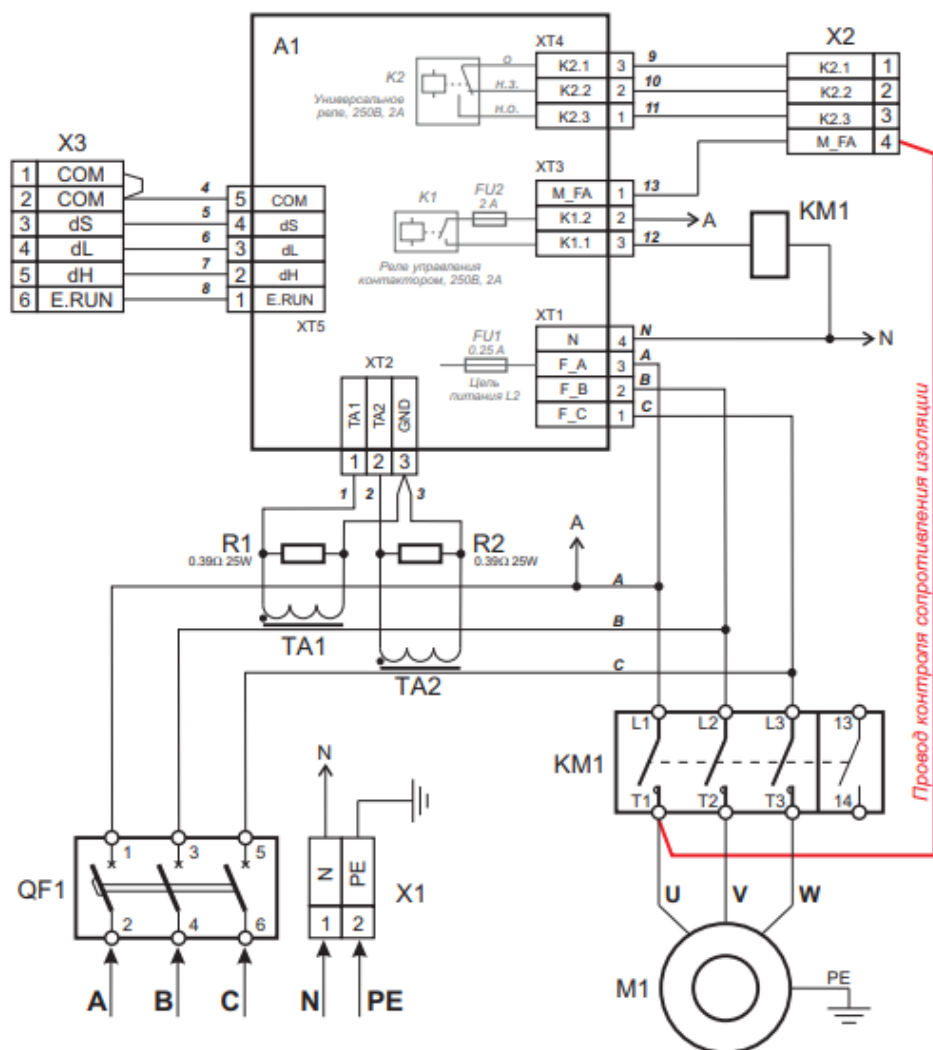
Рисунок 21 – Использование в системе управления электроконтактного манометра

«СУиЗ обеспечивает защиту в следующих ситуациях:

- «сухой» ход (при использовании соответствующего датчика);
- перегрузка двигателя – настраивается пользователем в диапазоне 1...300 А;
- недогрузка двигателя (защита от «сухого» хода без дополнительного датчика) – настраивается пользователем в диапазоне 0,5...299 А;
- неправильное чередование или отсутствие питающих фаз (проверяется при включении);
- слишком высокое или слишком низкое питающее напряжение – настраивается пользователем в диапазоне 180...245 В;
- обрыв/перекос фаз;

- неправильное срабатывание датчиков уровня (при автоматическом режиме работы);
- низкое сопротивление изоляции электродвигателя – менее 15 кОм» [18].

Схема электрическая соединения системы управления с электродвигателем насоса показана на рисунке 22.



QF1 – автоматический выключатель; KM1 – контактор; A1 – устройство управления и защиты L2; TA – трансформаторы тока; R1 и R2 – шунтирующие резисторы; X1...X3 – клеммные блоки; M1 - электродвигатель

Рисунок 22 – Схема соединений системы управления и электродвигателя насоса

Схема подключения ЭКМ к контактору шкафа управления показана на рисунке 23.

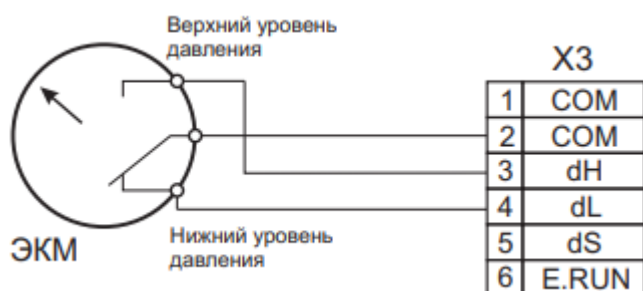


Рисунок 23 – Схема подключения датчика уровня типа ЭКМ

Элементы, которые управляют скважинным насосом, собираем и размещаем в силовом ящике размером 505 на 300 мм, как на рисунке 24.

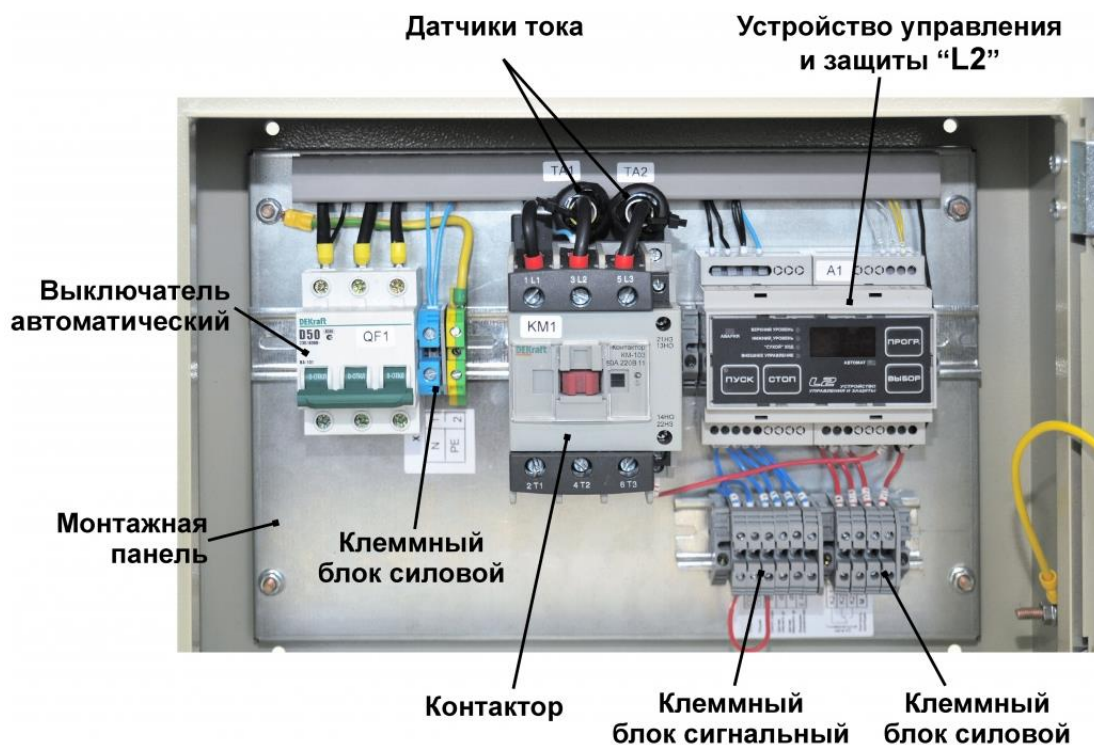


Рисунок 24 – Размещение электрооборудования для управления насосом артезианской скважины в силовом шкафу



«В станции управления и защиты присутствует щит с съемной монтажной панелью, внутри которого размещены автоматический выключатель, электромагнитный контактор, три клеммных блока (силовые и сигнальный), датчики тока (токовые трансформаторы) и микроконтроллерное устройство управления и защиты “L2” (далее по тексту МК). Дверца щита оборудована прозрачным окном для наблюдения за состоянием станции.

На лицевой панели МК расположены кнопки управления, такие как «ПУСК», «СТОП», «ПРОГР.», «ВЫБОР», а также четырехразрядный светодиодный индикатор и светодиоды, отображающие состояние датчиков, режимы работы и аварийные ситуации» [31].

Для точной, окончательной настройки работы насосной станции используется устройство по программированию Лоцман+L2 [31]. В первую очередь при пробном запуске замеряются параметры тока и напряжения, в соответствии с рисунком 25. И с учетом замеренных значений программируются уставки по минимальным и максимальным защитным токам и напряжениям, задается время их срабатывания от 1 до 10 секунд. Кроме этого, замеряются при пробной эксплуатации, а затем устанавливаются:

- время повторного включения после срабатывания защит от 1 до 30 минут;
- правильность чередования фаз;
- проверяется сопротивление изоляция двигателя, устанавливается уставка в 18 кОм, при превышении которой срабатывает защита;
- изменяя уровень воды в башне зафиксировать и занести в память прибора уровни напряжения от ЭКМ, соответствующие верхнему и нижнему уровням воды;
- задается задержка пуска двигателя (подача напряжения в электродвигатель) от 1 до 10 секунд.



Рисунок 25 – Отображение тока и напряжения

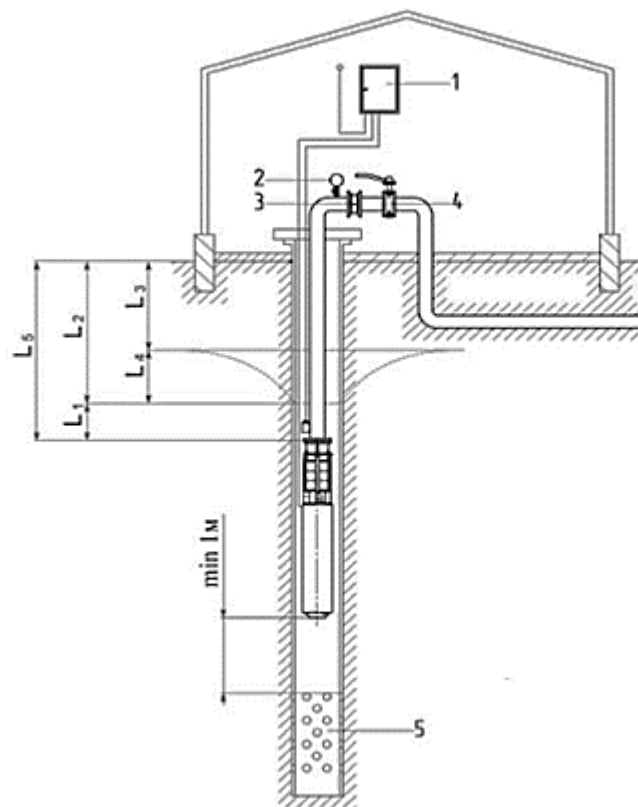
### 2.3 Система управления локальными артезианскими скважинами

При модернизации распределенных по городу небольших артезианских скважин, будет произведена замена артезианских насосов на новые, со следующими параметрами [21]:

- подача 2,5 м<sup>3</sup>/ч;
- напор 100 м;
- питание от 380В/50Гц.

Данным параметрам соответствует артезианский насос ЭЦВ 4-2,5-100 нрк [13]. Насос подходит для труб с внутренним диаметром 4 дюйма. Производительность насоса ЭЦВ 4-2,5-100 составляет 2,5 м<sup>3</sup>/ч, высота подъема - 100 метров. Для артезианских насосов требуется наличие линейного напряжения в подводящей трехфазной сети равное 380В с частотой 50Гц. Мощность электродвигателя 2,2 кВт, номинальный ток 5,8А.

Насосы будем монтировать под павильоном, в соответствии с рисунком 26.



1 – устройство защиты или станция управления и защиты; 2 – манометр; 3 – обратный клапан; 4 – задвижка; 5 – фильтр; L1 – подпор, не менее 1 м; L2 – динамический уровень воды, м; L3 – статический уровень воды, м; L4 – понижение уровня воды (разность между динамическим и статическим уровнями воды, м); L5 – глубина погружения, м

Рисунок 26 – Схема монтажа насоса ЭЦВ 4-2,5-100

Помимо электрических параметров система управления локальными скважинными насосами должна иметь возможность передачи информации на базовую станцию или центральный диспетчерский пункт (автоматизированное рабочее место). Это позволяет не только контролировать давление в различных точках водопровода в городе, но и своевременно корректировать его за счет локальных скважинных насосов.

Выбираем систему дистанционного управления оборудованием артезианской скважины АС-01-GSM [15].

«Система управления артезианской скважиной обеспечивает:

- автоматическое местное и дистанционное включение и выключение насосной станции по заданному алгоритму;
- ручное поэлементное включение и выключение всех исполнительных механизмов и оборудования;
- контроль наличия сетевого напряжения;
- контроль давления на выходе насоса скважины;
- контроль статического и динамического давления в скважине (контроль "сухого хода", если скважина оборудована только электродным датчиком сухого хода);
- контроль температуры в павильоне (или на трубе) и управление системой обогрева;
- контроль положения и управление электрозадвижкой (при наличии);
- сигнализацию затопления павильона;
- охранную и пожарную сигнализацию;
- контроль тока потребления электродвигателем насоса;
- контроль срабатывания защиты электродвигателя насоса;
- фиксацию показаний расходомера и счетчика потребленной электроэнергии;
- хранение информации о параметрах датчиков, работы исполнительных механизмов и оборудования скважины;
- обмен информацией с диспетчерским пунктом по каналу сотовой связи стандарта GSM» [15];
- передачу текущей информации о состоянии датчиков, исполнительных механизмов и оборудования скважины по запросу с диспетчерского пункта;
- включение звуковой и световой сигнализации при возникновении аварийной ситуации.
- немедленную передачу в диспетчерский пункт аварийной информации и состояния оборудования скважины.

Оборудование павильона артезианской скважины показано на рисунке 27.

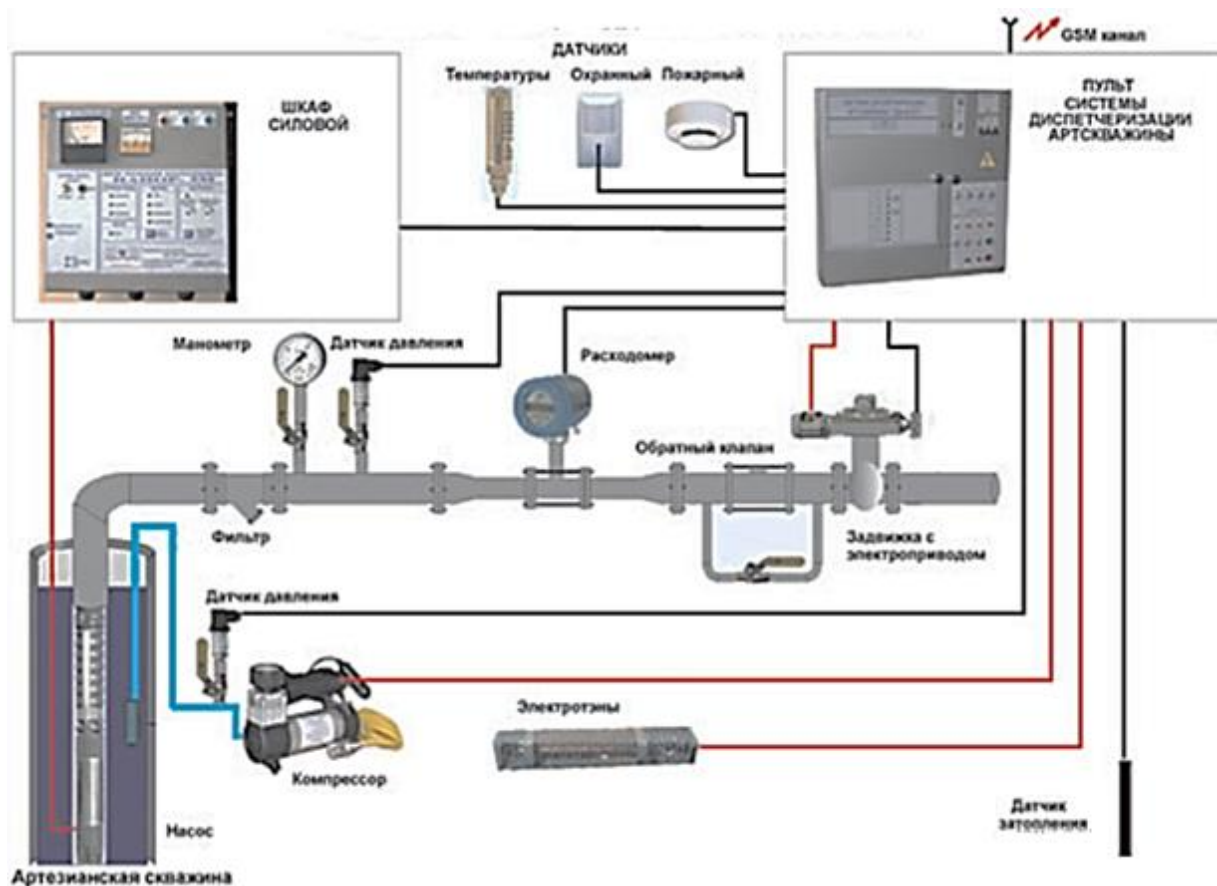


Рисунок 27 – Оборудование павильона артезианской скважины

Диспетчерский пункт, управляющий работой павильонов, содержит следующее оборудование:

- компьютер;
- источник бесперебойного питания;
- блок GSM модема;
- программное оборудование СДО 2.2.

Выводы по разделу 2.

При модернизации систем водоснабжения из артезианских скважин выполнены следующие работы:

- замена артезианских насосов на новые;
- разработаны две системы управления: модернизирована водонапорная башня и автоматизированы существующие артезианские скважины с ручными насосами, с их интеграцией в общую систему водоснабжения.
- разработано одно автоматизированное рабочее место оператора, с которого можно наблюдать, контролировать и при необходимости управлять насосными агрегатами.

Для водонапорной башни выбрали насос с учетом необходимого водопотребления чистой питьевой водой - 15 м<sup>3</sup>/час, и высотой подъема 100 метров – скважинный насос СПА 5-16-105 чл.

Для его управления применили устройство управления и защиты модели «Лоцман+L2-80» производства АО «ГМС Ливгидромаш» по условиям:

- мощность управляемых двигателей 10 кВт;
- номинальный ток 30А, пиковый кратковременный 60А;
- напряжение электродвигателя 380В;
- управление по сигналу от электроконтактного мановметра, что более надежно проявляет себя при низких (отрицательных) температурах воздуха;
- защиты от пониженного и повышенного напряжения, перегрузки, холостого хода насоса, обрыва фаз, перекоса фаз и другие защиты;
- функция плавного запуска.

При модернизации распределенных по городу небольших артезианских скважин произведена замена артезианских насосов на новые модели ЭЦВ 4-2,5-100 нрк, обеспечивающие подачу 2,5 м<sup>3</sup>/ч и напор 100 м. Для управления их работой применили систему дистанционного управления оборудованием артезианской скважины АС-01-GSM.

### **3 Разработка системы управления насосами поверхностных источников**

#### **3.1 Особенности организации получения воды для технических нужд, водопоя животных, полива полей и огородов**

Источником воды для данной категории водоснабжения являются естественные природные водоемы – озера, реки, водохранилища. Место забора воды из водоема называется водозаборным узлом [25]. Через город Мургаб протекает одноименная река. Питание реки в основном снеговое, средний расход воды у поселка Мургаб в засушливое время около 4,5 м<sup>3</sup>/с [23], во времена таяния льда и снега в горах значительно выше. Река зимой промерзает полностью, ледниковый период длится в среднем с конца декабря до конца марта. Получается сезонный забор воды.

Так как вода не предназначена для орошения, то можно использовать два вида водоснабжения:

- с созданием водного накопителя;
- без создания накопителя. В данном случае предпочтительно дистанционное управление работой насосных станций.

Видов насосных станция для орошения полей множество. Признаков, по которым их можно подразделить несколько: по способу установки, по расположению относительно водоисточника, по используемому источнику питания, по виду используемых насосов, по режиму работы, по типу управления. Ниже мы немного расскажем, какие именно бывают насосные станции для орошения полей.

По способу установки:

- стационарные: представляют собой здания, в помещении которых располагается оборудование (насосы, электроприводы или дизельные приводы, блоки управления и иное оборудование). Такие

насосные станции строятся для обслуживания крупных сельхозпредприятий;

- сухопутные: представляют собой колесную платформу, на которой расположен насосный агрегат;
- плавучие: это конструкции, установленные на понтонах или судне.

По источнику питания:

- с электрическим приводом: используются электродвигатели;
- с дизельным приводом: используются двигатели внутреннего сгорания, работающие на дизельном топливе.

По виды используемых насосов:

- с центробежными насосами: состоящими из рабочего колеса и спирального корпуса. Большинство насосных станций для оросительных систем в составе имеют центробежные насосы;
- с пропеллерными (осевыми) насосами. Насос состоит из корпуса и закрепленного на его валу рабочего колеса в форме гребного винта с лопастями;
- с поршневыми насосами. Насос состоит из подвижного элемента, совершающего поступательные движения в цилиндрическом корпусе.

По режиму работы:

- сезонные: передвижные, съемные;
- круглогодичные: модульные или капитальные строения.
- по расположению относительно источника воды: береговые (устанавливаются на берегу), русловые (устанавливаются на пологом берегу с водозабором в русле. Это происходит когда уровень воды, необходимый для забора находится на значительном расстоянии от берега (в русле).

По типу управления:

- централизованное управление;



- полуавтоматическое управление;
- автоматическое управление.

По уровню напора:

- низконапорные (уровень напора до 0,24 Мпа);
- средненапорные (уровень напора до 0,5 Мпа);
- высоконапорные (уровень напора до 1,1 Мпа).

Объем подачи воды в насосных станциях варьируется от 25 л/с до 705 л/с.

### **3.2 Система управления насосами водозабора из русла реки**

Выбираем следующие параметры системы:

- производительность насоса составляет 10 м<sup>3</sup>/ч;
- с трехфазным электрическим приводом;
- насос центробежного типа;
- поверхностный, сезонный, русловый;
- с автоматическим и дистанционным управлением;
- низконапорный.

Разработаем структурную схему системы водозабора.

Для защиты поливной системы от посторонних частиц, поступающих с водой, используют фильтрацию. Фильтры могут быть различных видов – от грубой фильтрации для удаления крупных загрязнений до мельчайших фильтров, задача которых – удалить даже микрочастицы из поливной воды. Выбор фильтров зависит от качества воды в водоёме и требований к чистоте поливной воды [24].

Ещё одним важным компонентом технологической схемы забора воды являются трубопроводы и форсунки. Они служат для равномерного распределения воды на поливную площадь. Трубопроводы могут быть как подземными, так и наземными, в зависимости от вида поливной системы.

Форсунки, в свою очередь, регулируют распределение воды и обеспечивают требуемую интенсивность полива.

Не менее важным аспектом является автоматизация системы забора воды на полив. С помощью специальных контроллеров и сенсоров можно задать необходимое время и длительность полива, а также следить за уровнем воды в водоёме и работой насосной станции. Это позволяет оптимизировать расход воды и энергии.

Помимо насосов и фильтров, важным элементом технологической схемы является система управления и контроля полива. Здесь используются различные датчики и регуляторы, которые позволяют автоматически контролировать количество и частоту подачи воды на поливное поле. Также в систему управления могут быть включены датчики влажности почвы, которые позволяют определять, когда следует начать подачу воды, и насколько долго продолжать полив.

Важно отметить, что технологическая схема забора воды из водоёма на полив требует постоянного обслуживания и контроля. Регулярный осмотр и чистка оборудования, проверка давления, а также настройка системы управления и контроля – все это необходимо для эффективной работы системы полива. Выбираем наиболее оптимальную схему, показанную на рисунке 28.

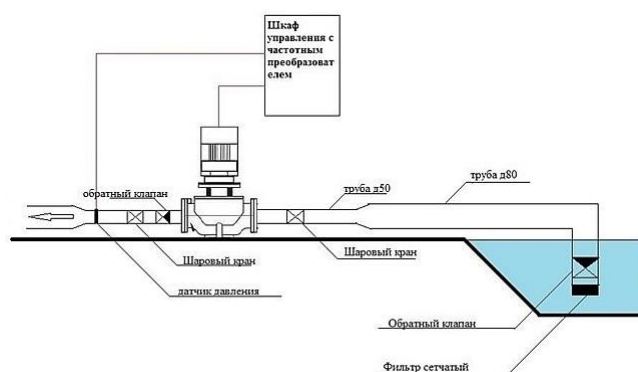


Рисунок 28 – Система водозабора воды из реки

Для управления насосом служит автономная система управления с обратной связью по сигналу с датчика давления в выходном трубопроводе. Выбираем шкаф управления поверхностными центробежными насосами, оснащенных асинхронными двигателями с КЗ ротором серии HSM Control L3–120–П–М–Т2–IP54–УХЛ4. Внешний вид показан на рисунке 29, основные параметры – в таблице 13 [11]. Достоинством данного шкафа управления являются:

- плавный пуск;
- защита от импульсных перенапряжений;
- защита от повышенного или пониженного напряжения сети;
- удаленное беспроводное управление по каналам GPRS/SMS или на небольшие расстояния по радиомодему 433 МГц;
- контроль температуры подшипниковых узлов насоса;
- контроль тока и напряжения по фазам;
- защита от сухого хода.



Рисунок 29 – Внешний вид на шкаф управления серии HSM Control L3–120–П–М–Т2–IP54–УХЛ4

Таблица 13 – Параметры шкафа управления серии HSM Control L3–120–П–М–Т2–IP54–УХЛ4

Параметр	Единицы измерения	Величина
Число силовых каналов	-	1
Максимальный номинальный ток подключаемого электродвигателя	А	до 300
Напряжение питания микроконтроллера	В	220
Максимальная номинальная мощность подключаемого электродвигателя	кВт	До 130
Номинальное напряжение	В	380
Диапазон эксплуатационных температур	°С	-40...+40
Относительная влажность	%	80

Перечисленные защиты должны защитить применяемый электронасос от выхода из строя по причине низкого качества сетевой электроэнергии.

Еще одним весомым преимуществом данного шкафа управления поверхностными насосами является поставка вместе со шкафом бесплатного программного обеспечения для создания автоматизированной системы диспетчерского управления или SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) [17]. На сегодняшний день это один из лучших инструментов для визуализации работы, контроля и управления работой объектов водоснабжения. Данная система позволяет собрать в единую систему отдельные водозаборные точки, например, как на рисунке 30, и управлять ее удаленно, в том числе используя сотовый телефон.

«SCADA позволяет решить следующие задачи:

- получение оперативной информации о состоянии и параметрах оборудования на объектах водоснабжения
- дистанционное управление работой оборудования
- регистрация и архивирование событий, а также технологических параметров работы оборудования» [17].

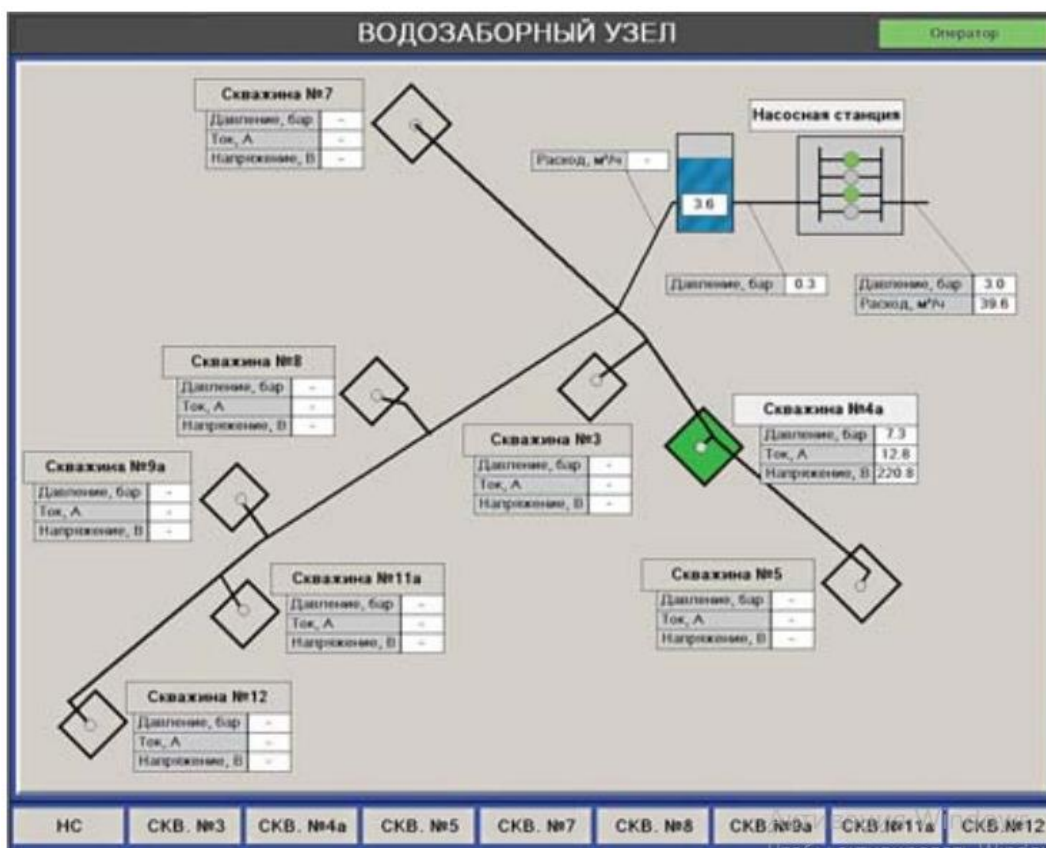


Рисунок 30 – Общая схема водозаборного узла

Система управления на базе станций HMS Control позволяет осуществить комплексную диспетчеризацию объектов водоснабжения, в том числе:

- скважинных водозаборов, как на рисунке 31;
- резервуаров;
- насосных станций второго, третьего подъёма, как на рисунке 32;
- диктующих точек;
- установок повышения давления. Также, к системе может быть подключено различное вспомогательные технологическое оборудование, задвижки и т.п.

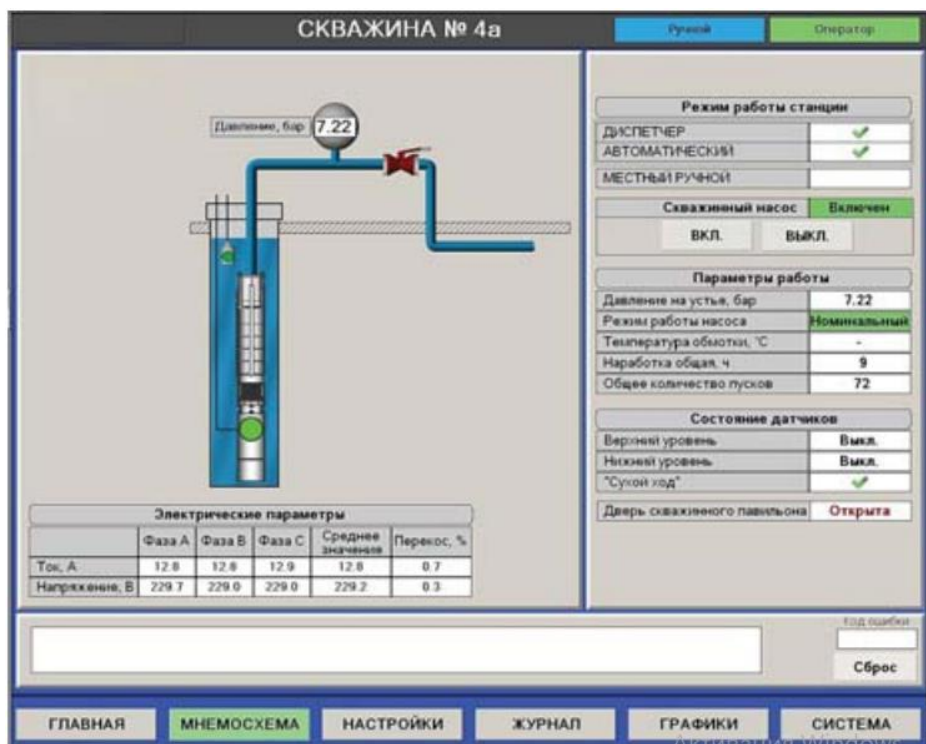


Рисунок 31 – Интерфейс контроля и управления насосом скважины (пример)

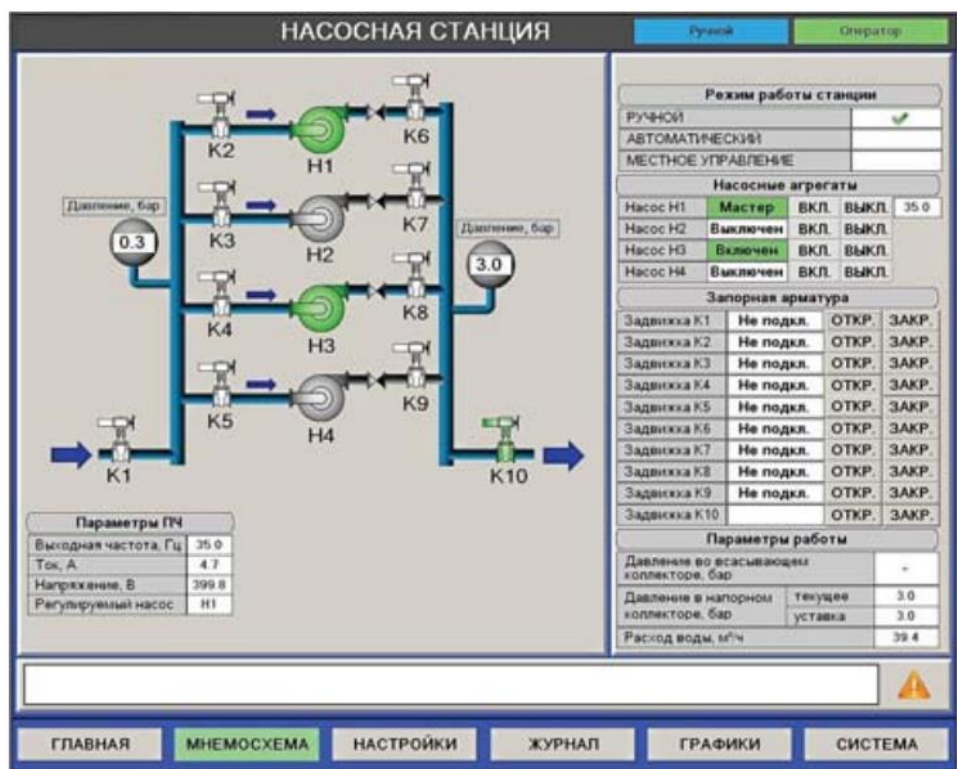


Рисунок 32 – Интерфейс контроля и управления насосной станцией(пример)

«Преимущества внедрения системы диспетчеризации:

- снижение текущих расходов на эксплуатацию оборудования, увеличение межремонтных интервалов;
- уменьшение количества персонала;
- повышение оперативности управления объектами и скорости реагирования на нештатные ситуации;
- постоянный доступ к достоверным данным о состоянии оборудования, автоматическая регистрация событий и архивация данных;
- возможность анализа накопленных данных и оптимизации параметров работы оборудования, снижения энергопотребления» [12].

«Система может работать в следующих режимах:

- автоматического управления – станции работают по заданному алгоритму без участия оператора, который наблюдает за работой системы, реагирует на возможные внештатные ситуации, при необходимости вмешивается в их работу
- диспетчерского управления – оператор (диспетчер) сам управляет всеми объектами со своего автоматизированного рабочего места (АРМ) Для связи с объектами, в зависимости от их расположения и удаленности, могут использоваться различные способы передачи данных:
  - проводные каналы связи
  - каналы связи интернет-провайдеров
  - GSM/GPRS-каналы операторов сотовой связи
  - радиоканалы в диапазоне 433 МГц» [12].

«Основные элементы интерфейса оператора системы диспетчеризации:

- общая структурная схема объектов водоснабжения (может быть наложена на карту географического расположения объектов);
- журнал с записями событий;
- графики (тренды) изменения параметров работы оборудования.

На экране рабочего места оператора могут отображаться следующие данные о работе насосных агрегатов:

- давление в трубопроводах или на устье;
- расход воды;
- уровень в резервуарах;
- температура обмоток, подшипников (в зависимости от типа агрегата);
- частота вращения вала, при использовании преобразователя частоты;
- электрические параметры (напряжение, потребляемый ток)» [12].

Диспетчер со своего рабочего места может:

- осуществлять запуск/останов насосных агрегатов;
- изменять производительность насосных агрегатов (при наличии преобразователей частоты).

Выводы по разделу 3.

Спроектирована система, удовлетворяющая следующим требованиям:

- производительность насоса составляет 10 м<sup>3</sup>/ч;
- с трехфазным электрическим приводом;
- насос центробежного типа;
- поверхностный, сезонный, русловый;
- с автоматическим и дистанционным управлением;
- низконапорный.

Для управления насосом выбран шкаф управления поверхностными центробежными насосами, оснащенных асинхронными двигателями с КЗ ротором серии HSM Control L3–120–П–М–Т2–IP54–УХЛ4. Контроль и управление осуществляется с автоматизированного рабочего места диспетчерского управления (SCADA).



## 4 Разработка автономных систем энерго- и водоснабжения для удаленных объектов

### 4.1 Внедрение энергетической системы «Infinite FreeDom»

Система разрабатывалась с учетом ветров низкой интенсивности (до 4 м/с), незначительного количества солнечных дней и гарантирует круглогодично комфортную температуру в помещении, а также бесперебойное электроснабжение бытовых приборов, включая электроплиту. Схема системы показана на рисунке 33.

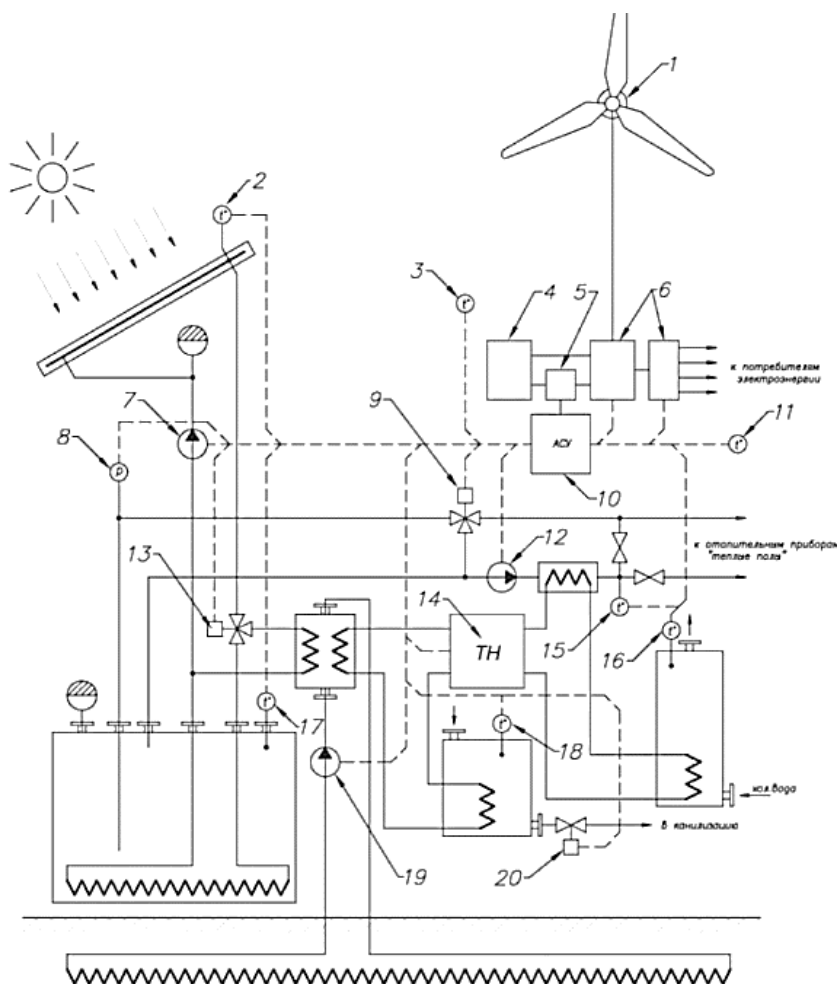


Рисунок 33 – Схема системы InfiniteFreeDom

«Основным источником электроэнергии является ветрогенератор, а источником тепла – тепловой насос и солнечные коллекторы. Управление системой осуществляет высокоинтеллектуальная АСУ, являющаяся важнейшим элементом системы» [4].

Эксплуатация объекта на «Красном озере» показала, что «в регионе с умеренным климатом при средней скорости ветра 4 м/сек можно получать 50 МВт·ч электроэнергии и 35 МВт·ч тепловой энергии в год или соответственно 4,17 МВт·ч и 2,92 МВт·ч в месяц, что достаточно для энергоснабжения удаленного усадебного хозяйства» [4].

Визуализация энергетической схемы применительно к частному дому показана на рисунке 34.

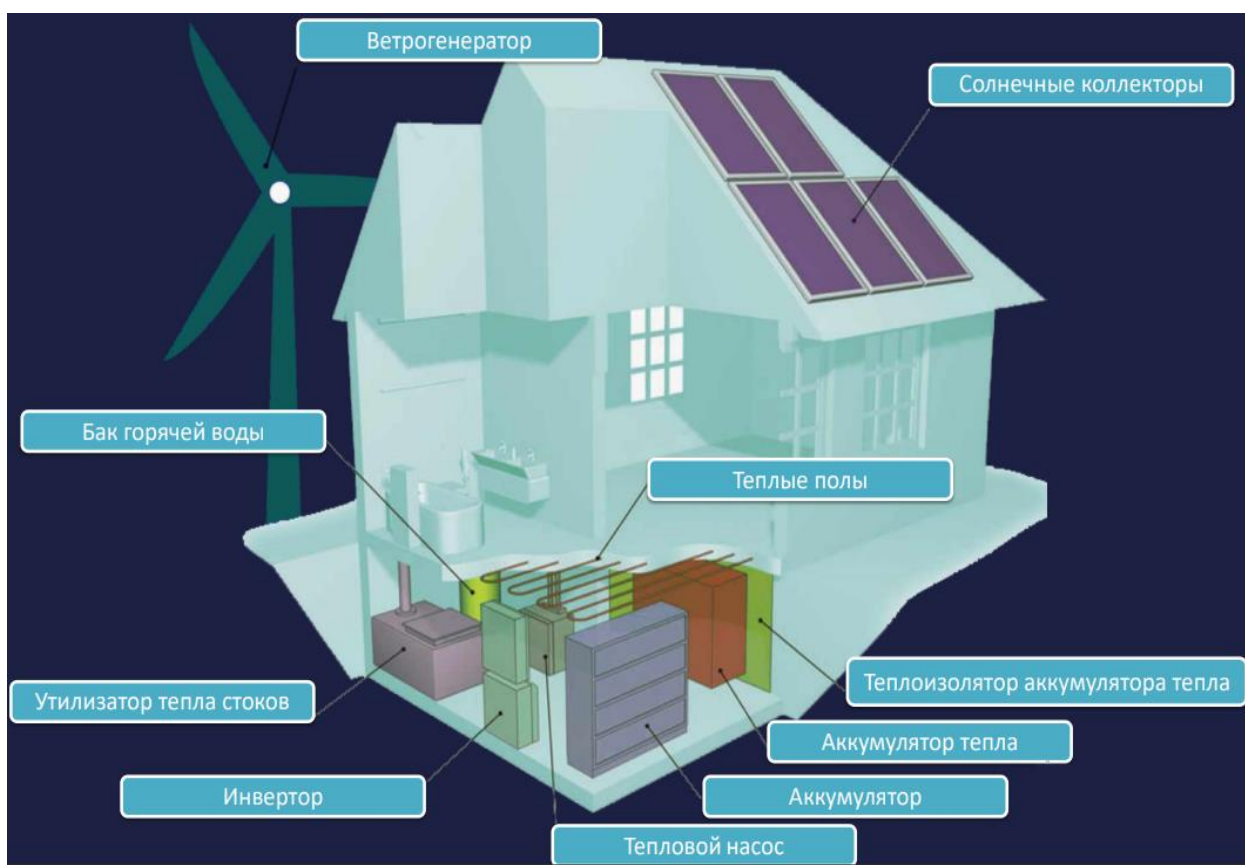


Рисунок 34 – Визуализация энергетической схемы

Интеграция преобразователей различных видов возобновляемой энергии в системе IFD позволяет повысить эффективность работы каждого из них, что, в итоге, приводит к снижению стоимости киловатт-часа производимой энергии.

Ветрогенератор в системе IFD выдает больше энергии, чем при одиночной работе. Диаграмма, иллюстрирующая работу ветрогенератора InfiniteFreeDom, включенного в систему, показана на рисунке 35. Энергия ветра используется не только на бытовое потребление и зарядку электроаккумуляторов, но также на приготовление горячей воды, нагрев теплового аккумулятора, питание теплового насоса. Т.е. вся сиреневая часть диаграммы – дополнительная полезная энергия.



Рисунок 35 – Количество энергии от ветрогенератора и потребление электроэнергии

Солнечный коллектор в системе IFD эффективнее, чем при одиночной работе. В системе InfiniteFreeDom солнечный коллектор помимо традиционного режима пассивного сбора тепловой энергии выполняет функцию теплового насоса №2, при которой дополнительно получаемая тепловая энергия постоянно откачивается для теплых полов, подогрева скважины, заряда теплового аккумулятора. В системе IFD интенсивность

передачи тепловой энергии солнечным коллектором гораздо выше, благодаря его подключению к контуру теплового насоса, который увеличивает градиент температур теплоносителя и поверхности коллектора. В контексте данной системы, в зависимости от текущего значения температуры теплоносителя, энергия, полученная от солнечного коллектора, направляется на подогрев теплых полов, подачу тепла в тепловой насос или зарядку теплового аккумулятора. Обычно тепловой насос функционирует на основе низкопотенциального тепла, извлекаемого из земли ( $4 - 5^{\circ}\text{C}$ ), являющегося основным источником энергии для его работы.

В нашей системе тепловой насос также получает энергию от дополнительных источников, таких как утилизатор тепла сточных вод, солнечный коллектор и остаточное тепло, сохраненное в тепловом аккумуляторе, что продемонстрировано на рисунке 36.

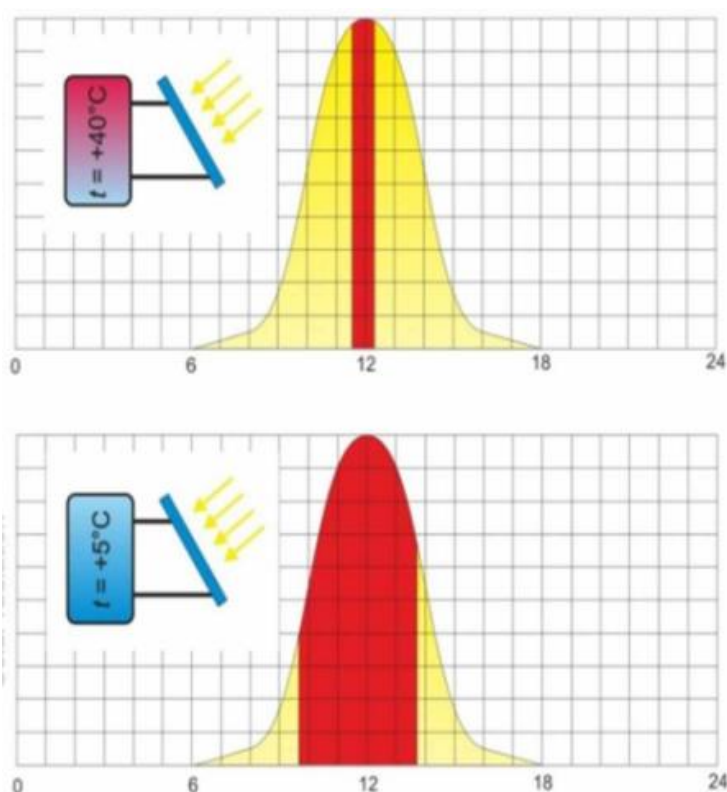


Рисунок 36 – Энергетические процессы теплового коллектора

## 4.2 Возможность применения микро-ГЭС

«Принцип действия микро – ГЭС аналогичен действию больших и малых гидроэлектростанций. Разница заключается лишь в мощности установленного оборудования и количества вырабатываемой электрической энергии. Производство электрического тока осуществляет генератор, вращательное движение ротора которому, передается с гидравлической турбины. Для того, чтобы турбина пришла во вращательное движение, создается напор воды, на водоеме, где установлена мини ГЭС. Пример показан на рисунке 37. Это может быть напор, создаваемый естественным течением водных масс, либо создаваемый путем строительства плотины или иного технического сооружения» [27].



Рисунок 37 – Пример микро-ГЭС

Для применения на реке Мургаб возможно применять классическую систему мини-ГЭС в виде «водяного колеса», течение воды и ее напор это позволяют сделать. при этом варианте, приемное колесо частично погружается в воду параллельное ее поверхности. Водные потоки, перемещаясь по естественному руслу, давят на лопасти, размещенные на колесе, и приводят его во вращение. Колесо, в свою очередь, посредством редуктора и прочих механических устройств, создает вращательное движение генератора. Экспериментально показано [8], что при потоке воды  $4,5 \text{ м}^3/\text{с}$  при диаметре винтового колеса 1 метр можно получить  $3,0 \dots 3,5 \text{ кВт}$  электроэнергии, что является достаточно большим показателем.

Выбираем речную микро-ГЭС производства ООО «Деалан Энерго», схема которой показана на рисунке 38. Масштабирование данной модели позволяет получить мощную электростанцию до  $100 \text{ кВт}$  при скорости потока воды от  $0,7$  до  $6 \text{ м/с}$ . Так как скорость течения в реке Мургаб примерно постоянная, то нет необходимости в дополнительном использовании большого аккумуляторного накопителя энергии. На выходе микро-ГЭС стабилизированные  $220\text{В}$   $50 \text{ Гц}$  электроэнергии в широком диапазоне частот вращения.

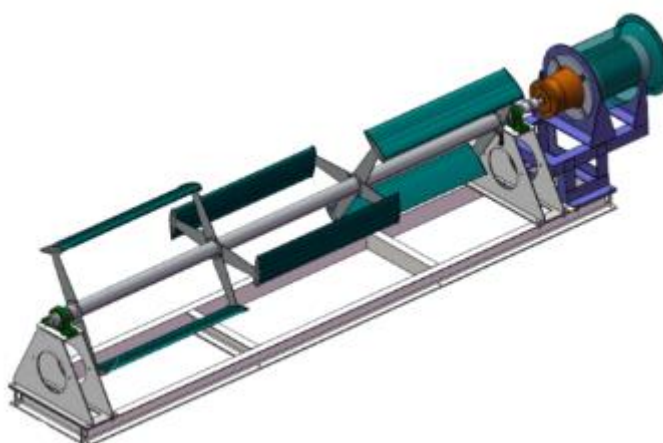


Рисунок 38 – Микро-ГЭС производства ООО «Деалан Энерго»



В качестве рабочего органа гидроагрегата применяем ортогональную турбину с аэродинамическим профилем лопасти. Безредукторный водопоргужной генератор, на редкоземельных магнитах, максимально эффективно преобразует вращение в электрическую энергию. Станции изготавливаются как для установки на дно водоема, так и с возможностью установки на понтон.

Выводы по разделу 3.

Таким образом, исходя из проведенного анализа существующих мероприятий предлагается для удаленных объектов использовать систему InfiniteFreeDom, основным источником электроэнергии является ветрогенератор, а источником тепла – тепловой насос и солнечные коллекторы.

Для установки на реках микроГЭС выбрали речную модель производства ООО «Деалан Энерго». Масштабирование данной модели позволяет получить мощную электростанцию до 100 кВт при скорости потока воды от 0,7 до 6 м/с.

## Заключение

В данной работе проведено исследование по теме «Разработка автоматизированной системы управления группой водяных насосов».

В первом разделе рассмотрена характеристика района Мургаба, численность населения которого составляет 16500 тысяч человек, он занимает площадь 37,265 км<sup>2</sup> большей частью в горной местности. Проведен анализ существующей системы, по результатам которого было решено:

- автоматизировать основную систему снабжения артезианской водой для оптимизации режима наполнения водонапорной башни и расхода воды;
- разработать систему наполнения водохранилищ сельскохозяйственного назначения с применением насосов для забора поверхностных вод;
- разработать автономную систему водоснабжения для горных пастбищ и других удаленных объектов.

Во втором разделе выполнена модернизация систем водоснабжения из артезианских скважин. При этом выполнены следующие работы:

- замена артезианских насосов на новые;
- разработаны две системы управления: модернизирована водонапорная башня и автоматизированы существующие артезианские скважины с ручными насосами, с их интеграцией в общую систему водоснабжения.
- разработано одно автоматизированное рабочее место оператора, с которого можно наблюдать, контролировать и при необходимости управлять насосными агрегатами.

Для водонапорной башни выбрали насос с учетом необходимого водопотребления чистой питьевой водой - 15 м<sup>3</sup>/час, и высотой подъема 100 метров – скважинный насос СПА 5-16-105 чл.



Для его управления применили устройство управления и защиты модели «Лоцман+L2-80» производства АО «ГМС Ливгидромаш» по условиям:

- мощность управляемых двигателей 10 кВт;
- номинальный ток 30А, пиковый кратковременный 60А;
- напряжение электродвигателя 380В;
- управление по сигналу от электроконтактного мановметра, что более надежно проявляет себя при низких (отрицательных) температурах воздуха;
- защиты от пониженного и повышенного напряжения, перегрузки, холостого хода насоса, обрыва фаз, перекоса фаз и другие защиты;
- функция плавного запуска.

При модернизации распределенных по городу небольших артезианских скважин произведена замена артезианских насосов на новые модели ЭЦВ 4-2,5-100 нрк, обеспечивающие подачу 2,5 м<sup>3</sup>/ч и напор 100 м. Для управления их работой применили систему дистанционного управления оборудованием артезианской скважины АС-01-GSM.

В третьем разделе спроектирована система забора воды на технические нужды из поверхностных водоемов, удовлетворяющая следующим требованиям:

- производительность насоса составляет 10 м<sup>3</sup>/ч;
- с трехфазным электрическим приводом;
- насос центробежного типа;
- поверхностный, сезонный, русловый;
- с автоматическим и дистанционным управлением;
- низконапорный.

Для управления насосом выбран шкаф управления поверхностными центробежными насосами, оснащенных асинхронными двигателями с КЗ ротором серии HSM Control L3-120-П-М-T2-IP54-УХЛ4. Контроль и

управление осуществляется с автоматизированного рабочего места диспетчерского управления (SCADA).

В четвертом разделе, исходя из проведенного анализа существующих мероприятий предлагается для удаленных объектов предложено использовать систему InfiniteFreeDom, основным источником электроэнергии является ветрогенератор, а источником тепла – тепловой насос и солнечные коллекторы. Управление системой осуществляет высокоинтеллектуальная автоматизированная система управления, являющаяся важнейшим элементом системы.

Для установки на реках микроГЭС выбрали речную модель производства ООО «Деалан Энерго». Масштабирование данной модели позволяет получить мощную электростанцию до 100 кВт при скорости потока воды от 0,7 до 6 м/с.

## Список используемых источников

1. Абдуназарова М.Р. Перспективы развития солнечной и ветряной энергетики в Таджикистане. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-solnechnoy-i-vetryanoy-energetiki-v-tadzhikistane> (дата обращения: 08.02.2024).
2. Артезианская скважина – основные характеристики [Электронный ресурс] : URL: <https://ekomarket.ru/obor2> (дата обращения: 01.04.2024).
3. Артезианские насосные станции [Электронный ресурс] : официальный сайт ООО «Аврора» URL: <https://avrora-arm.ru/produkcziya/nasosyi/vzlet/nasosnyie-stanczii/artezianskie-nasosnyie-stanczii.html> (дата обращения: 16.02.2024).
4. Гидроэнергетические ресурсы Таджикистана [Электронный ресурс] : официальный сайт Министерства энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. URL: [https://www.mewr.tj/?page\\_id=614](https://www.mewr.tj/?page_id=614) (дата обращения 21.01.2024)
5. ГЭС Памир–1 [Электронный ресурс] : URL: <https://energybase.ru/power-plant/hpp-pamir-1> (дата обращения: 12.01.2024).
6. Лутфуллоев Д.С. Автономная система электроснабжения системы подачи воды потребителям горных удаленных объектов. [Текст] // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы совершенствования научной деятельности: теоретический и практический аспект» (г. Оренбург, 17 марта 2024 г.). – Уфа: OMEGA SCIENCE, 2024. – с. 20-23
7. Лутфуллоев Д.С. Проблемы энергосбережения использования водяных насосов в жилищно-коммунальном хозяйстве [Текст] // Сборник статей V Всероссийская научно-практическая (с международным участием) конференция, посвященная празднованию 55-летия КГЭУ: «Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники»: матер. конф.

(Казань, 11–12 октября 2023 г.): в 2 т. / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: КГЭУ, 2023. – Т. 2. – с. 276-279

8. Минэнергопром: ветроэнергетикой в Таджикистане занимаются [Электронный ресурс] : URL: <https://asiaplustj.info/ru/news/tajikistan/economic/20120618/minenergoprom-vetroenergetikoi-v-tadzhikistane-zanimayutsya> (дата обращения: 14.01.2024).

9. Мургаб (река) [Электронный ресурс] : электронная энциклопедия «Академик» URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/344404> (дата обращения: 05.04.2024).

10. Мургаб, Таджикистан. Путеводитель, достопримечательности [Электронный ресурс] : официальный сайт туристического агентства «OrexCA». URL: <https://www.orexca.com/rus/tajikistan/murghab.htm> (дата обращения 20.01.2024)

11. Насос ЭЦВ 4-2,5-100 [Электронный ресурс] : официальный сайт ООО «Технопром» URL: <https://nasoscentr.ru/catalog/nasos-etsv-4-2-5-100.html> (дата обращения: 02.04.2024).

12. Насосная станция для орошения полей [Электронный ресурс] : официальный сайт компании «Единый центр мелиорации» URL: <https://ecm26.ru/articles/nasosnye-stanczii-dlya-orosheniya-polej/> (дата обращения: 04.04.2024).

13. Петров Г.Н. Энергетические проекты Таджикистана. Прошлое, настоящее и будущее [Электронный ресурс] : URL: [https://www.researchgate.net/publication/334679952\\_Petrov\\_G\\_N\\_Energeticeskie\\_proekty\\_Tadzikistana\\_Prosloe\\_nastoasee\\_i\\_budusee](https://www.researchgate.net/publication/334679952_Petrov_G_N_Energeticeskie_proekty_Tadzikistana_Prosloe_nastoasee_i_budusee) (дата обращения: 27.03.2024).

14. Пленкова А.С. Диспетчеризация водоснабжения города [Электронный ресурс] : Информационный портал «Автоматизация и производство» URL: [https://aip.com.ru/article/dispatchirizatsiya\\_vodosnabjeniya](https://aip.com.ru/article/dispatchirizatsiya_vodosnabjeniya) (дата обращения: 02.02.2024).

15. Постановление Правительства Республики Таджикистан от 30.12.2015 №791 «Программа реформы водного сектора Таджикистана на период 2016...2025 годы» [Электронный ресурс] : URL: [http://www.adlia.tj/show\\_doc.fwx?Rgn=126214](http://www.adlia.tj/show_doc.fwx?Rgn=126214) (дата обращения: 12.01.2024).

16. Преимущества диспетчеризации инженерных систем в компании «Город» [Электронный ресурс] : информационный ресурс «AktaVest» URL: <https://aktavest.ru/informacziya-ob-uslugah/preimushhestva-dispetcherizaczii-inzhenernyh-sistem-v-kompanii-gorod/> (дата обращения: 07.04.2024).

17. Руководство по программированию Лоцман+L2 [Электронный ресурс] : URL: <https://ufk-techno.ru/new80.htm> (дата обращения: 27.03.2024).

18. Руководство по эксплуатации «Агрегаты электронасосные центробежные скважинные типа СПА» [Электронный ресурс] : URL: <https://nasoscentr.ru/upload/uf/e43/0p7fndp4xtelaajb79c8e9sqm9v1ht7z/%D0%A0B8%D0%BF%D0%B0%20%D0%A1%D0%9F%D0%90.pdf> (дата обращения: 26.03.2024).

19. Система дистанционного управления оборудованием артезианской скважины AC-01-GSM [Электронный ресурс] : официальный сайт НПФ «Радиоавтоматика» URL: [http://www.radioavt.ru/asu\\_as\\_01\\_gsm.htm](http://www.radioavt.ru/asu_as_01_gsm.htm) (дата обращения: 02.04.2024).

20. Система управления погружными насосами СУПТ [Электронный ресурс] : официальный сайт ООО НПП «Электропром» URL: <https://elektroprom.com/images/documents/Bukletik.pdf> (дата обращения: 14.02.2024).

21. Скважинный насос СПА 5-16-105 чл [Электронный ресурс] : официальный сайт ООО «Насос-Центр» URL: <https://nasoscentr.ru/catalog/spa-5-16-105-chl.html> (дата обращения: 17.02.2024).

22. Станции управления и защиты насосного оборудования [Электронный ресурс] : информационный ресурс «ГМС» URL:

[https://hms.ru/upload/iblock/3ee/d43dc29ubb1ne3ggzfgnbsd0ip3p5i0t/HMS\\_Control.pdf](https://hms.ru/upload/iblock/3ee/d43dc29ubb1ne3ggzfgnbsd0ip3p5i0t/HMS_Control.pdf) (дата обращения: 07.04.2024).

23. Таджикистан: углубленный обзор инвестиционного климата и структуры рынка в энергетическом секторе [Электронный ресурс] : URL: [https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/ICMS/ICMS-Tajikistan\\_2010\\_ru.pdf](https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/ICMS/ICMS-Tajikistan_2010_ru.pdf) (дата обращения: 12.01.2024).

24. Технологическая схема забора воды из водоема на полив [Электронный ресурс] : информационный ресурс «Теплосервис» URL: <https://tssib.ru/blog/tekhnologicheskaya-skHEMA-zabora-vody-iz-vodoyoma-na-poliv/> (дата обращения: 05.04.2024).

25. Управление насосами артезианских скважин и станции водозабора ООО «Белгородсолод», город Белгород [Электронный ресурс] : URL: [http://kip57.ru/upload/material/productions/oven\\_primer/%D0%9F%D1%80%D0%B8%20%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B5.pdf](http://kip57.ru/upload/material/productions/oven_primer/%D0%9F%D1%80%D0%B8%20%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B5.pdf) (дата обращения: 03.02.2024).

26. Устройство управления и защиты модели L2 производства АО «ГМС Ливгидромаш» [Электронный ресурс] : URL: [https://www.hms-livgidromash.ru/upload/iblock/ac9/l2\\_programming-manual\\_v1.4.pdf](https://www.hms-livgidromash.ru/upload/iblock/ac9/l2_programming-manual_v1.4.pdf) (дата обращения: 27.03.2024).

27. Шарипов Б.А., Холиков Д.У., Алимардонов А.Б. Солнечная энергетика в Таджикистане. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/solnechnaya-energetika-v-tadzhikistane> (дата обращения: 08.02.2024).

28. Энергия солнца: кому и зачем она нужна в Таджикистане [Электронный ресурс] : URL: <https://vecherka.tj/archives/49822> (дата обращения: 12.01.2024).

29. Emotron MSF 2.0 Softstarter [Electronic resource] : URL: [https://www.emotron.nl/globalassets/downloads/products/softstarters/emotron-msf/emotron-msf-2.0-instruction-manual--earlier-version/emotron\\_msf2-0\\_instruction\\_manual\\_01-4135-03\\_r1.nl.pdf](https://www.emotron.nl/globalassets/downloads/products/softstarters/emotron-msf/emotron-msf-2.0-instruction-manual--earlier-version/emotron_msf2-0_instruction_manual_01-4135-03_r1.nl.pdf) (дата обращения: 18.04.2024).

30. Enel Green Power connects over 1 GW of new solar capacity to Mexican grid [Electronic resource] : URL: <https://www.enelgreenpower.com/media/press/2018/09/enel-green-power-connects-over-1-gw-of-new-solar-capacity-to-mexican-grid> (дата обращения: 14.04.2024).

31. GSM/GPRS модем ОВЕН ПМО1 [Электронный ресурс] : официальный сайт ПКФ «ОВЕН» URL: <https://owen.ru/product/pm01> (дата обращения: 13.02.2024).

32. IFD – бесконечная свобода [Электронный ресурс] : URL: [https://www.krasnoeozero.ru/images/docs/InfiniteFreeDom\\_press.pdf](https://www.krasnoeozero.ru/images/docs/InfiniteFreeDom_press.pdf) (дата обращения: 07.04.2024).

33. Micro Hydro Power (MHP) Plants [Electronic resource] : Information resource «EnergyPedia» URL: [https://energypedia.info/wiki/Micro\\_Hydro\\_Power\\_\(MHP\)\\_Plants](https://energypedia.info/wiki/Micro_Hydro_Power_(MHP)_Plants) (дата обращения: 08.04.2024).

34. U.S. Agency for International Development (USAID) [Electronic resource] : URL: <https://www.usa.gov/agencies/u-s-agency-for-international-development> (дата обращения: 10.04.2024).

35. What is SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) [Electronic resource] : URL: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/SCADA-supervisory-control-and-data-acquisition> (дата обращения: 08.04.2024).