

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

Институт энергетики и электротехники  
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»  
(наименование кафедры)

13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
(код и наименование направления подготовки)

Техническое и информационное обеспечение интеллектуальных систем  
электроснабжения  
(направленность (профиль))

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Разработка автоматизированной системы управления  
водоснабжением в сельской местности

Студент	<u>А.М. Мазитова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Научный руководитель	<u>В.И. Платов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Руководитель программы д.т.н., профессор В.В. Вахнина \_\_\_\_\_  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ Г.

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина \_\_\_\_\_  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ Г.

Тольятти 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Анализ информации о сельских системах водоснабжения .....	5
1.1 Задачи сельского водоснабжения.....	5
1.2 Основные источники воды для села .....	5
1.3. Традиционные способы подъема воды в малых хозяйствах .....	7
1.4 Глубинные водяные насосы для централизованного водоснабжения.....	17
1.4.1 Погружные насосы центробежного типа .....	19
1.4.2. Шнековые глубинные насосы.....	20
1.4.3. Глубинные насосы винтового типа.....	21
1.4.4 Штанговые глубинные насосы .....	21
Выводы по 1 разделу .....	23
2 Разработка предложений по совершенствованию электрооборудования системы водоснабжения.....	24
2.1. Существующая система электроснабжения скважин и ее проблемы.....	24
2.1.1 Проблемы системы электроснабжения скважин .....	25
2.1.2 Пути решения проблем электроснабжения скважин .....	30
2.2 Модернизация оборудования водонапорных башен.....	49
Выводы по 2 разделу: .....	54
3 Разработка автоматизированной системы управления системой водоснабжения.....	55
3.1 Расчет электрических нагрузок системы электроснабжения .....	55
3.2. Разработка предложений по автоматизированному управлению системой сельского водоснабжения.....	59
3.2.1 Автоматизация управления насосами.....	59
3.2.2 Особенность передачи информации по радиоканалу .....	59
3.2.3 Дистанционное включение и отключение питания скважины .....	60
3.2.4 Схема контроля наличия всех фаз.....	62
3.3 Применение автоматизированной насосной станции .....	64
Выводы по 3 разделу: .....	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	67
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	68

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в нашей стране наметилась тенденция быстрого подъема сельского хозяйства [1]. Уже достигнуты большие успехи в производстве сельхозпродукции, снижении ее себестоимости при обеспечении требуемого качества. Важную роль в этом деле играет обеспечение агропромышленных предприятий и личных хозяйств селян водой. Таким образом, тема исследований путей и методов эффективного водоснабжения сельской местности является актуальной.

Целью исследований является разработка автоматизированной системы управления водоснабжением, качественно отличающейся от большинства существующих морально устаревших систем с ручным управлением, унаследованных с доперестроечных времен.

Практическая значимость работы состоит в том, что в селах и деревнях с внедрением автоматизированной системы водоснабжения отпадет необходимость добывать воду из колонок, колодцев или вручную использовать воду открытых водоемов. Также не будет необходимости в ручном управлении насосами, которое предполагает собой непрерывную работу операторов и систематический обход ими скважин вне зависимости от погодных условий.

Новизна исследований заключается в разработанной автоматизированной системе водоснабжения, которая позволит повысить уровень удобств для сельчан. Эффективность работы данной системы водоснабжения заключается в обеспечении устойчивого гидравлического режима подачи воды. При этом повышается качество регулирования водоснабжения, поддерживается в системе требуемое давление у потребителя, экономятся энергоресурсы.

Для достижения этой цели нужно решить три последовательные задачи. Сначала необходимо собрать информацию о реальных сельских системах водоснабжения [35] и определить перечень проблем, нуждающихся

в решении. Далее, на основе полученной информации, требуется определить направления и способы совершенствования сельских систем водоснабжения. Финальным этапом исследований будет формулировка концепции автоматизированного управления системой водоснабжения, разработка алгоритма функционирования данной системы и технических предложений по построению соответствующих технических средств.

## **1 Анализ информации о сельских системах водоснабжения**

### **1.1 Задачи сельского водоснабжения**

Потребление воды имеет три аспекта. Первый и главный – хозяйственные нужды населения – питье, приготовление еды, стирка, уборка и тому подобное, включая полив газонов. Второй аспект – потребление воды промышленными и сельскохозяйственными предприятиями, объектами коммунально-бытовой сферы и транспортом. И, наконец, вода нужна для профилактики и тушения пожаров [20].

Вода бывает питьевой и технической. Их параметры определены ГОСТом [6] и поэтому должны контролироваться. Вода, предназначенная для потребления населением, проходит обязательный контроль и, при необходимости, водоподготовку [7]. Техническая вода тоже проходит подготовку в соответствии со способом ее использования. Например, применение воды для выработки пара требует максимально возможного обессоливания, потому что в противном случае внутренняя поверхность котлов и труб покроется накипью. Вода, используемая в сельском хозяйстве, нуждается в нормализации микробиологического состава и ряда других параметров

В большинстве сел и деревень вода для бытовых и хозяйственных нужд добывается из скважин [4]. Если такой возможности нет или подземные запасы воды недостаточны, используют воду открытых водоемов. Это сложнее и дороже из-за более сложных процессов нормализации ее минерального и микробиологического состава. Обычно в качестве питьевой используется вода из артезианских скважин, а для полива и тушения пожаров – из открытых источников. Рассмотрим их более подробно.

### **1.2 Основные источники воды для села**

Ближе всего к поверхности находятся почвенные воды. Они в наибольшей степени загрязнены и годятся лишь для самых простых хозяйственных нужд.

Грунтовые воды залегают несколько ниже и образуют так называемый водоносный горизонт. Они также не могут считаться чистыми из-за близости к поверхности.

Межпластовые воды находятся между двумя пластами глины и располагаются глубже. Они значительно чище и в некоторых случаях находятся под достаточным давлением, чтобы выходить на поверхность.

Артезианские воды располагаются между пластами плотной породы на глубине от 100 до 1000 метров. При подходящих формах рельефа могут фонтанировать. Как правило, очень чистые. Считаются важнейшим полезным ископаемым и именно из них обычно происходит выкачивание воды для потребления населением.

Все подземные воды подвержены сильным сезонным колебаниям как в количественном, так и в качественном плане. Весной их уровень максимален, но максимально и загрязнение. Летом и осенью уровень понижается и в ряде случаев может возникнуть дефицит воды. Это необходимо учитывать при проектировании [22] системы сельского водоснабжения.

Для полива и других хозяйственных целей вполне целесообразно использовать воду рек и озер. В ряде случаев она даже предпочтительнее воды подземных источников, однако, имеет специфические особенности.

По своему дебиту средние и крупные реки [5] могут удовлетворить потребности в воде большинства обычных объектов водоснабжения. При выборе реки в качестве источника водоснабжения необходимо учитывать сезонные колебания ее расхода с тем, чтобы возможность получения требуемых количеств воды была обеспечена и в период наименьшего расхода воды в реке. Совершенно очевидно, что водоснабжение [29] не может быть основано на реках, периодически пересыхающих или полностью промерзающих в зимнее время (без устройства на них соответствующих водохранилищ).

Характерными качествами речной воды являются относительно большая мутность (особенно в период паводков), высокое содержание

органических веществ, бактерий, часто значительная цветность. Наряду с этим речная вода характеризуется обычно относительно малым содержанием минеральных солей [12] и, в частности, относительно небольшой жесткостью. Вода озер обычно отличается весьма малым содержанием взвешенных веществ (т. е. малой мутностью или, иначе, большой прозрачностью), кроме прибрежной зоны, где мутность воды увеличивается в результате волнения.

Степень минерализации озерной воды весьма различна. Поверхностные источники характеризуются значительными колебаниями качества воды [10] и количества загрязнений в отдельные периоды года. Качество воды рек и озер в большой степени зависит от интенсивности выпадения атмосферных осадков, таяния снегов, а также от загрязнения ее поверхностными стоками и сточными водами [34] городов и промышленных предприятий.

Сезонные колебания качества речной воды нередко бывают весьма резкими. В период паводка, как указывалось, сильно возрастает мутность и бактериальная загрязненность воды, но обычно снижается ее жесткость.

### **1.3 Традиционные способы подъема воды в малых хозяйствах**

Организация сельского водоснабжения в значительной степени зависит от размеров населенного пункта [3]. Для отдельного хутора, состоящего из нескольких домов, может оказаться экономически оправданным использование ручного способа, как в традиционной российской деревне 100 лет назад, однако в 21 веке даже в малых хозяйствах и на дачах все-таки существует некоторая автоматизация.

Для подъема воды из деревенского колодца достаточно мускульной силы человека. При этом обычно применяются два вспомогательных устройства [15]. Первое называется ворот, второе – журавль. Ворот представляет собой отрезок бревна, к которому прикреплена цепь и рукоятка. Он используется при значительной глубине колодца. Если вода близко, то

используют журавль – жердь с противовесом. Оба варианта изображены на рисунке 1.1



Рисунок 1.1 □ Приспособления для подъема воды

Вместо описанных ручных приспособлений часто применяются электрические поверхностные и погружные насосы. Их можно встретить у жителей деревень, дачников и на малых фермах.



Рисунок 1.2– Ручной насос

Промышленность выпускает три типа насосов для малых хозяйств водяные, дренажные и фекальные [13]. Для водоснабжения применяются водяные, то есть предназначенные для перекачки чистой воды без примесей. Если вода грязная, то используют дренажные насосы. В некоторых случаях,



например для полива, такие насосы тоже могут иметь место в системе водоснабжения.

Назначение фекальных насосов [16] понятно из названия и с точки зрения системы водоснабжения они не интересны. Водяные насосы, используемые в малых хозяйствах [19], представлены тремя типами центробежными, вихревыми и вибрационными.

Насос каждого типа исполнения имеет индивидуальные особенности в конструкции, одинаковым остается принцип работы насосов. При запуске двигателя в насосе создается вакуум. Из-за низкого давления вода в камеру всасывается вода, затем она проходит к выпускному патрубку и под давлением выходит в трубу или шланг. С какой силой выдавливается вода определяется давлением. Давление должно быть настолько высоким, чтобы было достаточно для преодоления гидравлического сопротивления.

Центробежные насосы [21] применяются как в производстве, так и в быту. Схема работы центробежного насоса показана на рисунке 1.3.

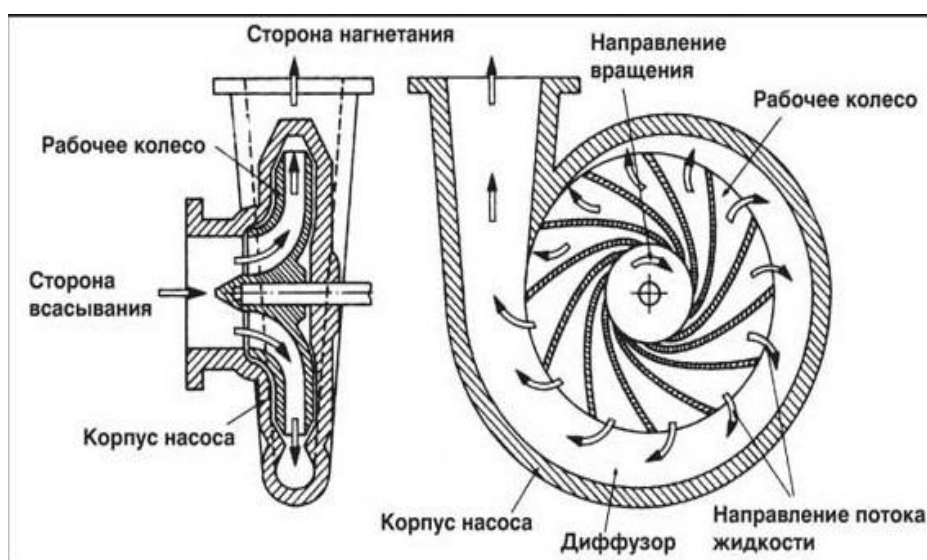


Рисунок 1.3– Конструкция центробежного насоса

Принцип работы заключается в том, что в создании внутри центробежной силы при помощи которой вода начнет свое движение, создается давление, произойдет напор.

Колеса с лопостями двигаясь по окружности засасывают воду прижимая к стенке далее выталкивают в выпускное. Колеса лопатки корпус, изготовлены из прочных материалов, которые имеют повышенную стойкость к стиранию. В расчете прочности заложено что данные насосы будут работать непрерывно. Для быстрого и своевременного обслуживания в конструкцию заложено что бы обслуживание было легким и технологичным.

Самое главное преимущество центробежного насоса является долговечность надежность и коэффициент полезного действия, безотказность. За приемлемую цену можно оснастить необходимый насос автоматикой. Как и большинство других устройств, электронасосы имеют некие недостатки. Например, для включения прибора в корпус необходимо залить воды, потому что из-за малой силы центробежной вода не всасывается впускной патрубком. Когда попадет воздух в входной патрубок электронасос даже может перестать вращаться. Помимо этого, при нестабильном напряжении это может сказаться на подаче воды, будет меняться давление и вообще работа будет не стабильной.

Вихревые насосы рисунок 1.4. являются разновидностью лопастных насосов. Рабочее колесо вихревых насосов представляет собой массивный стальной диск с фрезерованными по окружности пазами, образующими прямолинейные короткие лопатки. Всасывающий и напорные патрубки насоса обычно расположены в верхней части корпуса, что обеспечивает последующее самовсасывание насоса после одноразового залива при первоначальном пуске насоса.

Внутри корпуса концентрично к оси вала насоса расположен отливной канал, идущий по направлению вращения от входного до напорного патрубка. Между всасывающим и напорным патрубками расположена перемычка, подходящая к рабочему колесу с минимальным зазором (0,15-0,2 мм) и перекрывающая не менее 2-х лопаток рабочего колеса. Перемычка отделяет всасывающую полость от напорной.

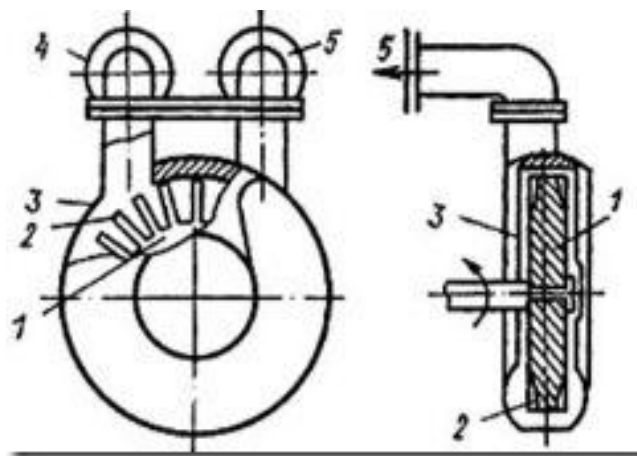


Рисунок 1.4– Схема устройства и работы вихревого насоса

- 1) рабочее колесо; 2) лопатка; 3) корпус; 4) всасывающий патрубок  
5) напорный патрубок

Принцип действия вихревых насосов подобно центробежным основан на использовании центробежной силы, возникающей при вращении рабочего колеса. Однако в их работе имеются и некоторые особенности. При вращении рабочего колеса насоса некоторый объем жидкости из всасывающего трубопровода поступает в пазы рабочего колеса и движется от периферии к центру, то есть иначе, чем в центробежных насосах. Затем этот объем жидкости под воздействием центробежной силы начинает двигаться вдоль лопатки, от центра к периферии насоса, и, получив скоростную энергию, отбрасывается в отливной канал. В канале скоростная энергия объема жидкости переходит в энергию давления. Под действием давления и подсосывающего действия лопаток колеса этот объем жидкости снова попадает на лопатки, и цикл повторяется. Таким образом, за полный оборот рабочего колеса указанный цикл повторяется многократно, причем каждый раз происходит приращение энергии и, следовательно, напора. Благодаря этому вихревой насос развивает напор, в 2-4 раза больший, чем центробежный насос с таким же диаметром рабочего колеса.

Недостатки этих насосов: сравнительно невысокий КПД (20-50 %) и быстрый износ зазора при подъеме воды, содержащей песок. Поскольку минимальный зазор между рабочим колесом и корпусом, как уже говорилось,

не должен превышать 0,15-0,2 мм, вихревые насосы предназначены для перекачки жидкостей, не содержащих абразивных примесей.

Вихревые насосы выпускаются производительностью от 8 до 60 м<sup>3</sup>/ч с напором от 25 до 250 метров. Выпускаются также комбинированные насосы, в которых в одном корпусе размещаются колеса центробежного и вихревого типов. Эти насосы отличаются лучшим кпд.

При небольшом хозяйстве, можно склонить выбор к вибрационному электронасосу [17]. Для небольшого хозяйства можно выбрать электрический водяной насос вибрационного типа. Работа такого насоса основана на воздействии электромагнитного поля, которое создается катушкой, она тянет за собой сердечник с изгибающейся диафрагмой. Резиновая диафрагма стягивая создает разрежение, другими словами низкое давление, за счет которого вода всасывается в гидравлическую камеру. В момент когда диафрагма возвращается в исходное положение, давление нагнетается и в работу включается клапан, перекрывает впускное отверстие, из-за этого вода выходит из выходного патрубка. Благодаря непрерывному передвижению диафрагмы, обеспечивается бесперебойная перекачка воды. Для полива и орошения растений обычно используют электронасосы вибрационного типа. Данные электронасосы обычно устанавливают в системы автономного водоснабжения. Большим плюсом данной конструкции является возможность перекачивать грязную воду, благодаря этому можно применять их при откачивании воды из колодцев, а так же скважин для очистки. Во время работы с грязной водой производительность электронасосов снижается, за то данные электронасосы хорошо справляются с очисткой дна гидротехнических сооружений [11]. Так же есть один плюс конструкции – относительно не большая стоимость простота и надежность. Надежность устройства обеспечивается конструкцией, в которой нет вращающихся и трущихся деталей. Если же отверстие (лунка) скважины относительно велика, в таком случае возможно установить вибрационный электронасос, изначально надев на него кольца (резиновые) для уменьшения вибрации.

У данного типа насосов есть как плюсы, так и минусы которых не мало. Во время работы частенько происходят сбои в случае скачков напряжения в сети. Если счастливый обладатель изъявит желание установить такой вид электронасоса дома, сначала придется установить стабилизатор напряжения. Данный вид электронасосов успешно применяют для перекачивания воды из колодцев, их не рекомендуют устанавливать в сами скважины, маленького диаметра, не глядя на простоту монтажа. Большая вибрация отрицательно сказывается на самой конструкции колонны, и рано или поздно электронасос либо выйдет из строя сам, или разрушит эксплуатационную трубу рисунок 1.5.

Конструкция вибронасоса довольно таки простая, несколько основных элементов, отвечающих за специфику работы.

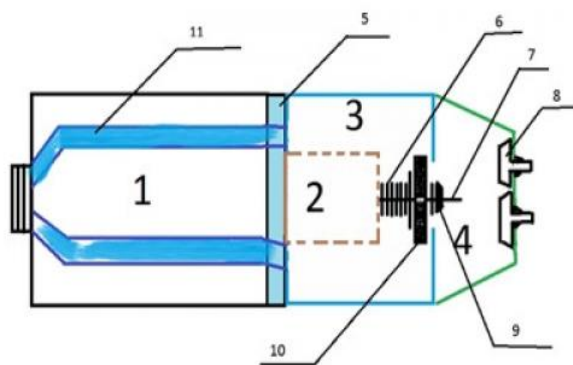


Рисунок 1.5– Вибрационный насос

1. Силовой элемент насоса. Представляет собой электромагнит, который состоит из П-образного сердечника. Сердечник магнита набран из пластин электротехнической стали и намотан обмоткой, с покрытием изолирующим лаком. Сердечник залит эпоксидной смолой с кварцевым песком и находится в силовой части насоса. Магнит фиксируется смолой, которая к тому же изолирует обмотки, препятствуя их соприкосновению с водой, песок же необходим для улучшения отвода тепла.
2. Вибратор состоит из второй части магнита П-образной формы, на котором закреплен шток. С обратной стороны штока закреплен амортизатор –

резиновая шайба. От качества амортизатора зависит производительность и экономичность всего агрегата. За амортизатором находится пластиковая дистанционная муфта, опирающаяся на него, данная муфта изолирует камеру насоса, в которую набирается вода, от электрической части. Внутри муфты находится диафрагма, которая направляет и фиксирует шток.

3. Нагнетающая камера для воды, которая в дальнейшем выдавливается из этой камеры в трубопровод по каналам 11.
4. Всасывающая камера. Сюда поступает вода из источника.
5. Амортизатор, который иногда бывает защищен металлическим кольцом.
6. Шайбы. Если добавлять и уменьшать количество шайб, можно регулировать ход поршня, а соответственно и производительность.
7. Шток. Бывают модели вибрационных насосов, в которых шток чуть длиннее и выступает во всасывающую камеру. В этой камере внутри отлиты ушки в виде направляющего кольца, по которому ходит шток. Такая конструкция несколько увеличивает производительность насоса, так как движение штока ограничено и его смещения в поперечном направлении сведены к минимуму.
8. Обратные клапаны. В данном случае представляют собой резиновые вставки-грибки. Через обратный клапан вода поступает внутрь всасывающей камеры, но не выходит обратно, так как при сдавливании поршнем клапан закрывается. Очень важно, чтобы обратный клапан был эластичен и в хорошем состоянии, так как в противном случае или при загрязнении мусором он не будет плотно закрываться при сдавливании поршнем, и часть воды будет уходить обратно в источник.
9. Гайка, закрепляющая и фиксирующая поршень.
10. Резиновый поршень является самой главной рабочей деталью, чаще всего выходящей из строя. Грязная вода его быстро разрушает.
11. Каналы для отвода воды в трубопровод. При повышении давления в нагнетающей камере вода выдавливается по каналам в трубопровод.

Из всех деталей износу подлежит резиновый поршень и обратные клапаны, если вода грязная. Остальные элементы и детали достаточно долговечны, хотя излишние вибрации могут значительно ускорить выход их из строя.

Вибрационный насос работает за счет изменения давления в нагнетающей камере насоса. Подсос воды во всасывающую камеру обеспечивается возвратно-поступательными движениями резиновой диафрагмы/поршня.

Если рассматривать более детально, то выглядит это примерно так. Когда агрегат включается в электрическую сеть, на обмотку катушки подается ток и вокруг образуется магнитное поле. В результате катушка П-образного сердечника (1) намагничивается и притягивает к себе вибратор (2) – катушку, находящуюся в нагнетающей камере.

В результате этого резиновый поршень/диафрагма (10) через шток (7) изгибается внутрь и подтягивается ближе к нагнетающей камере, поэтому во всасывающей камере (4) создается разрежение, давление уменьшается. Пространство всасывающей камеры заполняется водой, которая подсасывается через обратные клапаны (8) из источника.

Сама суть переменного тока такова, что на некоторое мгновение намагничивание исчезает, шток (7) отбрасывается обратно с помощью амортизатора (5). Поршень начинает давить на воду, находящуюся внутри всасывающей камеры, там повышается давление. Так как обратные клапаны (8) закрыты давлением воды, ей не остается ничего другого, как устремляться в нагнетающую камеру (3).

Когда намагничивание снова появляется и шток оттягивается назад вместе с поршнем, в нагнетающей камере повышается давление и вода вытесняется по каналам (11) к трубопроводу. В это же самое время во всасывающей камере происходит разрежение и нагнетание воды из источника.

Такие такты – намагничивание/размагничивание – происходят с частотой 100 раз в секунду. Возвратно-поступательные движения штока, по

сути, являются вибрациями, за что данный вид насосов получил название «вибрационный».

Характеристики некоторых водяных насосов, используемых в малых хозяйствах, приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1– Характеристики водяных насосов для частных хозяйств

Марка насоса	Мощность (Вт)	Диаметр (мм)	Подача (л/час)	Напор (м)	Кабель (м)	Вес (кг)	Цена (руб)
Aquario ASP	460	102	1000	40	20	7.5	4100
Belamos SP	800	96	2000	90	20	–	4200
Водолей	400	100	1800	27	16	8.0	5150
Поток	370	–	1500	55	16	11.6	5500
Водомёт	460	98	3300	35	10	–	5900
Торнадо	550	75	3300	50	16	–	6000
Каскад	250	75	2700	42	16	7.0	6300
Flux	800	98	6000	43	20	10.3	6000
Водолей БЦПЭ	690	105	1800	25	25	9.6	6000
Belamos TF	700	102	5000	40	20	13.0	6100
Tornado QX	750	75	3300	65	20	–	6600
Водомёт ПРОФ.	460	98	3300	35	10	7.3	6900
Каскад 3SDM	370	75	2700	59	–	8.0	7000
Поток 4-1.2	750	–	1500	120	–	14.0	7000
Тайфун	1000	102	5000	65	35	16.2	7100
Aquario ASP 1	550	85	2800	67	–	–	8000
Aquario ASP 3	1100	85	4000	90	–	–	8500



## 1.4 Глубинные водяные насосы для централизованного водоснабжения

Для централизованного водоснабжения [14] крупных сел, как правило, используются артезианские скважины глубиной более 100 м.

Подъем воды с большой глубины осуществляется специальными насосами. Такой насос объединяет в едином блоке электродвигатель и винт. Двигатель имеет выраженные конструктивные особенности.

Во-первых, это всегда асинхронный двигатель с одной парой полюсов, потому что он должен быть высокооборотным для эффективной работы винта.

Во-вторых, из-за особых условий эксплуатации, он должен быть малогабаритным, поэтому используются достаточно короткие обмотки статора, охлаждаемые водой. В связи с этим, для недопущения включения в отсутствие воды, в двигателе имеется датчик сухого хода – контакт, контролирующий сопротивление относительно земли. Мощность таких насосов [32] от десятков до сотен киловатт. На рисунке 1.6 изображено устройство скважинного насоса.

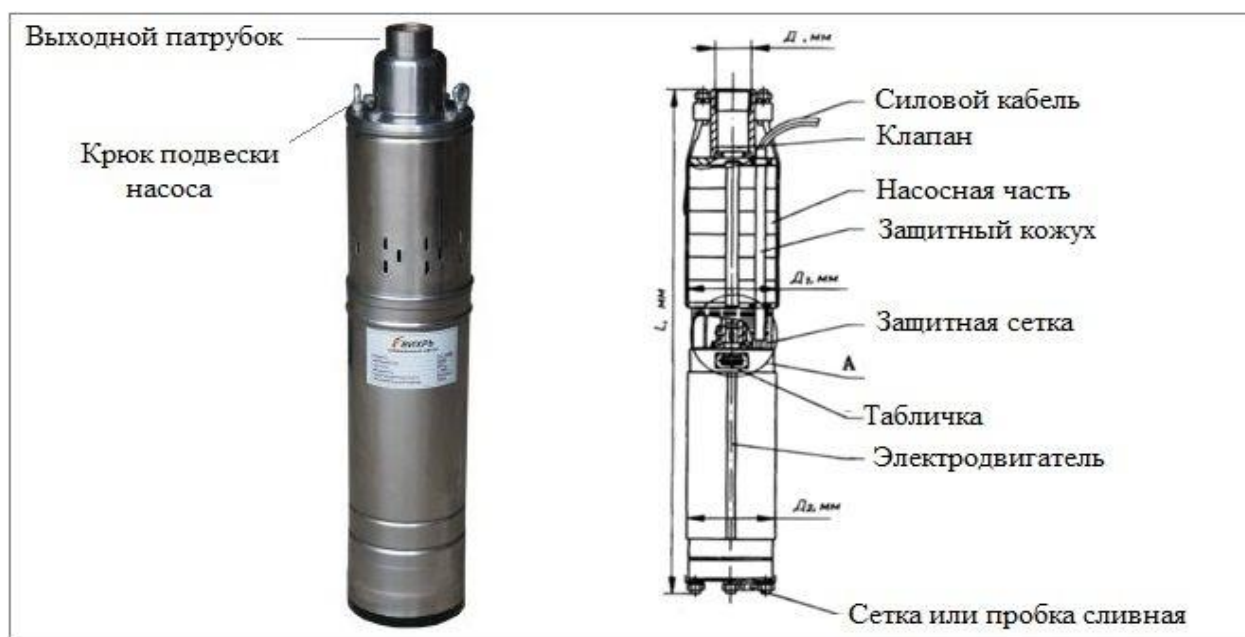


Рисунок 1.6 – Устройство скважинного насоса

Скважинные насосы состоят из двух основных частей:

- приводного электродвигателя, который может быть как встроенным, так и наружным;
- насосной части, которая, как правило, имеет многоступенчатое конструктивное исполнение.

В том случае, если скважинный насос оснащается встроенным приводным электродвигателем [11], его корпус должен быть абсолютно герметичным, чтобы надежно защищать электрическую часть от попадания в нее перекачиваемой жидкости.

Учитывая трудоемкость извлечения насоса в случае поломки, применяется различная автоматика, блокирующая включение при некондиционном напряжении, частоте и других параметрах сети.

Насосы данного типа, которые способны откачивать жидкие среды с очень значительной глубины, превышающей 100 метров, используются для оснащения подземных скважин промышленного назначения, а также для скважин, питающих водой сразу несколько систем водоснабжения.

Современная промышленность выпускает различные по конструкции и принципу действия глубинные насосы для скважин [18]. На выбор глубинного насоса определенного типа оказывают влияние как конкретные условия его эксплуатации, так и характеристики жидкой среды, которую предстоит откачивать с помощью такого устройства.

Корпус глубинных погружных насосов, как следует из их названия, полностью находится в толще перекачиваемой жидкой среды, а с поверхностью такой насос соединяется электрическим кабелем, обеспечивающим работу приводного электродвигателя, и трубой, по которой транспортируется откачиваемая из скважины или колодца жидкость.

В стандартную комплектацию большинства моделей погружных (глубинных) насосов, как правило, входят приводной электродвигатель и встроенный фильтр, защищающий такое устройство от попадания в его внутреннюю часть твердых включений, содержащихся в составе перекачиваемой жидкой среды. Всасывание жидкой среды при помощи

гидромашин данного типа может осуществляться через их нижнюю или верхнюю часть. В первом случае использование глубинного насоса позволяет качественно отфильтровать перекачиваемую жидкость от содержащихся в ее составе нерастворимых твердых включений.

По своему конструктивному исполнению и принципу действия глубинные насосы для скважины делятся на:

1. центробежные насосы;
2. устройства шнекового типа;
3. винтовые насосы;
4. насосные устройства штангового типа.

#### **1.4.1 Погружные насосы центробежного типа**

Электронасосы центробежного типа относятся к наиболее популярным устройствам, используемым для откачивания жидкой среды из подземных источников. Принцип работы таких устройств, которые могут эксплуатироваться в круглогодичном режиме, основан на том, что на жидкую среду, находящуюся в их внутренней камере и перемещающуюся в ней вместе с лопатками рабочего колеса, действует центробежная сила. Эта сила и выталкивает жидкость в напорную магистраль. При этом в центральной части рабочей камеры создается разрежение воздуха, что способствует всасыванию в нее новой порции перекачиваемой жидкой среды через входной патрубок.



Среди наиболее значимых достоинств, которыми обладают насосы глубинные центробежного типа рисунок 1.7, следует отметить их высокую производительность, создаваемый ими хороший напор перекачиваемой среды, а также универсальность использования, которая делает обширной сферу их применения.

#### 1.4.2 Шнековые глубинные насосы

Основным рабочим органом глубинных насосов шнекового типа, которые относятся к устройствам специализированного назначения, является шнек. Этот элемент и обеспечивает перекачивание жидкой среды, а также ее дальнейшую транспортировку по трубопроводной системе. Используют гидромашины данного типа преимущественно для того, чтобы перекачивать с их помощью жидкие среды, в составе которых содержится большое количество посторонних примесей.

### 1.4.3 Глубинные насосы винтового типа

Наиболее значимым преимуществом применения винтовых глубинных насосов является то, что даже при небольшом количестве жидкости в обслуживаемой ими скважине они способны создавать поток жидкой среды, характеризующийся хорошим напором. Перекачивание жидкой среды при использовании такого насосного оборудования осуществляется за счет вращения рабочего колеса, оснащенного большим количеством лопастей.



Рисунок 1.8– Винтовое устройство с верхним забором воды

Выбирая для скважины глубинные насосы винтового типа рисунок 1.8, следует иметь в виду, что эффективно работать они могут лишь в том случае, если перекачиваемая ими жидкая среда содержит очень незначительное количество нерастворимых примесей.

### 1.4.4 Штанговые глубинные насосы

Основными элементами конструкции штанговых глубинных насосов являются неподвижный цилиндр и плунжер, совершающий в процессе работы гидромашины возвратно-поступательные движения. Двигаясь во внутренней части цилиндра вверх, плунжер засасывает жидкую среду из скважины, а опускаясь, способствует ее подаче в напорную магистраль. Для приведения в движение плунжера используется специальный механизм (качалка), который соединен с ним специальными штангами.



Рисунок 1.9– Устройство штанговых скважинных насосов

Скважинные насосы рисунок 1.9 штангового типа, которые отличаются достаточно большими габаритами, практически не используются в быту, при помощи таких устройств осуществляется добыча нефти из подземных скважин значительной глубины.

С точки зрения электропитания нас интересует мощность и рабочее напряжение водяных насосов, используемых в сельском хозяйстве. Рассмотрим параметры типовых образцов, приведенные в таблице 1.2.

Таблица 1.2– Характеристики типовых образцов водяных насосов

B-NM	NM	P <sub>2</sub>		Q m <sup>3</sup> /h l/min	H m															
		kW	HP		15	16,8	18,9	21	24	27	30	33	37,8	39	42	45	48	54		
B-NM 40/12F	NM 40/12F/A	1,1	1,5	14	13,5	13	12	11	9,5	8	6									
B-NM 40/12C	NM 40/12C/A	1,5	2	17,5	17	16,5	16	15	13,5	12	10,5	7,5	6,5							
B-NM 40/12A/A	NM 40/12A/B	2,2	3	22	22	21,5	21	20	19	18	16,5	14	13	11,5						
B-NM 40/16C/A	NM 40/16C/B	2,2	3	23	22,5	22	21,5	20	18,5	16,5	14,5	11	10							
B-NM 40/16B/A	NM 40/16B/B	3	4	29	28,8	28	27,5	26,5	25	23,5	21,5	18	17	14						
B-NM 40/16A/A	NM 40/16A/B	4	5,5	37	36,5	36,5	36	35	33,5	32	30,5	27	26	23,5	20	17				
B-NM 40/20D/A	NM 40/20D/A	4	5,5	39	38	37	35,5	33,5	30,5	27	22,5	14								
B-NM 40/20C/A	NM 40/20C/A	4	5,5	41,5	40,5	39,5	38	36	33,5											
B-NM 40/200B/A	NM 40/20B/A	5,5	7,5	50	49,5	48,5	47,5	45,5	43,5	41,5	37,5	30,5								
	NM 40/20AR/A	5,5	7,5	55	54,5	54	53	51	49											
B-NM 40/200A/A	NM 40/20A/A	7,5	10	57,5	57	56,5	55,5	54,5	52,5	50,5	48	42,5	40,5	35						
B-NM 4025/C/C	NM 40/25C/C	9,2	12,5	61	61	60,5	59,5	58,5	56,5	53,5	49,5	41,5	40	33,5						
B-NM 4025/B/C	NM 40/25B/C	11	15	69,5	69,5	69	68,5	67	65,5	63,5	60,5	53,5	51	45						
B-NM 4025/A/C	NM 40/25A/C	15	20	90	90	89,5	89	88,5	87	85	83	77,5	76	70,5						

### **Выводы по 1 разделу:**

1. В системе сельского водоснабжения используются подземные и поверхностные источники. Для подъема воды в водонапорную башню применяются насосы различных типов и мощностей.

2. Существующая система водоснабжения сельской местности не отвечает современным требованиям и нуждается в радикальном обновлении.

## 2 Разработка предложений по совершенствованию электрооборудования системы водоснабжения

### 2.1 Существующая система электроснабжения скважин и ее проблемы

Сельские системы водоснабжения практически всегда представляют собой достаточно пространственно - рассредоточенную систему. Принятая за основу в данной работе система водоснабжения села Верхнее Санчелеево схематично показана на рисунке 2.1.

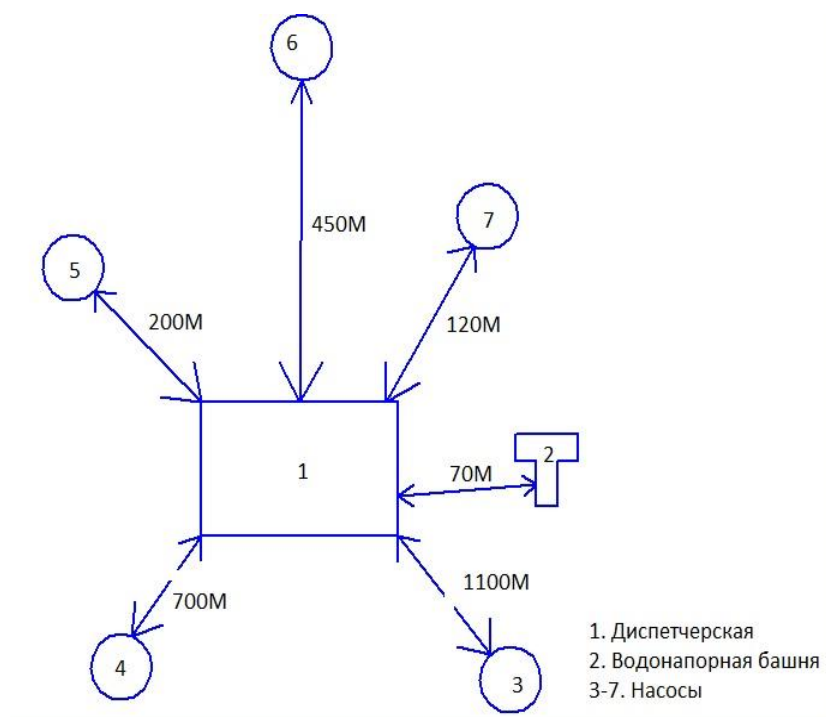


Рисунок 2.1 – Система водоснабжения

Разрабатываемая система водоснабжения должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Обеспечивать надежное включение и выключение насосов в соответствии с состоянием водонапорной башни и другими факторами.
2. Быть устойчивой к внешним факторам – высокой влажности, перепадам температуры и т.п.



3. Контролировать дополнительные параметры – сохранность оборудования, противопожарное состояние и т.п.
4. Обладать способностью к наращиванию и введению дополнительных функций.

### 2.1.1 Проблемы системы электроснабжения скважин

Существующая схема электроснабжения скважины является по сути, лишь схемой электропитания насоса. Она представлена на рисунке 2.2

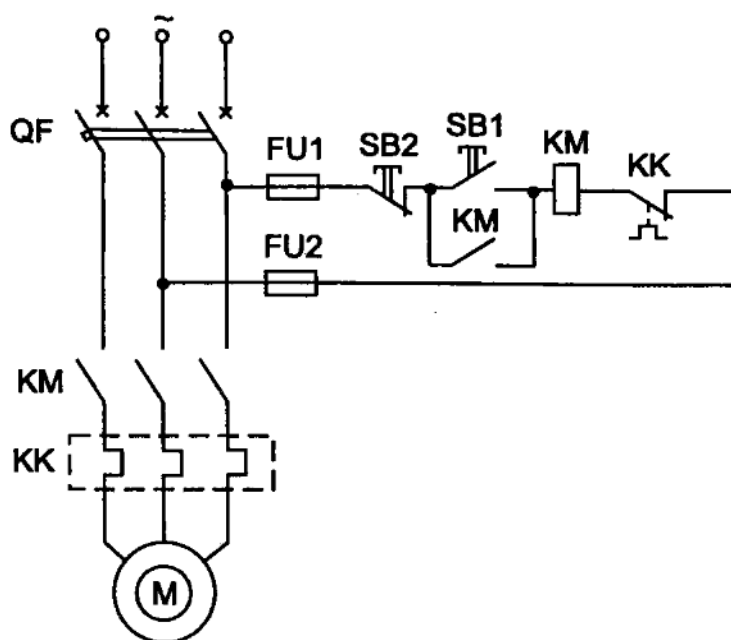


Рисунок 2.2 – Существующая схема электропитания насоса

Напряжение трехфазной сети поступает на автоматический выключатель QF, который обеспечивает защиту от короткого замыкания и перегрузки по току. Непосредственную коммутацию выполняет магнитный пускатель KM, оснащенный тепловым реле KK. Хотя автоматический выключатель и содержит тепловой расцепитель, его защиты от перегрузки недостаточно, так как условия практически 100% влажности затрудняют его срабатывание. Применение теплового реле решает описанную проблему частично также вследствие высокой влажности. Таким образом, существует необходимость введения более эффективной защиты от перегрузки. Актуальность такой

защиты повышается из-за сезонных колебаний уровня воды и соответствующего изменения нагрузки на насосы.

Работает схема следующим образом. Магнитный пускатель имеет 4 группы контактов. Три из них используются для коммутации электродвигателя, а четвертая подключена параллельно контактам кнопки «Пуск». При ее нажатии ток управления катушкой пускателя течет через нормально замкнутые контакты кнопки «Стоп» и теплового реле. В данной цепи имеется 2 предохранителя, защищающие цепи от коротких замыканий. Выключение происходит при нажатии кнопки «Стоп» или при срабатывании теплового реле.

Основные недостатки описанной схемы заключаются в следующем. Во-первых, включение, выключение (в том числе, после срабатывания теплового реле) производится вручную, что затруднительно в период бездорожья. Во-вторых, надежность включения нельзя считать высокой, так как механические контакты в условиях высокой влажности не всегда обеспечивают надежную коммутацию. В частности, имели место случаи включения только двух фаз из трех, что приводило к поломкам погружного насоса. В-третьих, в системе электроснабжения населенного пункта имеют место значительные отклонения напряжения от нормы [30], особенно в сторону понижения в зимний период. Это связано с повышением нагрузки на сеть за счет обогревательных приборов.

В ходе анализа литературы и бесед с руководством населенных пунктов были выяснены реальные на сегодняшний день проблемы сельских систем водоснабжения. Основные из них:

Опасность поломки насоса при «сухом ходе»: устройство работает, когда перекачивая воду вдруг уровень воды упал и вместо воды внутри появляется воздух – ситуация чревата перегревом, деформацией деталей, падением мощности. Также, при неправильной установке, если насос установлен на недостаточной глубине, при малейшем понижении уровня возникает опасность сухого хода. При чрезмерном опускании устройства

может возникнуть ситуация, когда оборудование засасывает вместе с заиленной жидкостью песок, отверстие на входе забивается грязью. На рисунке 2.3 показаны детали погружного насоса после длительного подъема воды с грязью.



Рисунок 2.3 – Вид деталей погружного насоса из заиленной скважины

Работа коммутационных аппаратов сельских систем водоснабжения [8] происходит в условиях высокой влажности, что приводит к систематическому выходу из строя контакторов и других устройств. В результате снижается надежность водоснабжения. Кроме контакторов, особенно уязвимы тепловые и токовые реле, работающие по электромеханическому принципу, так как их подвижные части заклинивает по причине коррозии металла.

Ручное управление насосами в условиях снега и других неблагоприятных погодных факторов затруднено. Из-за этого часто насосы своевременно не выключаются, что приводит к переливу водонапорной башни и опасности возникновения сухого хода.

Специфической чертой погружного насоса является опасность включения в отсутствие воды в скважине – так называемый «сухой ход». Так как насос охлаждается потоком воды, это почти сразу приводит к перегоранию обмоток статора. В большинстве моделей погружных насосов имеется

встроенный датчик сухого хода. Этот датчик представляет собой электрод, расположенный в нижней части насоса и соединенный с помощью изолированного провода с контрольной схемой. Данная схема измеряет сопротивление между данным электродом и землей. В норме оно, в зависимости от минерального состава воды, не превышает 1 кОм. Если электрод не смочен, то сопротивление многократно возрастает, что вызывает срабатывание системы аварийного отключения.

Засорение скважин происходит по разным причинам – из-за попадания мелких камней, ила и других нежелательных компонентов подземных вод. При этом возрастает рабочий ток или при включении насос может остаться в пусковом режиме.

Проблема высокой влажности в районе водяных насосов существовала всегда и реальных способов надежной защиты от нее не найдено. Частичное решение данной проблемы достигается за счет применения шкафов с повышенной степенью защиты и использования коммутационных аппаратов, рассчитанных на работу во влажных условиях.

Шкафы с повышенной герметичностью выпускаются в соответствии с международной системой «International Protection Marking». Первая цифра описывает степень защиты от посторонних предметов. Поскольку насосы устанавливаются в крытых неотопливаемых помещениях, проблем с посторонними предметами, как правило, не возникает. Вторая цифра характеризует защиту от воды, что в нашем случае чрезвычайно актуально. Рассмотрим ее подробнее.

В таблице 2.1 указаны неблагоприятные воздействия, от которых может осуществляться защита. Из таблицы следует, что можно защититься даже от погружения в воду и струй кипятка, но ничего не сказано о защите от влаги, содержащейся в воздухе. В обычных условиях электрические аппараты вполне переносят естественную влажность воздуха, но вблизи скважины имеет место особый случай. При изучении более десятка скважин городского «Водоканала» было замечено, что капли воды постоянно можно обнаружить

в помещении, где находится скважина и обслуживающее ее оборудование. При этом такие капли присутствуют на потолке, стенах, а также внутри силовых шкафов, потому что в описанных условиях никакие уплотнители не обеспечивают герметичности даже в течение одного года.

В принципе, можно применять влагопоглотители, используемые при консервации техники, например, силикагель. Однако при таком количестве влаги данный подход не может быть эффективным длительное время. Следовательно, необходимо искать новые пути защиты оборудования от повышенной влажности.

Таблица 2.1 – Защита от неблагоприятных воздействий

Уровень	Защита от	Описание
0	-	Защита отсутствует
1	Вертикальные капли	Вертикально капающая вода не должна нарушать работу устройства
2	Вертикальные капли под углом до 15°	Вертикально капающая вода не должна нарушать работу устройства, если его отклонить от рабочего положения на угол до 15°
3	Падающие брызги	Защита от дождя. Брызги падают вертикально или под углом до 60° к вертикали.
4	брызги	Защита от брызг, падающих в любом направлении
5	Струи	Защита от водяных струй. Вода, направляемая на оболочку в виде струй с любого направления, не должна оказывать вредного воздействия

Продолжение таблицы 2.1

6	Сильные водяные струи	Защищено от сильных водяных струй. Вода, направляемая на оболочку в виде сильных струй с любого направления, не должна оказывать вредного воздействия.
7	Кратковременное погружение на глубину до 1 м	При кратковременном погружении вода не попадает в количествах, нарушающих работу устройства. Постоянная работа в погружённом режиме не предполагается.
8	Погружение на глубину более 1 м длительностью более 30 мин.	Устройство может работать в погружённом режиме [27]
9	Воздействие струй воды высокой температуры	Устройство может работать в условиях высокотемпературной мойки водой высокого давления

Таким образом, из проведенного анализа видно, что существующие сельские системы электроснабжения скважин не в полной мере соответствуют современным требованиям.

### 2.1.2 Пути решения проблем электроснабжения скважин

Проблему коммутации электрических цепей в системе электропитания насосов следует решать радикально. Это возможно за счет замены максимального количества электромеханических устройств, в частности, контакторов и аппаратов защиты их электронными аналогами, рассчитанными на работу в условиях любой влажности.

Определим требования к контакторам, управляющим погружными насосами [28] в сельских системах водоснабжения.

Во всех известных системах сельского водоснабжения используются насосы, питаемые трехфазным напряжением 380 В, основе конструкции которых лежит асинхронный электродвигатель. Их мощность варьируется в широких пределах, но не превосходит 100 кВт. Мощность насосов, работающих с поверхностными источниками значительно меньше – как правило, не более 50 кВт. Рабочий ток таких насосов находится в пределах 20 - 100 А.

С точки зрения используемой для разработки контактора элементной базы, этот диапазон мощностей целесообразно разделить на поддиапазоны. Первый, предположительно, с током до 6 А, может быть построен на основе 40-амперных симисторов, например, ВТА-41. Для управления ими существует доступная и надежная элементная база и простая схемотехника. Величина 6А выбрана с учетом 5-7-кратного запаса по току в пусковом режиме.

Для больших токов вопрос применения симисторов нуждается в уточнении. Гарантированно можно решить эту проблему применением в качестве ключей пар встречно-параллельных тиристоров, допускающих большие токи – до 120 А. Ниже в таблице – 2.2 приводятся характеристики возможных вариантов.

Таблица 2.2 – Тиристоры низкочастотные

Тип	Uзс.п., В	Iср., А	Iос.д. макс., А	Iос.уд., кА	( $\Delta U_{зс}/\Delta t$ )кр., В/мкс	Iу.пр.и., В min/max	Tп.макс., °С
T123-	400-	200	500	4	200-1600		125
200-	1600						
...							

Продолжение таблицы 2.2

T123-250-...	400-1600	250	550	4,5	200-1600		125
T123-320-...	400-1600	320	640	5	200-1600		125
T133-320-...	900-2400	320	740	7	200-1600		125
T133-400-...	400-1600	400	628	8	200-1600		125
T143-400-...	1800-2400	400	628	9	200-1600		125
T143-500-...	400-1600	500	1030	11	200-1600	0,5/10,0	125
T143-630-...	400-1600	630	1350	13	200-1600	0,5/10,0	125
T143-800-...	900-1600	800	1450	14	200-1600	0,5/10,0	125
T151-100-...	300-1800	100	160	2	200-1000		140
T153-630-...	2000-2400	630	1610	15	200-1600		125
T153-800-...	1000-1800	800	1940	20	200-1600		125
T161-160-...	300-1800	160	260	4	200-1000	0,5/12	125
T161-200-...	300-1600	200	315	5	200-1000	0,5/12	125
T171-200-...	300-1800	200	300	5	200-1000	0,5/12	125
T171-250-...	300-1800	250	393	6	200-1000	0,5/12	125
T171-320-...	300-1800	320	500	8,5	200-1000	0,5/12	125
T243-500-...	1800-2800	500	1030	10	200-1600		125
T253-800-...	2000-2400	800	1940	17	200-1600		125
T253-1000-...	1000-1800	1000	2000	22	200-1600		125
T9-250-...	400-1600	250	393	5,5	20-1000		125



Для обеспечения эффективной работы данных систем нужно решить следующие частные задачи:

1. Разработать систему электроснабжения насосов, обеспечивающую максимальный контроль за состоянием насосов и предусматривающую возможность телеуправления и телесигнализации.
2. Разработать центральный блок управления, считывающий информацию от насосных станций и других объектов. Разработать алгоритм управления водоснабжением.
3. Разработать систему дистанционного управления удаленными объектами по проводным и радиоканалам.

Как показал анализ существующих систем водоснабжения в сельской местности, в большинстве случаев схема данной системы достаточно проста. Имеется водонапорная башня и несколько источников воды, чаще всего, артезианских скважин. На каждой скважине имеется оборудование для управления насосом. Управление осуществляется вручную. В зимний период оперативное управление насосами часто сильно затруднено, что приводит к систематическому переливу водонапорной башни.

Для радикального решения описанной проблемы нужно выполнить три задачи:

1. Разработать систему автоматики для насосного оборудования, которое будет контролировать параметры питающей сети, внешние условия, работу насоса, контролировать доступ к оборудованию.
2. Разработать систему дистанционного управления насосами по проводным и радиоканалам, обеспечивающую работу системы телеуправления и телесигнализации.
3. Разработать систему автоматики водонапорной башни, исключающей ее переполнение и опустошение.
4. Разработать алгоритмы функционирования всей системы управления водоснабжением и обосновать технические решения по их реализации.

Для автоматического управления насосом нужно, прежде всего, модернизировать систему его электропитания, дополнив ее необходимыми датчиками, контролирующими как работу самого насоса, так и состояние объекта, на котором располагается скважина, например, охранной сигнализацией.

Наиболее сложной задачей в этом направлении является управление режимами работы насосов. Это управление должно обеспечивать:

1. Прием команд на включение и выключение насоса.
2. Защиту от перегрузки по пусковому току.
3. Защиту от перегрузки по рабочему току.
4. Аварийное отключение при недопустимом повышении и понижении питающего напряжения.
5. Аварийное отключение с сигнализацией на диспетчерский пункт об отсутствии одной фазы, а также о недопустимом перекосе фаз.
6. Аварийное отключение от внешнего датчика. Таким датчиком может быть любое вспомогательное оборудование, которое в перспективе может дополнить оборудование насоса. То есть это подготовка к перспективным изменениям системы управления насосом.
7. Сигнализацию о несанкционированном проникновении на объект.
8. Передачу сигнала о наличии воды в помещении насосной станции.

На основании вышеизложенного принимаем решение разработать блок управления погружным насосом, свободный от указанных недостатков. Он должен удовлетворять следующим требованиям:

1. Гарантированно коммутировать насос в любых условиях внешней среды и при 100% влажности.
2. Не иметь ограничений на количество включений и выключений.
3. Иметь возможность сопряжения с электронными схемами.
4. Контролировать наличие трех фаз и допустимый перекос.
5. Контролировать питающие напряжения.

6. Производить аварийное отключение насоса с сигнализацией диспетчеру в случаях:

- Превышения пусковым током установленного значения – немедленно.
- Превышения рабочим током установленного значения – по истечении установленного времени (времени разгона двигателя).
- Срабатывания датчика сухого хода;
- Срабатывания охранной сигнализации.
- Срабатывания пожарной сигнализации.
- Отклонения от нормы питающего напряжения.
- Недопустимого перекаса фаз.

Структурная схема блока управления погружным насосом приведена на рисунке 2.4



Рисунок 2.4 – Структурная схема блока управления скважиной

- Пожарный извещатель — техническое средство, которое устанавливают непосредственно на защищаемом объекте для передачи тревожного извещения о пожаре на пожарный приёмно-контрольный прибор и/или оповещения и отображения информации об обнаружении загораний

- Датчики охранной сигнализации — это электронные устройства, предназначенные для обнаружения проникновения на охраняемый объект и передачи этой информации для дальнейшей обработки.
- Датчик сухого хода – сигнализирует об отсутствии воды в системе
- Датчик температуры – служит для избежания перегрева системы
- Датчик влажности СС06-1 предназначен для работы в качестве измерителя проводимости среды, предупреждающего о наличии воды между щупом датчика и корпусом датчика
- Датчик уровня – предупреждает о наполнении системы до необходимой отметки
- Датчик тока – служит для определения величины тока в цепи
- Датчик тока служит для определения напряжения в сети

Применительно к помещениям с погружными насосами подойдет практически любая пожарная и охранная сигнализация, однако она должна сопрягаться с основным логическим блоком.

Сопряжение элементов системы электропитания погружным насосом предлагается выполнить с гальванической развязкой по оптическому каналу. С этой целью все входы блока обработки сигналов датчиков целесообразно выполнить на транзисторных и симисторных оптопарах, например, TLP-521 и МОС-3063. Данные устройства надежно срабатывают при токе 5 мА, а напряжение при этом составляет около 2В. Это позволяет управлять ими непосредственно с выхода контроллера или логических и компараторных микросхем типа 561ЛН2 и LM-339.

Пожарные извещатели по принципу действия делятся на дымовые, световые, тепловые, ионизационные и комбинированные. Наиболее популярными являются дымовые. Они работают по принципу измерения ослабления светового луча между источником и приемником. Тепловые формируют аварийный сигнал при повышении температуры в помещении выше допустимого предела. Учитывая специфику строений, используемых для размещения погружных насосов, то есть использование помещений без

окон и с единственной дверью, более предпочтительными являются дымовые и световые.

Пожарные извещатели представлены на рынке огромным количеством изделий, отличающихся, кроме цены и особенностей питания, формой выходного сигнала. Учитывая маломощные входы блока сопряжения, можно выбрать любой тип, руководствуясь соображениями экономии.

В частности, подходит любой датчик, формирующий на выходе логический уровень. Например, при использовании напряжения питания схемы 5 В логический выход может быть подключен непосредственно ко входу оптопары через токоограничительный резистор 470 Ом.

В качестве охранного датчика для помещения с погружным насосом целесообразно использовать геркон или концевой выключатель на входной двери, которые через токоограничительный резистор могут быть подключены к светодиоду оптопары.

Датчики влажности применяются для определения доли воды в газообразных и плотных средах. Практически в большинстве случаев влажность измеряют в воздухе и в почве, остальные варианты относятся к специфическим производственным процессам и встречаются редко.

Приборы для измерения влажности известны давно, и их классические образцы широко применяются по сей день. Вместе с тем, развитие автоматизации на производстве и в сельском хозяйстве, а в последние десятилетия и их компьютеризация потребовали новых подходов к данной проблеме. Рассмотрим наиболее распространенные типы датчиков влажности.

Давно было замечено, что многие органические вещества при высыхании уменьшают свои размеры, а при увлажнении – увеличивают. Старейшая конструкция датчика влажности основана именно на этом эффекте. Обезжиренный волос при изменении влажности воздуха изменяет свою длину в пределах 2,5 %. Устройство гигрометра данного типа поясняется рисунком 2.5.

Кроме натуральных волос, могут применяться некоторые искусственные волокна или органические пленки. В последнем случае контролируется положение центра пленки, натянутой на рамку. Точность таких датчиков невелика и нуждается в периодическом контроле по более точному прибору. Таким прибором может быть психрометр. Действие данного датчика основано на влиянии влажности на скорость испарения воды. Если один из двух термометров обернуть мокрой тканью, то он покажет более низкую температуру, чем сухой. Разность температур в сухом воздухе больше, чем во влажном. Для расчетов влажности психрометрическим методом разработаны справочные материалы в виде таблиц и номограмм.

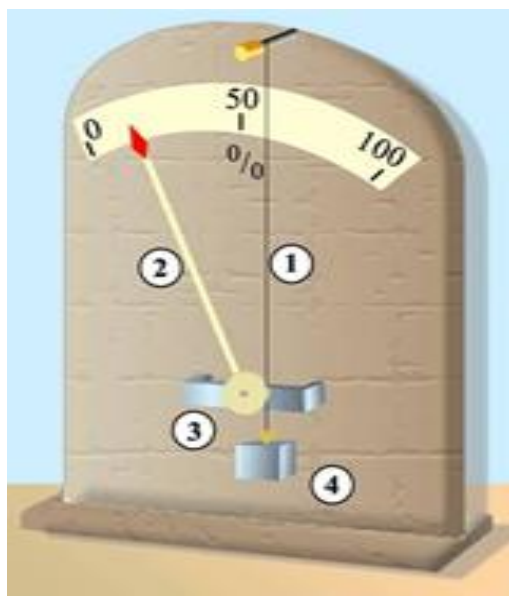


Рисунок 2.5 – Волосной гигрометр: 1 – волос, 2 – стрелка, 3 – ролик, 4 – груз

Так как испарившаяся вода в отсутствие ветра будет создавать влажную зону вблизи увлажнителя, для большей точности измерений применяют вентиляторы [23], создающие поток воздуха со скоростью 0,5...1 м/с. Устройство психрометра иллюстрируется рисунком 2.6.

Из рассмотренного материала видно, что описанные типы датчиков влажности для нашей задачи непригодны, так как не предусматривают

сопряжении с автоматикой. Альтернативным вариантом может быть электронный датчик.

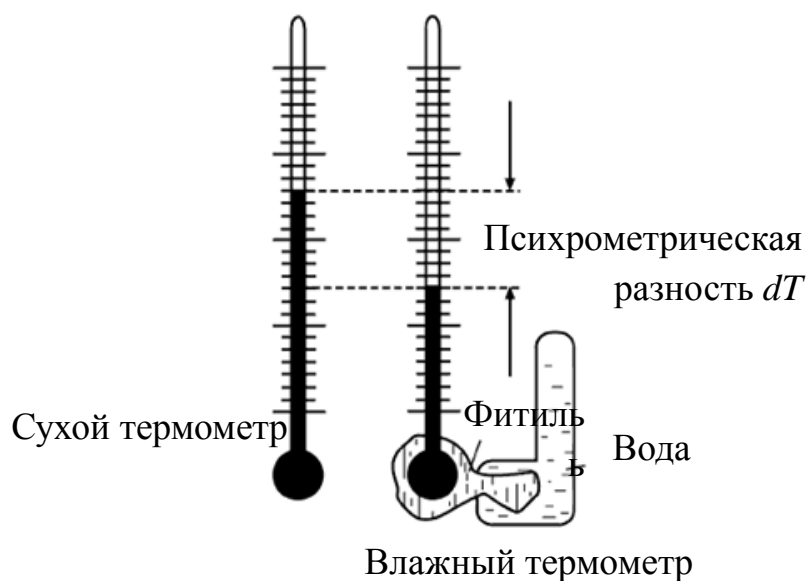


Рисунок 2.6 – Устройство психрометра

Для работы в составе автоматизированных систем датчики должны формировать электрические сигналы. Такие датчики представляют собой электронные схемы, содержащие элементы, характеристики которых зависят от влажности.

Проще всего измерять сопротивление гигроскопичных проводящих материалов. Наиболее часто в качестве такого материала используют хлорид лития, который в соединении с водой образует электролит. Конструкция такого датчика иллюстрируется рисунком 2.7. Так как проводимость электролита зависит от температуры, датчик для повышения точности дополняется термометром, показания которого автоматически учитываются при расчете влажности.

Другой популярный материал такого же рода – пористая керамика. В ее состав вводят кремний, окислы металлов и другие вещества, улучшающие проводимость. Для обеспечения высокой точности измерений применяют мостовую схему.

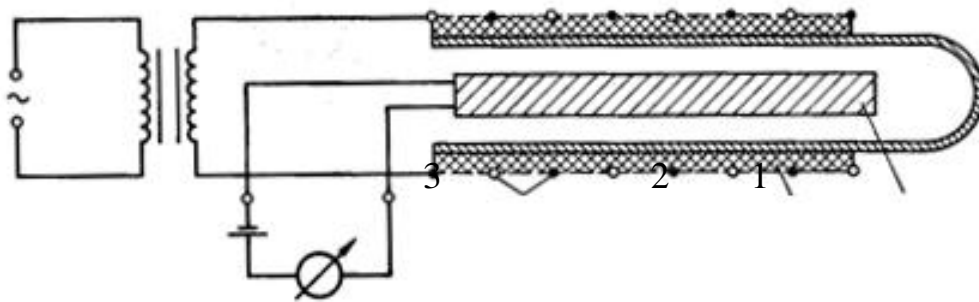


Рисунок 2.7 – Конструкция датчика влажности на основе хлорида лития:

1 – платиновый терморезистор Pt-100; 2 – стеклоткань с LiCl;

3 – электродная спираль

Также возможно применение емкостных датчиков. Самый простой датчик такого рода состоит из конденсатора с воздушным зазором между пластинами и измерительной схемы. Изменение емкости пересчитывается в процентное содержание воды в воздухе.

Иногда вместо воздуха используется пористый диэлектрик или сам исследуемый материал. Описанное устройство представлено на рисунке 2.8.

Исследуемый образец

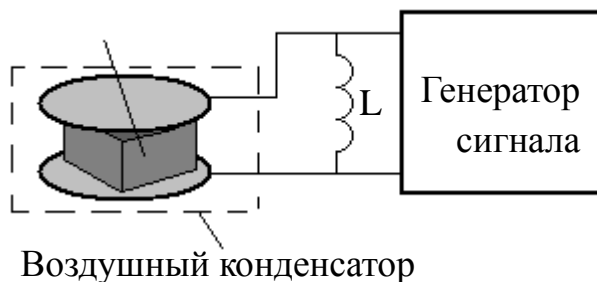


Рисунок 2.8 – Емкостный датчик влажности с твердым диэлектриком

Более современная конструкция представлена на рисунке 2.9. На гигроскопичной пленке сформированы два гребенчатых электрода, которые служат обкладками конденсатора. Пленка под воздействием влаги изменяет диэлектрическую проницаемость и, соответственно, емкость. Измерительная схема аналогична, рассмотренной выше.



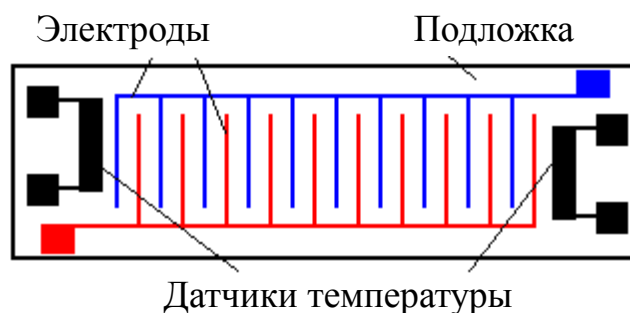


Рисунок 2.9 – Тонкопленочный емкостный датчик влажности

На той же пленке формируются несколько термодатчиков, по которым рассчитывается поправка к показаниям частотомера.

Учитывая значительное разнообразие датчиков и возможность их замены и модернизации, целесообразно сопряжение их с системой телеуправления и телесигнализации выполнить с оптической развязкой. Так как на скважине имеется электропитание, любой датчик может быть дополнен устройством, управляющим светодиодом транзисторной оптопары, например, TLP-521, состоящей из инфракрасного светодиода и кремниевого p-p-n фототранзистора. Она предназначена для коммутации цепей постоянного тока с гальванической развязкой между входом и выходом в радиоэлектронной аппаратуре. Тип корпуса: DIP-4. Диапазон рабочих температур: -55 до +125 °С.

Устройства сопряжения должны обеспечивать передачу как цифровых, так и аналоговых сигналов. Если для цифровых транзистонный ключ, нагруженный на светодиод оптопары, является решением, то для передачи аналоговой информации необходимо использовать аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Поскольку требования к быстродействию отсутствуют, подойдут любые дешевые АЦП.

Наиболее распространенными являются АЦП серий микросхем 572, 1107, 1138 и др.

Таблица 2.3 – Типы микросхем

Тип м/схемы	Число разрядов	$t_{зд}$ , мкс	$U_{пит}$ , В	$U_{потр}$ , мВт	Преобразование
К1107ПВ1	6	0,1	+5 -6	800	Параллельное
К1107ПВ2	8	0,1	+5 -6	3000	Параллельное
КР572ПВ1А	12	110	5÷15 -15	30	Последовательное
К572ПВ3	8	15	5	25	Последовательное
К572ПВ4	8	32	5	15	Последовательное
К1108ПВ1А	10	0,9	9 -5,2	800	Последовательное
К1138ПВ1А	10	30	5 -15	225	Последовательное

Из таблицы 2.3 видно, что наилучшим быстродействием обладает АЦП параллельного преобразования, а наихудшим — АЦП последовательного преобразования. Кроме быстродействия, вариант с параллельным преобразованием удобен с точки зрения совмещения датчиков с аналоговыми и цифровыми выходами. Выберем 6-разрядный АЦП К1107ПВ1.

Схемы представляют собой быстро действующие 6-ти параллельные аналого-цифровые преобразователи. Изготовлены на биполярных транзисторах с изоляцией с пи н переходом. Необходимы для преобразования напряжения от  $-2x \dots$  до 0 В в один из потенциальных кодов // считывания: код двоичный и код до двух (прямой и обратный). Микросхема КР1107ПВ1 типа 244.48-12, К1107ПВ1-типа 2207.48-1.

1. Настройка микросхем происходит за счет регулировки опорных напряжений  $U_{оп1}$ ,  $U_{оп2}$ . Несоответствие напряжения  $U_{оп1}$  вызывает дополнительную погрешность, равной напряжению смещения нуля на впуске, равной по значению отклонения опорного напряжения. Несоответствие напряжения  $U_{оп2}$  способствует появлению дополнительной погрешности преобразования в конечной точке шкалы, равной по величине отклонению опорного напряжения.

2. Корректировка нелинейности микросхем может осуществляться подключением вывода 22 к источнику опорного напряжения  $U_{оп1}$  или  $U_{оп2}$  в зависимости от знака нелинейности. Вывод 12 микросхем может служить источником опорного напряжения для входного буферного усилителя в случае биполярного преобразования. Однако любая нагрузка, подключаемая к средней точке делителя, оказывает влияние на нелинейность микросхемы.
3. Работой микросхем управляет тактовый сигнал. Компараторы сторбируются через десять...двадцать нс после прохождения фронта тактового импульса. Данная апертурная задержка для разных микросхем может быть различной и зависит от изменения температуры окружающей среды, однако случайные изменения незначительны.
4. Кодировка производится уже после прохождения среза тактового импульса, а результат, полученный в процессе кодирования, передается в выходной регистр одновременно с фронтом очередного тактового импульса. Задержка выхода цифрового сигнала не превышает 50 нс. Это позволяет фронтам тактового импульса производить следующую выборку, т. е. в тот момент, когда на выходе микросхемы результат  $n$ -й выборки, на входе производится  $(n+2)$ -я выборка.
5. Выходной код задается потенциальным двухразрядным кодом на выводах 48 и 44, так же может задаваться и постоянным уровнем; подключение источника питания  $U_{п1}$  при этом к выводам 48 и 44 равно подаче напряжения высокого уровня, а к общей шине— подаче выходного напряжения низкого уровня.

Электрические параметры данных микросхем приведены в таблице 2.4, а в таблице 2.5 описаны предельно допустимые режимы их эксплуатации.

Таблица 2.4 – Электрические параметры микросхем

Электрические параметры				
Параметры	Условия	К1107ПВ1	КР1107ПВ1	Ед. изм.
		TDC1014J		
Аналог	—	TDC1014J		—
Номинальное напряжение питания	$U_{п1}$	5	5	В
	$U_{п2}$	-6	-6	
Ток потребления	при $U_{п1} = 5,25$ В, $U_{п2} = -6,18$ В, $U_{оп2} = -2,048$ В, $T = -10 \dots +70$ °С (от положительного источника)	не более 30	не более 30	мА
	при $U_{п1} = 5,25$ В, $U_{п2} = -6,18$ В, $U_{оп2} = -2,048$ В, $T = -10 \dots +70$ °С (от отрицательного источника)	не более 150	не более 150	

Продолжение таблицы 2.4

	при $U_{п1} = 5,25$ В, $U_{п2} = -6,18$ В, $U_{оп2} = -2,048$ В, $T = -$ 10...+70 °С (от источника опорного напряжения)	не более 43	не более 43	
Выходное напряжение высокого уровня	при $U_{п1} = 4,75$ В, $U_{п2} = -5,82$ В, $U_{оп1} = 0$ , $U_{оп2} = -$ 2,048 В, $I_H = 2$ мА, $T = -$ 10...+70 °С	не менее 2,4	не менее 2,4	В
Выходное напряжение низкого уровня	при $U_{п1} = 4,75$ В, $U_{п2} = -6,18$ В, $U_{оп1} = 0$ , $U_{оп2} = -$ 2,048 В, $I_H = 2$ мА, $T = -$ 10...+70 °С	не более 0,4	не более 0,4	В
Напряжение смещения нуля на выходе	при $U_{п1} = 5,25$ В, $U_{п2} = -6,18$ В, $U_{оп1} = 0$ , $U_{оп2} = -$ 2,048 В, $T = -$ 10...+70 °С	-0,075...0	-0,075...0	В

Продолжение таблицы 2.4

Входной ток смещения нуля	при $U_{п1} = 5,25$ В, $U_{п2} = -6,18$ В, $U_{оп1} = 0$ , $U_{оп2} = -$ $2,048$ В, $T = -$ $10...+70$ °С	не более 150	не более 150	мкА
Входной ток высокого уровня	при $U_{п1} = 5,25$ В, $U_{п2} = -6,18$ В, $U_{оп1} = 0$ , $U_{оп2} = -$ $2,048$ В, $T = -$ $10...+70$ °С	не более 75	не более 75	мкА
Входной ток низкого уровня	при $U_{п1} = 5,25$ В, $U_{п2} = -6,18$ В, $U_{оп1} = 0$ , $U_{оп2} = -$ $2,048$ В, $T = -$ $10...+70$ °С	не менее 1,5	не менее 1,5	мА
Дифференциальная нелинейность	при $U_{п1} = 5,25$ В, $U_{п2} = -6,18$ В, $T = -$ $10...+70$ °С	-1/2...1/2	-1/2...1/2	МЗР
Абсолютная погрешность преобразования в конечной точке шкалы	при $U_{п1} = 5,25$ В, $U_{п2} = -6,18$ В, $U_{оп1} = 0$ , $U_{оп2} = -$ $2,048$ В, $T = -$ $10...+70$ °С	-0,1...+0,1	-0,1...+0,1	В

Продолжение таблицы 2.4

Максимальная частота преобразования	при $U_{п1} = 4,75$ В, $U_{п2} = -5,82$ В, $U_{оп1} = 0$ , $U_{оп2} = -2$ В	не менее 20	не менее 20	МГц
Время преобразования	при $U_{п1} = 4,75$ В, $U_{п2} = -5,82$ В, $U_{оп1} = 0$ , $U_{оп2} = -2$ В, $T = +25$ °С	не более 100	не более 100	нс
Входная емкость	—	не более 100	не более 100	пФ
	типовое значение	50	50	

Таблица 2.5 – Предельно допустимые режимы эксплуатации

Предельно допустимые режимы эксплуатации				
Параметры	Условия	К1107ПВ1	КР1107ПВ1	Ед.изм.
Напряжение питания	$U_{п1}$	4,75...5,25	4,75...5,25	В
	$U_{п2}$	-6,18	-6,18	

Продолжение таблицы 2.5

Входное напряжение низкого уровня	—	-2...0	-2...0	В
Входное напряжение высокого уровня	—	0...5,25	0...5,25	В
Опорное напряжение	$U_{оп1}$	-0,075...0	-0,075...0	В
	$U_{оп2}$	-2,1...-1,9	-2,1...-1,9	
Ток нагрузки	—	0...2	0...2	мА
Температура окружающей среды	—	-10...+70	-10...+70	°С

Часть датчиков имеет цифровой выход, то есть «0» или «1», остальные на выходе имеют 6-разрядную двоичную комбинацию. Ниже в таблице 2.6 эта информация конкретизирована.

Таблица 2.6 – Типы датчиков

№ п/п	Датчик	Тип
1	Пожарный	цифровой
2	Охранный	цифровой
3	Сухого хода	цифровой
4	Температуры	аналоговый



## Продолжение таблицы 2.6

5	Влажности	аналоговый
6	Уровня воды	аналоговый
7	Внешний	аналоговый
8	Тока	аналоговый
9	Напряжения	аналоговый

Таким образом, вся комбинация двоичных символов для 6 аналоговых 6-разрядных и 3 двоичных выходов датчиков будет состоять из 39 бит. Учитывая, что быстродействие транзисторных оптопар не превышает 1 мс, то на передачу информации о состоянии скважины потребуется не более 40 мс.

Необходимости обновлять информацию о состоянии скважины каждую секунду нет, поэтому в комбинацию для ее передачи на центральный блок управления целесообразно ввести избыточные символы, служащие для проверки качества канала дистанционного управления. Их обычно бывает не больше длины основной информационной последовательности. Ввиду отсутствия требований к экономичности примем длину цифровой последовательности 100 бит.

Блок обработки информации от датчиков должен подготовить ее к передаче по радиоканалу. Для этого целесообразно преобразовать информацию в последовательность. Эту задачу легко решить с помощью средств современной электроники. Так как это стандартная задача, выходящая за рамки электротехники, подробно рассматривать ее здесь не будем.

### **2.2 Модернизация оборудования водонапорных башен**

Удачная конструкция Рожновского 30-х годов прошлого столетия, по сей день служащая верой и правдой, включает переливную трубу, как элемент минимальной автоматизации, предотвращающий переполнение башни. При визуальном контроле за переливом все же невозможно избежать

потерь артезианской воды и, соответственно, энергии, затраченной на ее подъем. Зимой перелив приводит к образованию огромных глыб льда, как это показано на рисунке 2.10

Для решения описанной проблемы необходимо автоматизировать процесс наполнения водонапорной башни. Для этого нужно оснастить ее датчиками уровня, температуры и давления, а также решающим устройством [24].



Рисунок 2.10 – Последствия систематического перелива водонапорной башни

Самый простой датчик уровня жидкости представляет собой реостат, управляемый поплавком через рычаг, как это показано на рисунке –2.11.

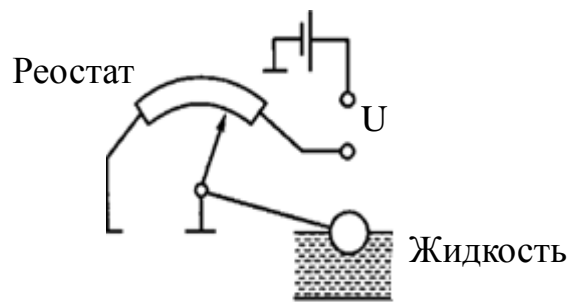


Рисунок 2.11 – Поплавковый реостатный датчик уровня жидкости

Изменение сопротивления контролируется омметром, проградуированным в единицах объема, обычно в долях от максимального. Поплавковый датчик обеспечивает высокую точность измерений, если жидкость неподвижна. Кроме измерения уровня воды может иметь место необходимость включать сигнализацию на некотором критическом уровне. В таком случае поплавок, кроме реостата, может управлять контактами сигнального устройства. Такая комбинированная конструкция приведена на рисунке 2.12.

Основной недостаток описанного датчика – непригодность в условиях возможного обледенения.

Альтернативой может быть использование позисторов, которые имеют большой температурный коэффициент сопротивления. Принцип работы таких датчиков заключается в сравнении сопротивления позистора, по которому протекает небольшой ток, в воздухе и в жидкой среде. Из-за разной теплоотдачи их температура будет отличаться, что легко отследить с помощью электронной схемы.

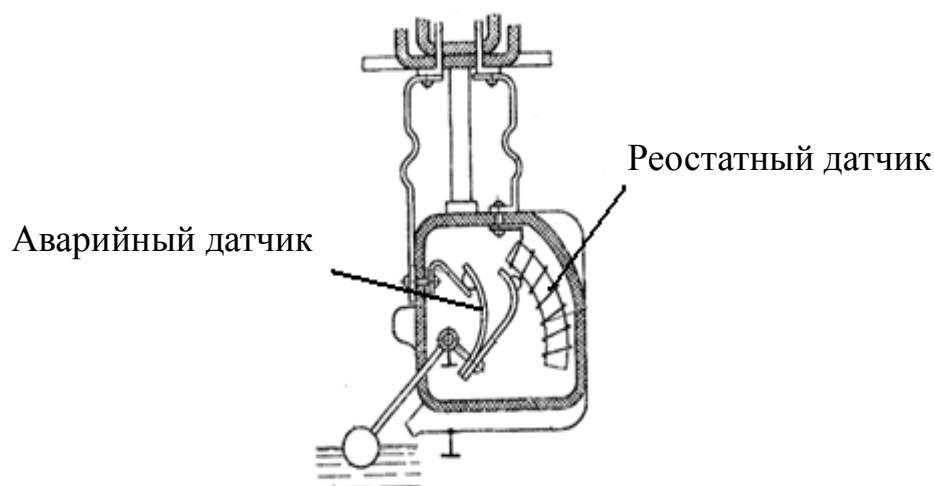


Рисунок 2.12– Комбинированный датчик уровня

В воздушной среде теплоотдача невелика, и позистор будет горячим. При погружении в жидкость его температура заметно понизится и сопротивление уменьшится. Так как позистор находится под током, на нем выделяется тепло, которое может быть использовано для защиты от обледенения.

Если требуется не просто фиксировать один критический уровень, а получать более подробную информацию, можно использовать группу позисторов с соответствующей измерительной схемой.

Другим возможным типом датчика уровня воды в водонапорной башне может быть емкостной датчик, работающий по принципу конденсатора.

Емкость плоского конденсатора  $C$  выражается известной формулой

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}, \quad (2.1)$$

где  $S$  – площадь обкладок,  $d$  – расстояние между ними,  $\varepsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость среды,  $\varepsilon_0$  – абсолютная диэлектрическая проницаемость.

Относительная диэлектрическая проницаемость вакуума [33] равна 1, воздуха – практически тоже 1, а в жидких средах эта величина в десятки раз больше.

Для спирта она равна 27, для воды – 34,5, для серной кислоты – 84...100.

Принцип работы емкостных датчиков заключается в измерении емкости конденсатора, частично заполненного жидкостью. Кстати, конденсатор может быть не только плоским, но и коаксиальным. Устройство емкостного датчика иллюстрируется рисунком 2.13.

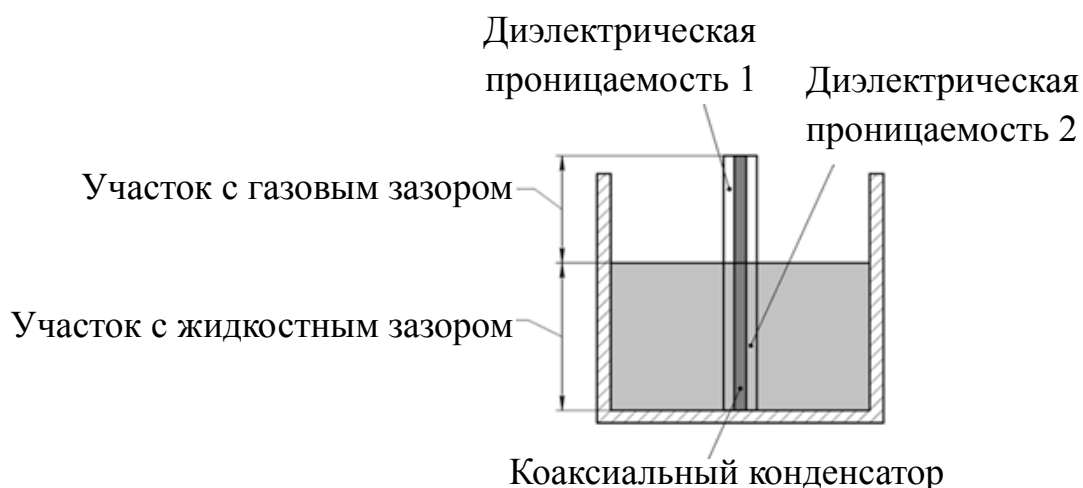


Рисунок 2.13 – Устройство емкостного датчика

Надежным и работающим независимо от обледенения является ультразвуковой датчик расстояния. Скорость распространения звука в газах и жидкостях хорошо известна, также известны способы учета влияния на нее температуры и давления. Таким образом, можно с помощью акустических волн определять расстояния до объектов, отражающих звук.

Для уверенной регистрации отраженного звукового сигнала его длина волны должна быть значительно меньше размеров отражающего объекта и расстояния до него. Поэтому в акустических измерениях используется ультразвук с частотой в десятки или сотни килогерц.

Ультразвук хорошо отражается от многих жидкостей и даже сыпучих тел, поэтому область применения измерителей такого рода весьма обширна. В качестве примера на рисунке 2.14 показан измеритель уровня жидкости в баке.



Рисунок 2.14 – Ультразвуковой измеритель уровня жидкости

Для измерения уровня жидкости может применяться электромагнитная волна СВЧ-диапазона. Идея очень похожа на рассмотренную выше, но есть особенности. Излучаемая радиоволна имеет линейно меняющуюся частоту. Отраженная волна возвращается к источнику излучения через некоторое время, за которое новая излученная волна успевает изменить свою частоту. Измерение разности этих частот с технической точки зрения несложно. Однако такой подход для нашей сравнительно простой задачи является неоправданно дорогим и сложным.

### **Выводы по 2 разделу:**

1. Основная проблема скважин – трудность управления в осенне-зимний период из-за снега и грязи.
2. Существующее оборудование скважин из-за высокой влажности быстро ломается и нуждается в замене на более устойчивое к неблагоприятным факторам.
3. Для управления насосами и водонапорной башней нужна автоматизированная система с дистанционным управлением по радиоканалу.

### 3 Разработка автоматизированной системы управления системой водоснабжения

#### 3.1 Расчет электрических нагрузок системы электроснабжения

Водяные насосы относятся к тем механизмам, которые работают в режиме постоянной нагрузки. Если отсутствует электрическое регулирование [31] скорости в электронасосных агрегатах небольшой мощности, то обычно применяют асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, питание которых происходит от сети 380 В. 1) Мощность электродвигателя насоса  $P_{дв}$ , кВт, определяется по формуле

$$P_{дв} = \frac{\kappa_3 \rho g Q H \cdot 10^{-3}}{3600 \eta_n \eta_p} \quad (3.1)$$

где  $\rho$  - плотность перекачиваемой жидкости, кг/м<sup>3</sup> ;  $g = 9,81$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup> ;  $Q$  – произв. Электронасоса;  $H$  - статический напор,  $\eta_n$  - КПД электронасоса, применяемый: для поршневых электронасосов; для центробежных электро насосов с давлением свыше  $0,4 \cdot 10^5$  Па -  $0,6 \dots 0,75$ ; с давлением до  $0,4 \cdot 10^5$  Па -  $0,45 \dots 0,6$ ;  $\eta_p$  - КПД передачи, равный  $0,9 \dots 0,95$ ;  $\kappa_3$  - коэффициент запаса; зависит от мощности двигателя; 3600 – коэффициент из час в сек.

Из расчета мощности двигатель выбирается из каталог. Выбор типа двигателя определяется исходя из общих положений рассчитанной расчетной мощности двигатель работает в долгом режиме с постоянной нагрузкой, значит нагрузочная диаграмма будет иметь вид такой же как на рисунке 3.3.

По расчетной мощности электродвигателей подбирается из каталога его ном мощность по условию  $P_n = \text{кВт} \geq P_{расч} = 227,3 \text{ кВт}$

Расчёты мощности и выбор ПЭД во время выбора электрического оборудования для насосной установки сначала определяют мощность погружного электродвигателя, который в свою очередь должен соответствовать необходимым параметрам и требованиям, которые приведены в таблице 3.1, выбранного электронасоса.

Таблица 3.1 – Технические данные двигателя водяного насоса

№ п/п	Наименование	Параметр
1	Номинальная мощность двигателя	$P_H = 800$ Вт
2	Номинальное напряжение	$U_H = 110$ В
3	Номинальная частота вращения двигателя	$n_H = 3000$ об/мин
4	Номинальный ток двигателя	$I_H = 8,7$ А
5	Число пар полюсов	$p = 1$
6	Сопротивление обмотки якоря	$R_{\text{я}} = 0,84$ Ом
7	Сопротивление преобразователя	$R_{\text{д}} = 0,264$ Ом
8	Маховый момент двигателя	$GD^2 = 0,012$ кгс·м <sup>2</sup>
9	Частота питающей сети	$f = 50$ Гц
10	Кратность максимального тока двигателя	$K_{\text{им}} = 2$

Номинальные подача и напор, который может развить насос, должны соответствовать оптимальному дебиту который необходим для для подъёма воды.

1) Полезная мощность электродвигателя (кВт), необходимая для работы насоса определяется по формуле

$$P_{\text{пол}} = \frac{\rho Q H \cdot 10^3}{86400 \cdot 102 \cdot \eta_n} \quad (3.2)$$

где Q - дебит скважины в сутки, в сутки; H - нужный напор;  $\eta_n$  - КПД электронасоса, находится по рабочей характеристике;

$$P_{\text{ном}} = P_{\text{пол}} + \frac{\Delta P_{\text{к}} L}{100}, \text{ кВт} \quad (3.3)$$

где  $\Delta P_{\text{к}}$  - потери мощности в проводе длиной, L - длина провода от диспетчерского пункта до электродвигателя, м. 2) Кабель выбирается по



нагрузке (силе тока). По длине электронасоса и протектора (6...12 м) подбирают плоский трехжильный кабель с сечением на один размер больше, чем сечение круглого кабеля. От сечения и длины кабеля зависит потери электроэнергии в нём и КПД установки. Эти потери мощности (кВт) в кабеле длиной 100 м определяются по формуле

$$\Delta P_{\kappa} = 3I^2 R \cdot 10^{-3}, \text{кВт} \quad (3.4)$$

где  $I$  - рабочий ток в статоре двигателя;  $R$  - сопротивление в проводе, 3) Сопротивление в проводе длиной 100 м может быть определено по формуле:

$$R = \frac{\rho_t \cdot 100}{q}, \text{Ом/м} \quad (3.5)$$

где  $\rho_t$  - удельное сопротивление кабеля при температуре  $t_k$  в скважине, Ом/мм<sup>2</sup> · м;  $q$  - сечение жилы кабеля, мм; Удельное сопротивление равно по формуле:

$$\rho_t = \rho [1 + \alpha(t_k - t_{20})] \quad (3.6)$$

где  $\rho = 0,0175$  Ом/мм<sup>2</sup> · м - удельное сопротивление кабеля при  $t = 200$  С;  $\alpha = 0,004$  - температурный коэффициент для медных жил;  $t_k$  - температура в скважине, 0С.

Для поддержания требуемого напряжения на клеммах погружного электродвигателя при изменениях потерь напряжения в кабеле и других элементах питающей сети, а также для питания двигателей ПЭД с различными номинальными напряжениями при стандартных напряжениях сети применяются трансформаторы [25] и автотрансформаторы.

Осциллограммы исследования водяного насоса приведены на рисунке 3.1. Из кривых видно, что изменение нагрузки (кривая 3) при изменении скорости вращения (кривая 1) не превышает 3%. Динамический момент (кривая 2) соответствует моменту инерции машин  $M$  и  $HM$ .

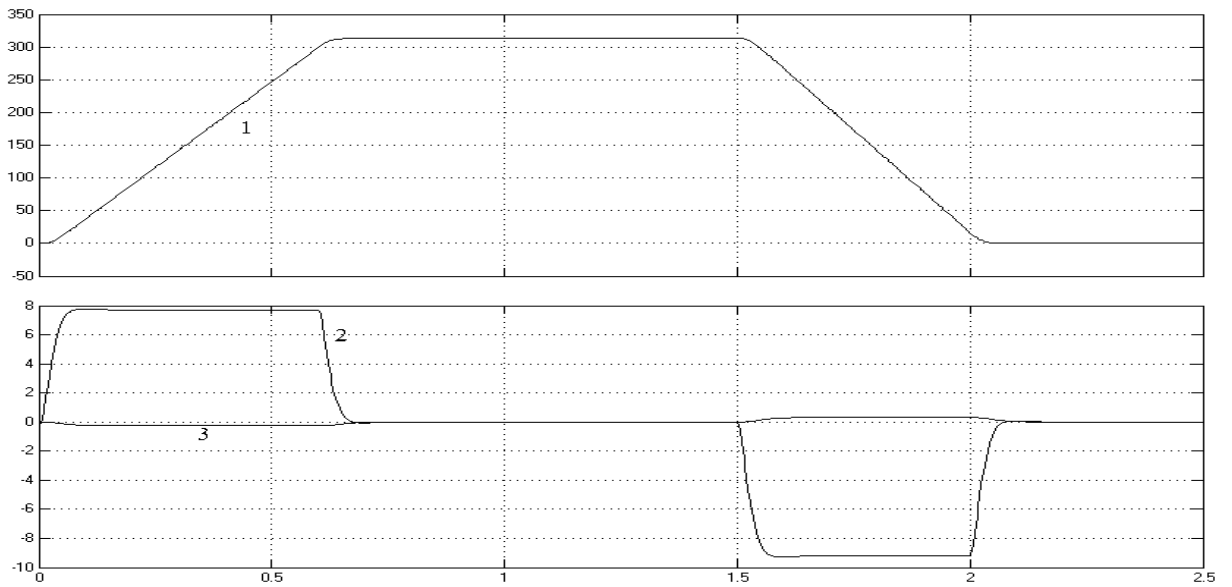


Рисунок 3.1 –Изменение нагрузочного и динамического моментов на валу  
водяного насоса во время закачки воды

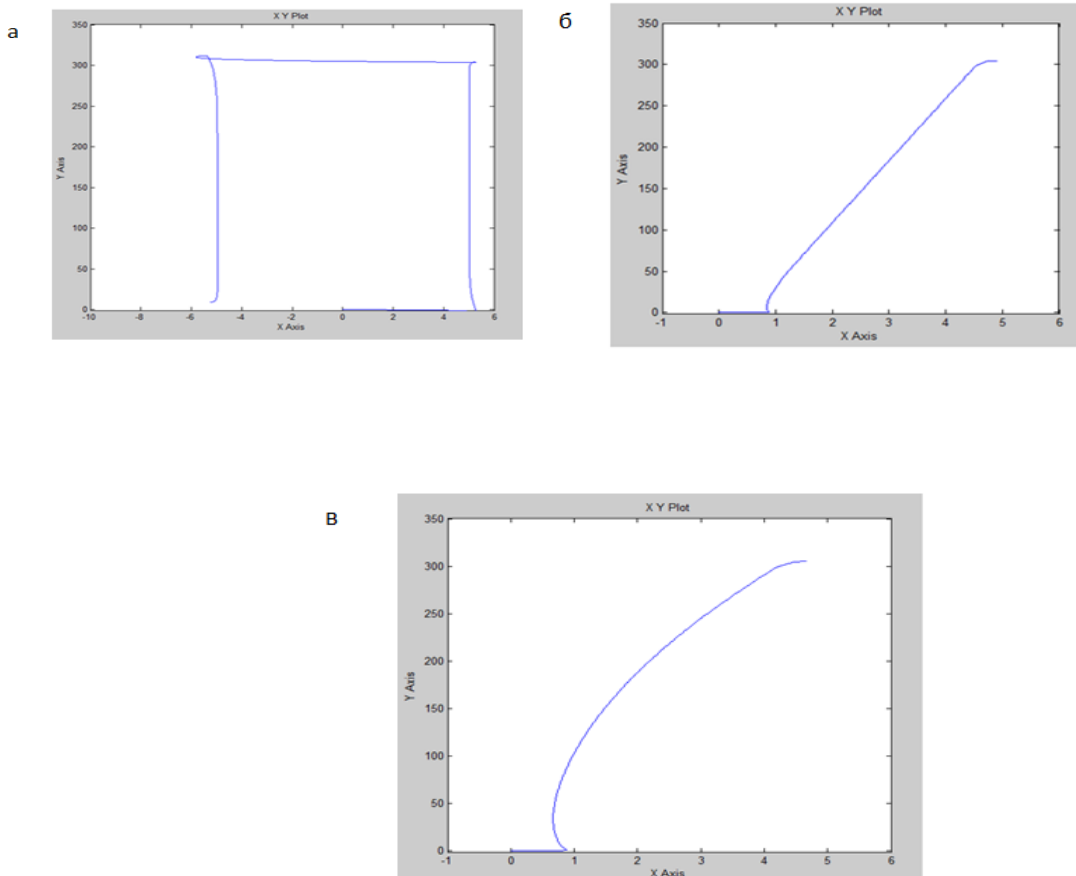


Рисунок 3.2 – Статический момент

## 3.2 Разработка предложений по автоматизированному управлению системой сельского водоснабжения

### 3.2.1 Автоматизация управления насосами

Как было неоднократно отмечено ранее, одной из основных проблем сельской системы водоснабжения является управление насосами в условиях ограниченного физического доступа к ним [38]. Очевидно, что ее решение предполагает дистанционное управление насосами. Это можно сделать по проводным линиям и радиоканалу.

Несмотря на кажущуюся простоту применения проводов, этот подход в реальности достаточно проблематичен, так как под слоем снега практически невозможно обнаружить и исправить обрыв линии. Радиоуправление представляется более универсальным и перспективным подходом.

### 3.2.2 Особенность передачи информации по радиоканалу

Из-за возможных атмосферных и техногенных помех с целью исключения ложного восприятия сигналов телеуправления-телесигнализации необходимо в передаваемый сигнал ввести проверочную комбинацию. Одним из множества возможных вариантов может быть следующий, условно показанный на рис. 3.3.

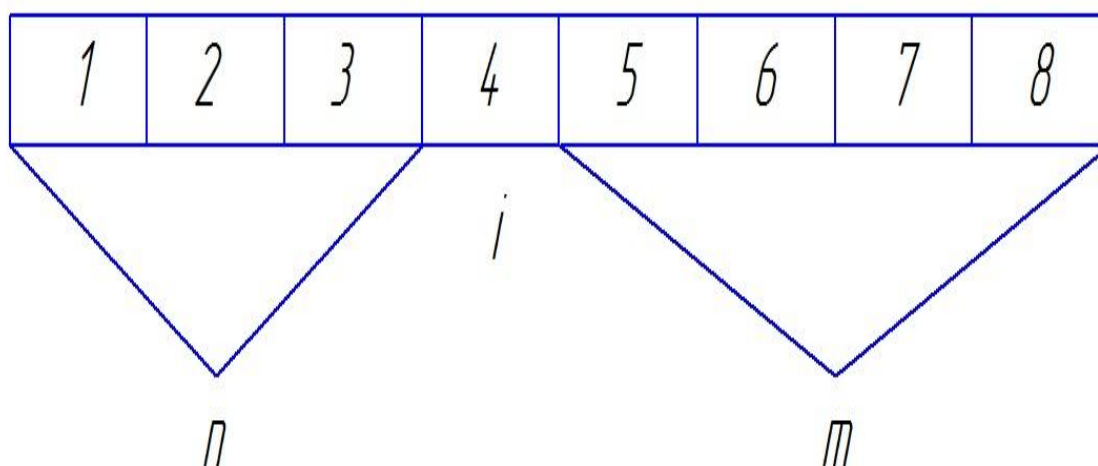


Рисунок 3.3 – помехоустойчивая цифровая последовательность  
 $n$  – двоичное число от 0 до 7;

$i$  - 0 или 1;

$m$  – двоичное число от 0 до 31.

Комбинация сигналов включает 8 двоичных цифр, из которых первые три указывают номер источника информации (датчика) [26] от 0 до 7, четвертый характеризует состояние контролируемого параметра (0- норма, 1 – не норма), а остальные 4 двоичных цифры являются проверочной комбинацией, то есть дополняют комбинацию первых 4 цифр до 31. В этом случае при приеме распознается число 31, в двоичном выражении представляющее комбинацию 4 единиц. Эти единицы подаются на логический элемент «4И-НЕ», который в данном случае на выходе имеет логический ноль. Если при передаче произошел сбой, то сумма не будет равна 31 и на выходе логического элемента появится высокий уровень, активизирующий алгоритм проверки.

Дополнительная проверка качества передачи сигнала происходит за счет многократного повторения команды и принятия решения по мажоритарному принципу.

### **3.2.3 Дистанционное включение и отключение питания скважины**

Схема дистанционного управления питанием скважины показана на рис. 3.4.

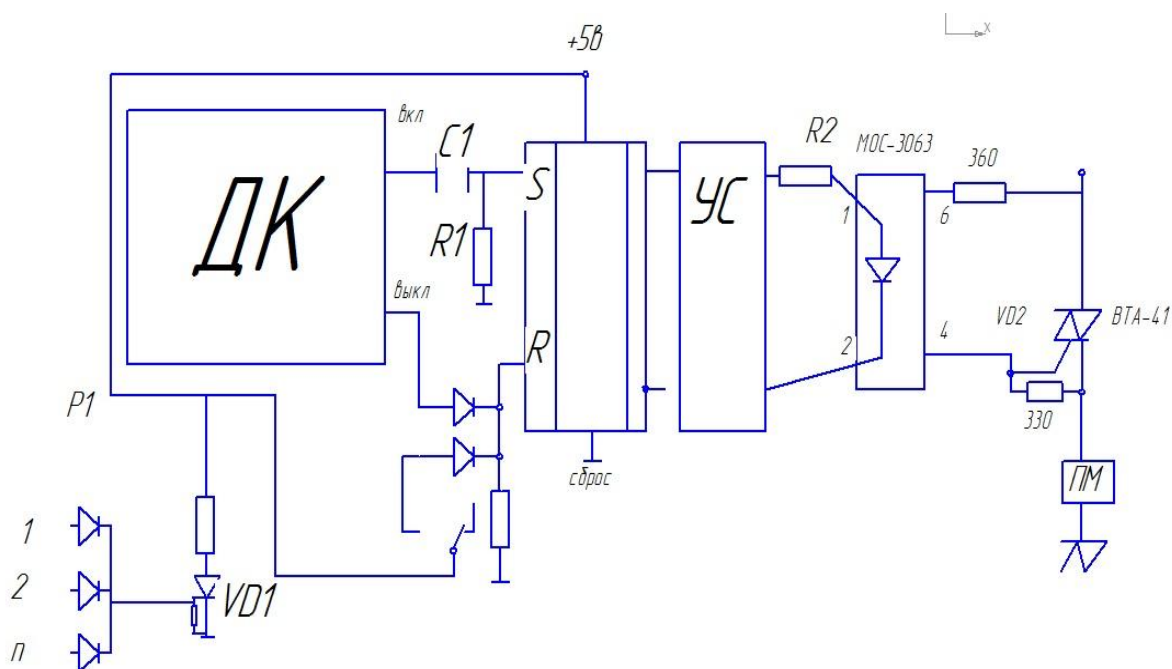


Рисунок 3.4 – Схема дистанционного управления питанием скважины

Радиосигнал в декодере (ДК) преобразуется в команду включения в форме импульса высокого уровня, в данном случае 5 В. Во избежание фиксации сигнала включения используется дифференцирующая цепочка R1-C1. Далее сигнал поступает на вход S RS-триггера, например, 561ТМ2. На его прямом выходе появляется высокий уровень, который через устройство сопряжения (УС) активизирует симисторную оптопару с детектором нуля МОС-3063, управляющую силовым симистором ВТА-41, в цепи которого находится основной магнитный пускатель ПМ.

Так как для управления светодиодом оптопары требуется ток 5 мА, в качестве устройства сопряжения можно использовать сборку любых транзисторов или, что проще, инверторы микросхемы 561ЛН2, нагрузочная способность которых более 10 мА.

Отключение питания может осуществляться по радиоканалу, то есть при подаче высокого уровня на вход R триггера или от аварийных сигналов датчиков. Для их фиксации используется свойство тиристора оставаться открытым при питании постоянным напряжением. В цепи тиристора имеется

реле, которое при срабатывании подает сигнал сброса на вход R триггера. Другие его контакты могут использоваться для местной сигнализации

### **3.2.4 Схема контроля наличия всех фаз**

На заре электротехники для контроля наличия всех фаз использовали 3 реле, однако такой подход представляется слишком примитивным, поскольку не отражает равномерность загрузки фаз [37], которая для исправного двигателя обязательна. Существующие устройства контроля тока фаз на основе микропроцессоров слишком сложны и дороги, поэтому принято решения разработать собственную конструкцию.

Для измерения тока в фазных проводниках теоретически можно использовать стандартные трансформаторы тока, но это нецелесообразно по следующим причинам. Во-первых, это дорого и не всегда приемлемо для реального сельского бюджета. Во-вторых, применение трансформаторов тока предполагает разрыв проводников, что в условиях высокой влажности существенно снизит надежность всей системы.

Предлагается в качестве измерительных трансформаторов применить собственную конструкцию, проверенную экспериментально. Так как обработка сигналов от измерительных трансформаторов проводится микросхемами КМОП структуры, то есть сверхэкономичными, мощность, передаваемая во вторичную обмотку составляет несколько милливатт. Таким образом, в качестве магнитопровода можно использовать любую подходящую железную замкнутую форму. В эксперименте было подтверждено, что для этой цели идеально подходят пакеты шайб с диаметром отверстий от 12 до 24 мм, в зависимости от тока и, соответственно, проводов. В ходе исследований было показано, что подобрать шайбы и количество витков можно практически для любого двигателя – от сотен ватт до 100 кВт и более.

В качестве первичной обмотки использовался штатный провод питания электродвигателя, пропущенный через шайбы от 3 до 10 раз. Вторичная

обмотка имела примерно в 10 раз больше витков, с целью получения вторичного напряжения около 100 мВ.

Описанная конструкция иллюстрируется рисунком 3.5.

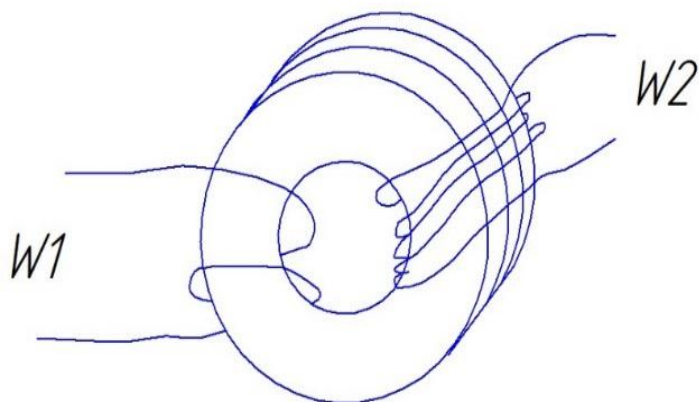
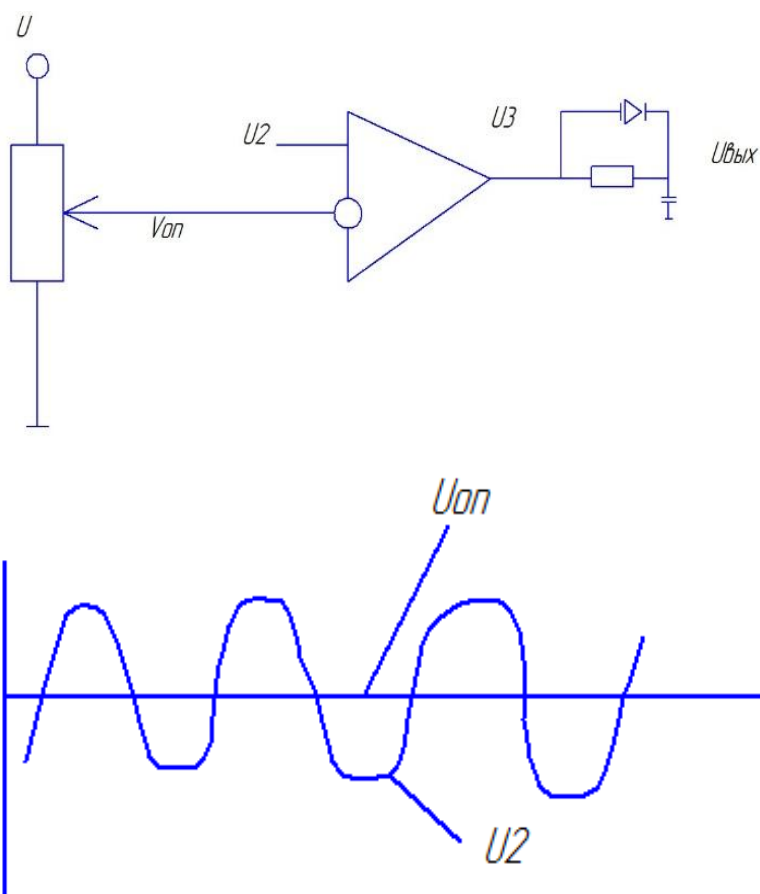


Рисунок 3.5 – Вариант конструкции измерительного трансформатора

Принцип работы устройства поясняется графиками на Рисунок 3.6



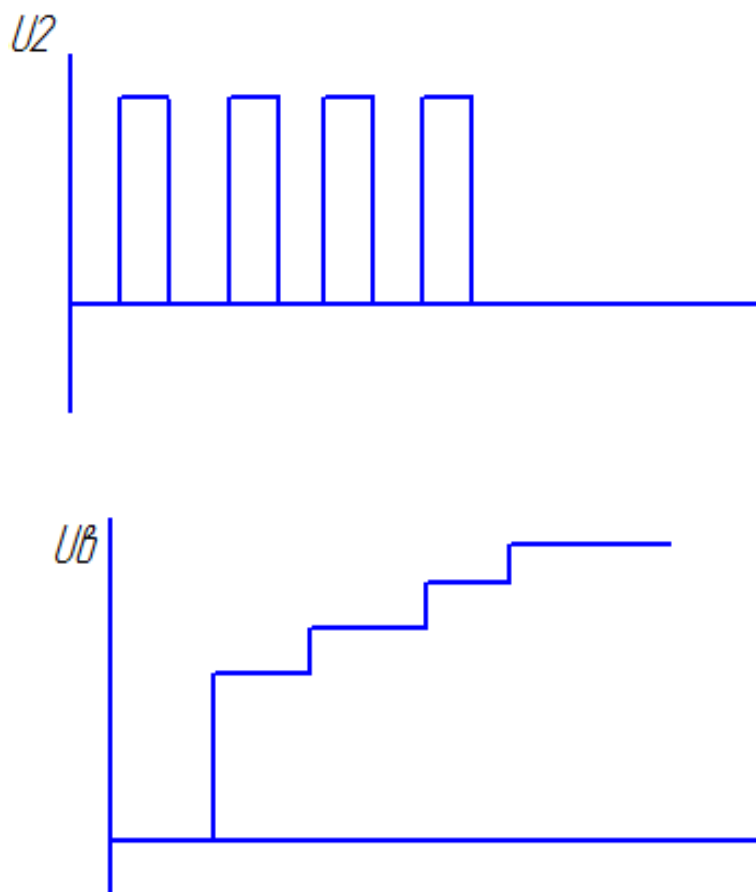


Рисунок 3.6 – Принцип работы устройства контроля фаз

Напряжение  $U_2$  с вторичной обмотки измерительного трансформатора подается на вход компаратора и сравнивается с опорным напряжением. При этом на выходе компаратора в моменты, когда измеренный сигнал выше опорного, появляются импульсы высокого уровня, свидетельствующие о том, что ток больше установленного порогового значения. Дальнейшая обработка сигналов и соответствующая схемотехника хорошо известны и здесь подробно не рассматриваются.

### 3.3 Применение автоматизированной насосной станции

Автоматизированные насосные станции по сути своей представляют собой сложный гидро электро технический комплекс, в котором электрическая энергия превращается в механическую энергию за счет которой подается вода. Жидкость поступает во входной коллектор и



аккумулируется в резервуаре где происходит откачка воды в выходной коллектор и далее в магистральный трубопровод где уже распределяется потребителям .

Бесперебойное обеспечение сельчан водой огромное значение, такое как например предотвращение возникновения разного типа эпидемиологических заболеваний.

Снабжение необходимым количеством воды в сельскую местность позволяет поднять на уровень выше его благоустройство. Бесперебойная подача хорошей чистой водой людей облегчает труд крестьянина, возможна подача воды непосредственно к коровникам для скота, и технологических нужд необходимых условий для развития с/х. С автоматизированной системой подачи воды [37] появляется возможность внедрения различных систем, где существуют жесткие требования для разнообразного сельскохозяйственного оборудования. Появляются требования к режимам подачи воды, климатическим и гидрологическим, энергетическим и другим условиям Водоснабжение сельской местности: 1) подача воды в деревня для собственных нужд, а также для работы сельскохозяйственной деятельности; 2) для постройки новых ферм, и которые уже эксплуатируются в эксплуатируются 3) обеспечения пастбищ водой; 4) для полива растительности.

С внедрением автоматизированной системы водоснабжения мы гарантированно обеспечиваем каждого гражданина Российской Федерации хорошей чистой водой по доступной цене в необходимом количестве. Данная программа является главным направлением социальной политики Российского государства, поскольку во многом определяет благополучие селян.

Помимо этого появляется возможность в будущем контролировать расход воды на те или иные цели. Данное регулирование воды станет хорошим экономическим инструментом в рациональном использовании природных ресурсов РФ.

### **Выводы по 3 разделу:**

1. Для эффективного управления системой сельского водоснабжения целесообразно использовать автоматизированную насосную станцию.
2. Для обеспечения автоматизированной насосной станции необходимыми данными скважины должны быть оборудованы системой датчиков, часть из которых нужно изготовить самостоятельно.
3. Дистанционное управление водоснабжением по радиоканалу требует применения специальной помехозащищенной системы дистанционного управления по радиоканалу.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая работа посвящена одной из актуальных проблем современного села – повышению качества водоснабжения. На основе анализа существующих систем водоснабжения обоснован вывод о необходимости их радикальной модернизации на базе автоматизированной насосной станции, дополненной системой датчиков.

В ходе исследований были рассмотрены источники воды и способы ее подъема на поверхность, исследованы варианты управления оборудованием скважин и водонапорных башен. При этом обнаружилось, что электрооборудование скважин, работающее в условиях высокой влажности, часто приходит в негодность. С целью повышения его надежности предложено заменить электромагнитные коммутационные устройства на электронные на основе тиристоров и симисторов.

Особой проблемой вышеуказанных систем является управление скважинами в осенне-зимний период [36], когда доступ к ним затруднен снегом и грязью. Для ее решения предложен вариант дистанционного управления по радиоканалу с применением помехоустойчивого кодирования сигнала.

Новизна работы заключается в применении электронных коммутирующих устройств вместо электромеханических, в разработанном алгоритме функционирования системы водоснабжения в целом и помехоустойчивом способе передачи информации по радиоканалу.

Практическая значимость работы заключается в возможности внедрения полученных научно-технических результатов в реальных сельских системах водоснабжения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон “Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации” от 6 октября 2009 г. №131-ФЗ.
2. Федеральный закон “О государственном регулировании агропромышленного производства” от 14 июля 2008 г. № 100 – ФЗ.
3. Федеральный закон от 07.12.2011 N416-ФЗ "О водоснабжении и водоотведении"
4. Проект Федерального закона “О развитии сельского хозяйства” №8307-4, внесен на рассмотрение в Государственную Думу 20.01.2004 г.
5. Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. N 74-ФЗ
6. ГОСТ Р 51211-98 Вода питьевая. Методы определения содержания поверхностно-активных веществ
7. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
8. Абрамов, Н.Н. Водоснабжение / Н.Н. Абрамов. М.: Перспектива, 2007. 420 с.
9. Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике / Под общей ред. Ю.Н. Руденко и В.А Семенова. М.: Издательство МЭИ, 2005. 648 с.
10. Алексеев Л.С. Контроль качества воды: Водоснабжение и водоотведение. М: Инфра-М, 2010. 154 с.
11. Анучин, А. С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов М. : Издательский дом МЭИ, 2015. 373 с.
12. Ахманов М.Н. Вода, которую мы пьем. Качество питьевой воды и ее очистка. СПб.: Невский проспект, 2008. 192 с.
13. Васильев, В. М. Насосы и насосные станции [Электронный ресурс] : учебное пособие. Электрон. текстовые данные. СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. 133 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/80751.html> (дата обращения 10.10.18)

14. Водоснабжение и водоотведение: проблемы реализации федерального закона. Будницкий В.М. Экол. пр-ва. 2015, N 1, с. 34-40. Рус.
15. Водоснабжение, водоотведение, гидротехника и инженерная гидрогеология. 2012, N 13, 154 с. Рус.
16. Диагностика инженерных систем и сооружений водоснабжения и водоотведения: методические указания. Иваново: Ивановский государственный архитектурно-строительный университет, 2010. 60 с.
17. Инженерные сети, инженерная подготовка и оборудование территорий, зданий и стройплощадок: учебное пособие для студентов средних специальных учебных заведений и колледжей. Ростов-н/Д: Феникс, 2014. 640 с.
18. Инженерные сети и оборудование [Электронный ресурс]. URL: [http://ioborudovanie.blogspot.ru/p/blog-page\\_11.html](http://ioborudovanie.blogspot.ru/p/blog-page_11.html) (дата обращения: 15.01.2019)
19. Инженерные системы и оборудование зданий. Водоснабжение и водоотведение: методические указания к курсовому проекту для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, 2017. 26 с.
20. Кожин, И.В. Пути устранения потерь воды на водопроводах М.: Стройиздат, 2002. 340 с.
21. Козлов С.Н. Расчет и проектирование отводящих устройств центробежных насосов. Часть 2: учебное пособие М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2007. 44 с.
22. Кормашова Е.Р. Проектирование систем водоснабжения и водоотведения зданий [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кормашова Е.Р. Электрон. текстовые данные. Иваново: Ивановский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. 142 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/17750.html>. (дата обращения 20.08.18)

23. Костин, В. И. Энергоэффективная работа насосов и вентиляторов в системах теплоснабжения и вентиляции [Электронный ресурс] : монография Новосибирск : Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ, 2015. 188 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/68866.html> (lfnf j,hfotybz 20/07/18). (дата обращения 06.09.18)
24. Мещеряков, В. Н. Энергосбережение в электроэнергетике и электроприводе [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Энергосберегающие технологии» для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. 28 с. 2227-8397. URL: <http://www.iprbookshop.ru/74425.html> (дата обращения 20.09.18).
25. Губайдуллин Р.А., Колокольчикова Г.С., Мазитова А.М., Податнова О.В. Акустический и оптический методы обнаружения частичных разрядов в масляных трансформаторах // Международный научно-информационный центр «Наукосфера»: Новые направления и концепции в современной науке: сборник научных трудов. Смоленск : 2019. С. 36-37.
26. Губайдуллин Р.А., Колокольчикова Г.С., Мазитова А.М., Податнова О.В. Перспективы использования пьезоэлектрических датчиков для определения частичных разрядов в масляных трансформаторах // Международный научно-информационный центр «Наукосфера»: III Международная научно-практическая конференция: сборник научных трудов. Смоленск : 2018. С. 32-34.
27. Губайдуллин Р.А., Мазитов Р.Г., Мазитова А.М., Математическое моделирование режимов работы электропривода каретки портального манипулятора //Сборник научных трудов по материалам III Международная научно-практическая конференция: сборник научных трудов. Смоленск : 30 апреля 2018. С. 142-144.

28. Федотов А.В. Моделирование привода погружного насоса интеллектуальной скважины: монография. Омск: Омский государственный технический университет, 2012. 175 с. [Электронный ресурс] URL: <http://www.iprbookshop.ru/37831.html>. (дата обращения 18.10.18)
29. Муниципальное водоснабжение [Электронный ресурс]. URL: <http://www.jurby.com/ru/industries/housing/municipal>. (дата обращения 10.10.18)
30. Рекомендации по установлению эксплуатационных норм водопотребления в жилищном фонде. М.: МЖКХ РФ, 2002. 240 с.
31. Тарифное регулирование услуг водоснабжения и водоотведения. [Электронный ресурс] URL: [www.berg.bendery.md/new\\_resources/water/vik/money/tarif.doc](http://www.berg.bendery.md/new_resources/water/vik/money/tarif.doc) (дата обращения 27.05.2019).
32. Электродвигатели малой мощности [Электронный ресурс]. URL: <https://konstruktor.net/podrobnee-elekt/ehlektrodvigateli-maloy-moschnosti-948.html> (дата обращения 15.01.2019).
33. Хаблянян М. Х. Вакуумная техника. Оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация. Часть 2. Вакуумные насосы [Электронный ресурс]: учебное пособие. Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. 300 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/79274.html> (дата обращения 24.03.2019).
34. Яковлев С.В, Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: АСВ, 2008. 704 с.
35. Развитие водоснабжения в сельской местности [Электронный ресурс] URL: [http://base.garant.ru/9081519/fa16a0630025bbcb3a94e610038d7ca1/?\\_utl\\_t=vk#friends](http://base.garant.ru/9081519/fa16a0630025bbcb3a94e610038d7ca1/?_utl_t=vk#friends) (дата обращения 27.05.2019).
36. Water pump control [Электронный ресурс]. URL: [https://www.google.com/search?rlz=1F1CPEE\\_enR1U7678RU768&ei=IsH0XLm](https://www.google.com/search?rlz=1F1CPEE_enR1U7678RU768&ei=IsH0XLm) (дата обращения 15.01.2019).

37. Countryside water tower [Электронный ресурс]. URL: <https://www.electricwaterpump.com> (дата обращения 15.10.2018).
38. Rural water supply system [Электронный ресурс]. URL: <https://www.encyclopediaoflifesupportsystem.com> (дата обращения 15.01.2019).
39. Water tower system [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dailymail.co.uk/health/article-1313337/Mobility-mayhem-The-300-000-invalid-carriages-Britains-roads-pavements.html> (дата обращения 17.03.2018).