

ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Рахматулин Ильдар Рафикович

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ
СОЛНЕЧНОЙ ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С СИСТЕМОЙ
СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ

Специальность 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук,
профессор Кирпичникова И.М

Челябинск – 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	11
1.1 Причины роста потребления воды и возможные пути решения за счет внедрения энергоэффективных технологии очистки воды.....	12
1.2 Использование возобновляемых источников энергии в процессах очистки воды.....	15
1.3 Анализ энергоэффективности известных схем очистки воды.....	16
1.4 Анализ эффективности использования возобновляемых источников энергии в процессах очистки воды.....	23
1.5 Схемы опреснительных установок в процессах очистки воды.....	28
Основные выводы по главе 1. Цель и задачи исследования.....	32
ГЛАВА 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ СОЛНЦА В ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ В РЕГИОНАХ С УМЕРЕННЫМ КЛИМАТОМ	34
2.1 Разработка схемы управления солнечной опреснительной установки.....	35
2.2 Анализ эффективности различных типов солнечных коллекторов в качестве нагревательного элемента в солнечной опреснительной установке.....	49
2.3 Математическое моделирование солнечной опреснительной установки.....	50
2.4 Испытания солнечной опреснительной установки в бытовых условиях.....	55
2.4.1 Технические характеристики оборудования использованного при испытаниях.....	57
2.4.2 Экспериментальные исследования опреснителя.....	58
Основные результаты и выводы по главе 2.....	62

ГЛАВА 3 ИСПЫТАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ.....	64
3.1 Технические характеристики оборудования использованного при испытаниях.....	66
3.2 Испытания солнечной опреснительной установки.....	68
3.2.1 Исследование производительности солнечного опреснителя с вакуумными стеклянными полыми трубками.....	68
3.2.2 Исследование производительности солнечного опреснителя с вакуумными тепловыми трубками.....	69
Основные результаты и выводы по главе 3.....	70
ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ..	72
4.1 Разработка фотодатчика для устройства слежения за солнцем	74
4.2 Разработка платы управления устройством слежения за солнцем.....	83
4.2.1 Экспериментальные исследования фотоэлементов	83
4.2.2 Разработка алгоритма работы устройства слежения за солнцем.....	86
4.3 Анализ известных электрических приводов и разработка привода устройства слежения за солнцем.....	87
4.4 Технические характеристики разработанного устройства слежения за солнцем	89
Основные результаты и выводы по главе 4.....	92
ГЛАВА 5 ИСПЫТАНИЯ УСТРОЙСТВА СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ.....	93
5.1 Испытания солнечной опреснительной установки с устройством слежения за солнцем	95
5.2 Использование солнечных батарей в качестве источника электрической энергии.....	99

5.3 Система контроля заряда энергии электрического аккумулятора солнечной опреснительной установки	103
5.4 Использование электромагнитных импульсов для предварительной обработки воды при борьбе с накипью.....	105
Основные результаты и выводы по главе 5.....	106
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	107
ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	109
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	133

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В соответствии с Государственной программой Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики» на 2013–2020 гг. (распоряжение от 3 апреля 2013 г., № 512-р) в России все большее внимание уделяется использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Солнечная энергия, как наиболее доступный, неисчерпаемый и перспективный источник энергии находит свое применение в различных процессах и установках, решая при этом вопросы снижения потребления электроэнергии в них.

Актуальность данной темы обусловлена существующим на сегодняшний день сокращением объемов пресной воды для энергодефицитных районов Урала и Зауралья. Применение опреснителей для данных территорий с использованием солнечной энергии может решить эту проблему. При этом высокую производительность солнечных опреснителей можно обеспечить за счет автоматизации технологического процесса опреснения и использования устройства слежения за солнцем.

Вследствие отсутствия четкой зависимости производительности солнечной опреснительной установки от ее географического расположения невозможно рассчитать необходимую площадь солнечного коллектора и влияние устройства слежения на производительность и стоимость установки.

Исходя из этого, актуальным является проведение теоретических исследований, на основании которых будет создана математическая модель, позволяющая рассчитать производительность установки при различных режимах работы.

При разработке солнечных опреснителей необходимо исследовать тепловые режимы, конструкции опреснителя, возможность использования устройства слежения за солнцем и автоматизации установки. Разработка электрической схемы управления процессом позволит создать автономную

солнечную опреснительную установку, предназначенную не только для бытового, но и для промышленного использования.

Степень научной разработанности проблемы. В основу данной работы легли труды В.И. Виссарионова, Д.С. Стребкова, Э.В. Тверьяновича, П.П. Безруких, О.С. Попеля, В.В. Елистратова, Л.А. Саплина, Ю.А. Амирханова, В.Н. Слесаренко, В.Ф. Коваленко, Г.Я. Лукина и других ученых, которые внесли неоценимый вклад в развитие использования солнечной энергии в ряде технологических процессов.

Объект исследования – комплексная солнечная опреснительная установка, включающая устройство опреснения, солнечные вакуумные коллекторы и электропривод системы слежения за солнцем.

Предмет исследования – процессы управления солнечной опреснительной установкой, по критериям энергоэффективности.

Целью работы является создание комплексной энергоэффективной солнечной опреснительной установки с разработкой системы управления.

Идея работы. Увеличение энергоэффективности солнечной опреснительной установки за счет разработки эффективного алгоритма управления и использования устройства слежения за солнцем.

В соответствии с указанной целью были поставлены **следующие задачи:**

1. Провести анализ конструкций и электрических схем управления установками очистки воды.
2. Провести обследование в потребности регионов в солнечных опреснительных установках.
3. Разработать математическую модель и комплексную опреснительную установку.
4. Разработать методы управления и электрический привод для регулирования положения плоскости солнечных коллекторов.
5. Рассчитать технико-экономическую эффективность использования разработанной установки в условиях Урала и Зауралья.

Методы исследований. В работе использовались методы теоретического и экспериментального исследований.

Теоретические методы исследования: теория электропривода, методы математического моделирования, методика расчетов основных узлов модернизируемых опреснительных установок, методика определения оптимальных экономических характеристик судовых опреснителей, методика расчета среднечасового прихода солнечного излучения на произвольно-ориентированную приемную площадку.

Методы экспериментального исследования: предварительные, лабораторные и производственные испытания разработанных образцов.

Достоверность полученных результатов определяется корректностью поставленных задач и целей, сравнением результатов, полученных в ходе математических расчетов и экспериментальных исследований.

Научные положения, выносимые на защиту и их научная новизна

1. Теоретически обоснована потребность в использовании солнечных опреснительных установок с системой слежения за солнцем на территориях от 55 до 60° северной широты с поступлением солнечной радиации в пределах 1000–1300 кВт·ч/м² в год.

2. На основе математической модели, позволяющей в зависимости от климатических условий указать наиболее выгодное соотношение распределения солнечной энергии, разработана комплексная опреснительная установка, которая учитывает режимы работы при кратковременной облачности и в условиях длительного затенения.

3. Предложена новая схема автоматизации работы с применением солнечных коллекторов и системы слежения за солнцем, обеспечивающая высокую производительность при низких эксплуатационных затратах и позволяющая получить максимальный положительный баланс между вырабатываемой тепловой энергией и потреблением электрической энергии.

Практическая значимость работы заключается в том, что:

– разработанная математическая модель может быть использована автономными потребителями и промышленными предприятиями для расчета производительности солнечной опреснительной установки при использовании ее в различных регионах и при различных климатических условиях;

– разработанная комплексная солнечная опреснительная установка может использоваться для опреснения воды как в бытовых, так и в промышленных масштабах;

– разработанное устройство слежения за солнцем отличается низкой стоимостью, простотой сборки и удобством эксплуатации.

Внедрение результатов в работу. Все работы, связанные с внедрением, проводились при непосредственном участии автора.

Результаты диссертационной работы внедрены и используются в производственной деятельности экспертно-монтажно наладочным предприятием ООО «УМНЭКС» в проекте «Электроснабжение частного жилого дома с использованием солнечных батарей» в г.Учалы, Республики Башкортостан и компанией ООО «Новые технологии теплоснабжения» при создании производственного образца солнечной опреснительной установки.

Результаты работы внедрены в учебный процесс кафедры «Электротехника и возобновляемые источники энергии» энергетического факультета как раздел «Исследование влияния различных режимов работы солнечных коллекторов на производительность солнечной опреснительной установки и теплового котла» дисциплины «Энергетическое использование гелиоресурсов» для бакалавров, обучающихся по направлению 140400.62 – Электроэнергетика и электротехника.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались в полном объеме на Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Энерго– и ресурсосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» (г. Екатеринбург, УрФУ, 2011 г.); на ежегодных IV и V научных конференциях

аспирантов и докторантов (ЮУрГУ, г. Челябинск, 2012 г., 2013 г.); на LXIV и LXV научных конференциях ЮУрГУ. Секция электроэнергетики и возобновляемых источников энергии (ЮУрГУ, г. Челябинск, 2012 г., 2013 г.); на XXI Международной научно – практической конференции «Модернизация научных исследований» (Украина, г. Горловка, 2012 г.); на XII Международной научно – практической конференции МНИЦ (г. Пенза, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2012 г.); на VIII Международном симпозиуме по фундаментальным и прикладным проблемам науки. (с. Непряхино, Челябинская обл., 2013 г.), на Международной конференции в Канаде - QUEST 2013 Conference – Integrated Energy Solutions for Every Community and other training activities organized by IAEMM (Ottawa, ON). November, 2013; на Международной научно-технической конференции «Современные проблемы электроэнергетики. Алтай, 2013» (г. Барнаул, Алтайский Государственный Технический Университет, 2013 г.)

Публикации. По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, в том числе 5 статей в журналах, входящих в **перечень, рекомендуемый ВАК**, 5 статей в журналах, включенных в Российский индекс цитирования (РИНЦ), тезисы 2-х докладов на Всероссийских конференциях, тезисы 2-х докладов на Международных конференциях. Имеется 4 патента РФ на полезную модель.

Личный вклад автора состоит в постановке цели и задач исследования, проведении теоретических и экспериментальных исследований, разработке математической модели, обработке экспериментальных данных, в формулировании и доказательстве научных положений и выводов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы. Работа изложена на 132 страницах основного текста, включает 57 рисунков, 14 таблиц и список используемой литературы из 201 наименований.

Соответствие научной специальности: исследование, проводимое в рамках диссертационной работы, полностью соответствует формуле и пп. 1 – 4 области исследования, приведенным в паспорте специальности 05.09.03.

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проблема приближающегося дефицита пресной воды не нова, и во многих научных работах описаны последствия дефицита пресной воды и возможные пути решения данной проблемы [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Ряд ученых прогнозирует возможность возникновения локальных и масштабных войн за обладание водными ресурсами в мире [11, 12, 13, 14], что делает запасы пресной воды стратегически важным ресурсом для любого государства.

Важным показателем, помимо запасов пресной воды, является и ее качество. Нехватка чистой питьевой воды способна стать причиной тяжелейших проблем, связанных со здоровьем людей. В развивающихся странах из 37 болезней, влияющих на смертность, 21 болезнь связана с потреблением некачественной воды [15, 16, 17, 18, 19].

Особое внимание при проектировании установок очистки воды стоит уделить разработке электрических схем, т. к. эффективность работы устройства очистки воды зависит от величины потребления электрической энергии. Автоматизация опреснительной установки позволит повысить производительность установки, увеличить надежность и избавиться от услуг оперативного персонала, что существенно снизит стоимость обслуживания установки.

В мегаполисах имеется развитая инфраструктура, возможность использования электрической энергии по низким тарифам и большой выбор установок очистки воды, которые, вследствие своей востребованности, выпускаются многими отечественными и зарубежными производителями. Конкуренция делает установки очистки воды для бытового использования доступными для применения в домашних условиях. Иная ситуация наблюдается в деревнях, где сосредоточена сельскохозяйственная отрасль, которая является важным экономическим двигателем страны, и в регионах с дефицитом пресной воды и наличием загрязненных (соленых) источников

воды, в которых использование электрической энергии делает опреснение воды в больших объемах экономически нецелесообразным. Отсутствие возможности подключения установки к электрическим сетям делает нерентабельным использование стандартных методов очистки воды, что особенно важно для отдаленных строительных объектов, в местах экологических катастроф и др.

1.1 Причины роста потребления воды и возможные пути решения за счет внедрения энергоэффективных технологий очистки воды

За последние 100 лет население на планете увеличилось в несколько раз, что отразилось на технологическом прогрессе и вызвало резкий рост промышленных мощностей, вследствие чего запасы пресной воды в огромных количествах были направлены на производство электрической энергии, пищевых продуктов (полив посевов), химической, металлургической, бумажной и других видов промышленности [20, 21, 22]. К примеру, на производство 500 тонн целлюлозы необходимо затратить 100 тыс. м³ воды, что равноценно водообеспечению города с населением 500 000 человек. В сельском хозяйстве на орошение земель расходуется примерно 50–60 % объема воды, необходимого для народного хозяйства и это составляет 2 100 000 м³ в сутки [23].

Из-за плохого технического оснащения свыше 4,8 км³ воды в год теряется в орошаемом земледелии. Около 3 км³ в год, или более 20 %, общего объема поданной в водопроводную сеть воды теряется в системах централизованного водоснабжения из-за их неудовлетворительного технического состояния [24, 25, 26, 27, 28].

Сегодня порядка 1,2 миллиарда людей живет в условиях постоянного дефицита воды. Треть населения планеты проживает в странах, в которых имеется умеренная или сильная нехватка пресной воды и водопотребление превосходит 10 % от возобновляемых ресурсов пресной воды. Около 80 стран,

в которых проживает 40 % мирового населения, страдают от нехватки воды, начиная с середины 90-х годов [29]. Пятая часть населения планеты не имеет доступа к источникам пресной воды и потребляет воду без необходимой предварительной очистки [30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41].

Для решения проблемы с дефицитом пресной воды все больше стран ставят перед собой цель обеспечить 5–30 % общего спроса на воду за счет повторного использования сточных вод [42].

Для России стоимость водных ресурсов как национального богатства составляет примерно 23 241 млрд. рублей [43], что еще раз доказывает важность сохранения и увеличения запасов данного вида ресурса.

На территории России насчитывается более 2,7 млн. озер с суммарной площадью водной поверхности 408 856 км². Среди них только 19 озер имеют площадь, превышающую 1 000 км². Большинство озер (98 %) имеют площадь 1 км² и глубину от 1 до 1,5 м. Почти все запасы озерных вод сосредоточены в 11 наиболее крупных водоемах, включая озеро Байкал [44, 45, 46, 47]. Примерно 84 % поверхностных вод сосредоточено к востоку от Урала (рис. 1.1) [48].

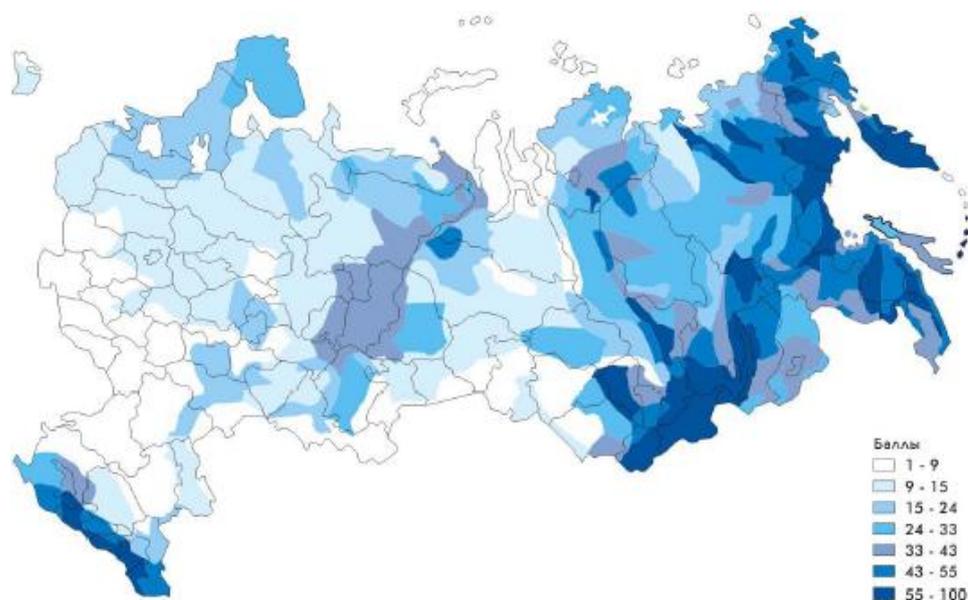


Рис. 1.1. Водные ресурсы России

Использование ресурсов озера Байкал, в котором содержится 20 % мировых запасов пресной воды, не представляется возможным, т. к. понижение уровня содержания воды в Байкале может негативно сказаться на качестве воды всего озера. Воды озера Байкала требуют очистки, т. к. в отдельных участках предельно допустимая концентрация диоксидов превышает норму вследствие работы предприятия байкальской ЦБК, выделений от шпал железной дороги и других причин [49].

На сегодняшний день дефицит пресной воды имеется во многих регионах России: Курганской, Астраханской, Волгоградской, Ростовской, Курской областях, большей части Северного Кавказа и Республике Калмыкия. Дефицит в каждом регионе может быть вызван различными факторами [50, 51, 52, 53].

В качестве источников пресной воды в ряде регионов используются подземные воды. Ресурсный потенциал пресных подземных вод России весьма велик и оценивается в 870 млн. м³/сут. Общая добыча подземных вод составляет 28,15 млн. м³/сут. Как и надземные источники пресной воды, подземные воды распределены по территории России неравномерно [54, 55, 56, 57, 58, 59].

Стоит учесть, что существенной проблемой в России является износ трубопроводов, который заметно понижает качество транспортабельной воды, при этом по протяженности трубопроводов Россия занимает второе место в мире [60].

В Челябинской области сосредоточено огромное количество озер, общее количество которых составляет 3170, причем 98 из них имеют площадь более 5 кв. км [61]. Однако вода большей части озер не подходит по санитарным нормам для ее использования в качестве питьевой воды [62]. С учетом этого и неравномерного распределения водных источников дефицит питьевой воды имеется как в Челябинске, так и в городах области: Магнитогорске, Златоусте, Миассе, Каслях и Кыштыме.

Треть территории Курганской области имеет выраженный дефицит питьевой воды, где водопотребление не превышает 40 литров в сутки на человека [199].

На сегодняшний день проблема дефицита решается за счет транспортировки воды из более благополучных районов. Проблема заключается в том, что потери при транспортировке очень высоки: в городе Кургане она достигает 36,6 %, в городе Шадринске 26,4%, в городе Катайске 31,4 %. В городе Кургане протяженность трубопровода, находящегося в эксплуатации более 20 лет, составляет 52,74%, большая изношенность наблюдается по всей области [200].

Водные ресурсы отличаются неравномерностью распределения во времени, т. к. основная часть стока (70–80 %), приходится на период весеннего половодья. При этом в средний год на Южном Урале из всей собранной воды питьевой только 30 % [64].

Большинство объектов водохозяйственного комплекса Челябинской области сформировались во второй половине прошлого столетия. К сегодняшнему дню многие из них устарели и требуют модернизации [65, 66].

1.2 Использование возобновляемых источников энергии в процессах очистки воды

В работе [68, 69, 150] очистка воды осуществляется за счет энергии, получаемой от теплового насоса. Недостатком данной системы является необходимость присутствия специалистов при монтаже установки, который требует время и больших расходов, и после того, как установка будет сдана в эксплуатацию, отсутствует возможность ее перемещения, без проведения предварительных монтажных работ.

В работе [70] проведены исследования над солнечными опреснительными установками парниковых типов. Получены положительные

результаты, показывающие возможность использования солнечной энергии для опреснения воды. Но результаты исследований получены в регионе с высокой интенсивностью солнечного излучения, что делает невозможным их использование в регионах с низкой солнечной активностью, к которым относится и Челябинская область.

Проведенный анализ имеющихся исследований по очистке воды за счет возобновляемых источников энергии показал отсутствие экспериментальных данных и выведенных математических закономерностей, на основании которых можно было бы рассчитать производительность установки при использовании ее в различных регионах и при различных начальных условиях работы. Вследствие этого имеется необходимость в создании установки для очистки воды на возобновляемых источниках энергии с высокой производительностью и низкой стоимостью, проведение экспериментальных исследований над ней, в создании математической модели, на основании которой можно было бы рассчитывать производительность установки при различных начальных условиях работы и при использовании ее в различных регионах.

1.3 Анализ энергоэффективности известных схем очистки воды

В связи с существующими проблемами дефицита пресной воды очевидно, что для сохранения и дальнейшего роста экономики необходимо создание благоприятных условий для сохранения имеющихся запасов пресной воды и создание установки, способной в кратчайшие сроки в больших количествах при минимальных затратах очищать загрязненные источники воды.

На сегодняшний день не имеется идеального метода очистки воды, имеющего высокие показатели при различных режимах работы, в связи с чем был проведен сравнительный анализ и составлена таблица 1.1, в которой приведены достоинства и недостатки известных методов очистки воды.

Таблица 1.1. Методы очистки воды

Установка / метод	Достоинства	Недостатки	Энергия на очистку 1 м ³ воды, в Вт
Хлорирование	Простота конструкции. Возможность очистки воды в больших объемах в короткие сроки. Доступность и быстрое действие хлора [71]	Большинство хлорорганических веществ обладает мутагенным свойством. Образование побочных продуктов, хлорорганических продуктов, таких как тригалометаны, хлороформ и др, которые опасны для здоровья человека [72]. Для перевозки и хранения хлора требуется соблюдение специальных требований	Затраты при эксплуатации
Озоновая очистка	Автономная работа установки	Доставка реагентов. Сложность конструкции	300–400
Ультрафиолетовая очистка	Простота конструкции оборудования. Отсутствие при эксплуатации затрат [67, 73, 88]	Оксиды металлов и других соединений остаются в воде. Возможно вторичное заражение бактериями. Требуется периодическая очистка ламп от налетов	30–60
Обратный осмос	Простота конструкции оборудования. Автономная работа установки	Большая стоимость установки. Необходимость периодической замены мембраны [74, 75]	900–1100

Продолжение таблицы 1.1

Электродиализный метод	Автономная работа установки	Большая стоимость установки. Большое потребление электрической энергии. Является экономически оправданным при солесодержании в растворе примерно 10 г/л. Не уничтожают бактерии	900–1300
Ионный метод	Позволяет выборочно извлекать из раствора необходимые компоненты: соли жесткости, тяжелые металлы	Необходимо использовать реагенты	Затраты при эксплуатации
Электродеионизация	Возможность получения высокочистой воды	Сложность конструкции. Требуется присутствие обученного персонала для работы с установкой	500–1000
Активный ил	Не используются реагенты	Сложная система работы устройства, требуется постоянное присутствие рабочего персонала. Большая площадь комплекса [76]	1000–1500
Флотационная установка	За время 20–40 мин. обеспечивает эффект очистки в 90–98 % от нерастворимых примесей и взвешенных веществ [77]	Необходимо использовать реагенты. Сложность конструкции. Используется по большей части на промышленных предприятиях для очистки оборотных вод [78]	100–500

К выбору метода очистки воды и, как следствие, к выбору установки следует подходить с большой ответственностью. Стоит учесть, что очищенная вода используется в бытовых, промышленных и питьевых нуждах. Помимо качества получаемой воды важными критериями выбора метода очистки воды являются следующие факторы:

- стоимость установки;
- затраты в процессе эксплуатации;
- стоимость монтажа установки;
- количество обслуживающего персонала;
- показатели обрабатываемой воды;
- производительность установки;
- место расположения установки.

Только с учетом вышеизложенных факторов возможно создание устройства, способного конкурировать с ведущими производителями в области очистки воды [79, 80, 81, 82, 83, 84, 187].

Вода занимает 70 % поверхности Земли, из которых 2,5 % – пресная вода, а остальные 97,5 % – морская [85]. Россия занимает самую большую территорию на планете, омывается морями, принадлежащим трём океанам и имеет множество соленых (загрязненных) озер, расположенных по всей территории страны, возможное опреснение прибрежных морских вод и очищение загрязненных озер может стать решением проблемы дефицита пресной воды для России.

В России обработанную соленую воды широко используют в промышленности и в других областях [86]. Для обессоливания воды используются в основном два метода: мембранный, работающий на использование полупроницаемых мембран и дистилляционный, использующий фазовый переход [87].

В установках, в которых электрическая энергия не участвует непосредственно в процессе очистки воды, таких как хлорирование и др.,

затраты энергии уходят на второстепенные, но не менее важные функции, такие как закачка воды и управление электромагнитными клапанами подачи воды.

Мембранный метод очистки воды работает на разности давления с двух сторон мембраны и бывает следующих типов:

- микрофльтрация, которая задерживает взвешенные микрочастицы и бактерии;
- ультрафльтрация, которая задерживает вирусы;
- нанофльтрация, которая задерживает олигосахариды.

Очистка производится в фильтрах с использованием тонкопленочной мембраны, в которых происходит удаление соли через поры мембран размером 0,0001 микрон, через которые могут пройти свободно молекулы воды и кислорода, а остальные элементы таблицы Менделеева – в ограниченном, безопасном для человека количестве.

Самым популярным методом опреснения с высокой степенью очистки является метод обратного осмоса. В установках обратного осмоса могут использоваться различные типы мембран: пористые, диффузионные монолитные и асимметричные ацетатцеллюлозные мембраны. Выбор мембраны зависит от условий работы: рабочее давление, производительность, параметры исходной воды и др. [89, 90, 91].

Недостатком обратного осмоса является необходимость в периодической замене мембран, большая стоимость установки и потребление электрической энергии.

В установках обратного осмоса необходимо создание высокого давления для прохождения водного раствора через мембрану, поэтому потребление электрической энергии остается на высоком уровне, вследствие чего при больших объемах опреснения воды электрическая схема установки осложняется наличием большого количества коммутационного оборудования и элементов защиты электрической цепи.

На рис. 1.2 показана электрическая схема промышленной установки обратного осмоса RAIFIL RO100 [187].

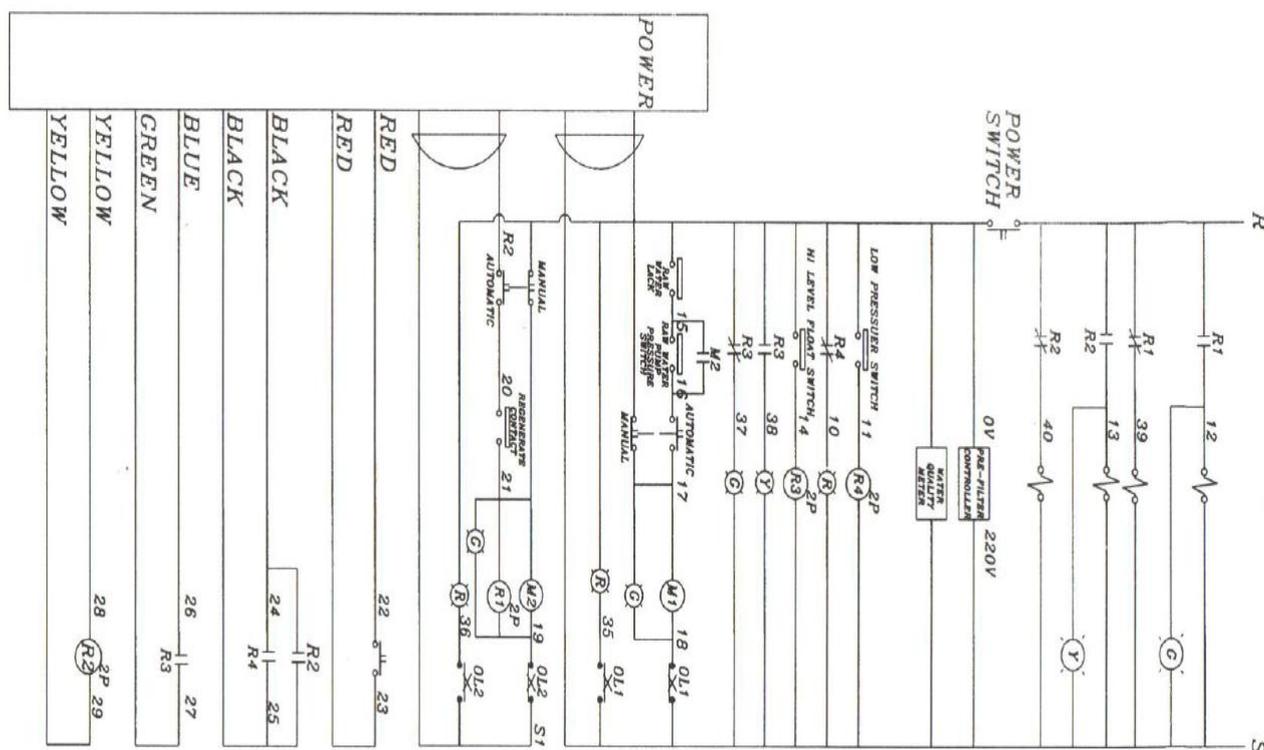


Рис. 1.2. Электрическая схема промышленной установки обратного осмоса RAIFIL RO100

Метод дистилляции. Другая возможность обессоливания воды – это дистилляция. В установках для дистилляции могут использоваться электрические нагреватели. В работе [92] в качестве наиболее энергосберегающей конструкции электрического нагревателя воды предлагают использовать индукционные нагреватели [93]. Данный метод, помимо большого потребления электрической энергии, имеет недостаток в образовании накипи на нагревательном элементе.

С учетом проведенного анализа составлена классификация методов очистки воды (рис. 1.3).

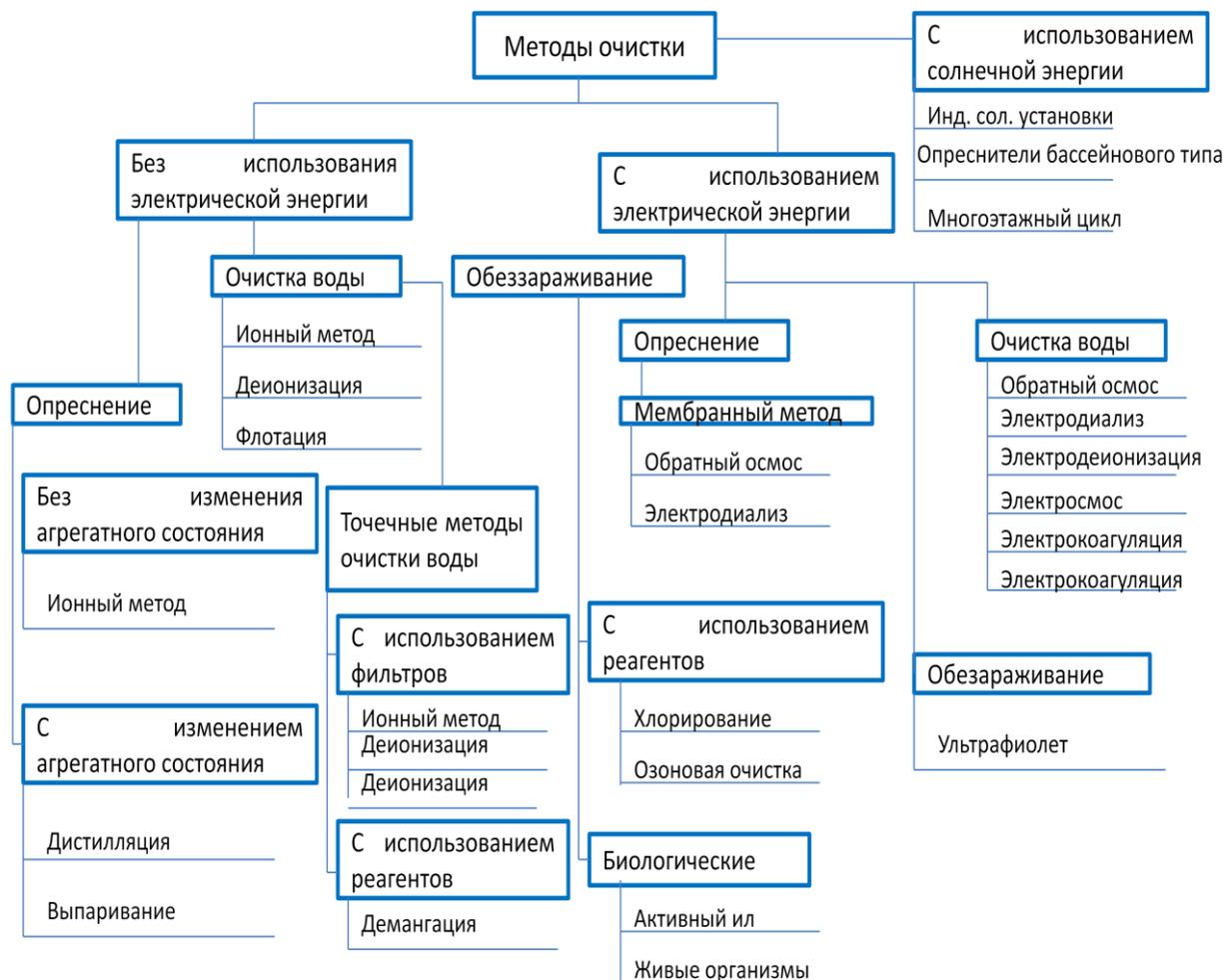


Рис. 1.3 Классификация методов очистки воды

Выбор метода очистки воды. С учетом роста тарифов на электроэнергию и неизбежным истощением полезных ископаемых, нами было принято решение об использовании возобновляемых источников энергии в качестве основного ресурса энергии для разрабатываемой установки, что также благотворно скажется на экологии окружающей среды [94, 95, 164].

Стоит учесть, что чистая вода требуется не только в мегаполисах, но и во всех уголках нашей планеты, таких как строящиеся объекты и населенные пункты, не имеющие централизованного водоснабжения. Место для установки выбирается, исходя из необходимости в чистой воде и источника воды, предназначенной для очищения. При расположении установки в отдаленных

районах, возникает необходимость к подключению к сетям электрической энергии, что заметно удорожает конечную стоимость монтажа и накладывает ряд ограничений на использование установки.

1.4 Анализ эффективности использования возобновляемых источников энергии в процессах очистки воды

Установки очистки воды на ВИЭ нашли широкое применение в странах с жарким климатом. К примеру, в Саудовской Аравии используется мембранный метод очистки воды, работающий на энергии от солнечных батарей. Аналогичная установка имеется в Испании (рис. 1.4), где очистка воды происходит методом обратного осмоса, для которого электрическая энергия вырабатывается ветрогенераторами и солнечными батареями [96, 97].

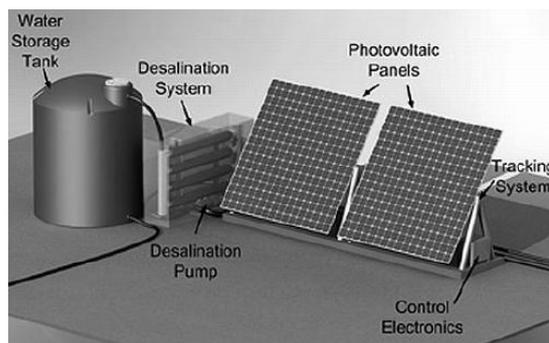


Рис. 1.4. Опреснительная установка на возобновляемых источниках энергии

Рассмотрена возможность использования наиболее известных источников энергии для очистки воды.

Популярность использования энергии ветра для получения электрической энергии за последние десятилетия шагнула далеко вперед. Это объясняется тем, что данный вид энергии не наносит вреда экологии и может использоваться в любом регионе планеты.

Ветроэнергетические установки (ВЭУ) нашли широкое применение при индивидуальном использовании и в промышленных масштабах.

Вырабатываемая мощность установок может варьироваться от нескольких Вт до 1 и более МВт, что позволяет выбрать ВЭУ для каждого конкретного случая.

За последние 25 лет стоимость вырабатываемой электрической энергии заметно снизилась и составляет 4,5 евроцента на 1 кВт [98].

ВЭУ бывают с вертикальной и горизонтальной осью вращения, в работе [99] показаны преимущества использования ВЭУ с горизонтальной осью вращения.

Нами разработана [184] схема опреснительной установки, в которой представлена возможность за счет ряда технических решений совместить опреснительную установку с ВЭУ и тем самым повысить производительность установки. Схема подключения ветроэнергетической установки к электрическому нагревателю показана на рис. 1.5.



Рис. 1.5. Схема подключения ветроэнергетической установки к электрическому нагревателю

Использование ВЭУ делает опреснительную установку автономной. Недостатком разработанной схемы опреснения является сложность монтажа и высокая стоимость конструкции, что делает невозможным использование установки для индивидуального потребления.

Энергия ветра может быть задействована в качестве источника энергии для традиционных методов очистки воды, к примеру, для установок обратного

осмоса. Северные районы России и Кавказ имеют богатые ветровые ресурсы, что делает возможным работу установок очистки воды на энергии ветроэнергетических систем и позволит устанавливать станции очистки воды в непосредственной близости от источника обрабатываемой воды, к примеру, на берегу Каспийского моря. Недостатком данного метода является необходимость больших капиталовложений и длительный срок окупаемости проекта.

Термальные воды могут использоваться в производстве электрической энергии или в качестве горячего водоснабжения.

Значительная часть месторождений термальных вод высоко минерализована и представляет собой рассолы, содержащие от 35 г/л до 400 г/л солей, что предъявляет особые требования к установкам, работающим на энергии геотермальных источников [101].

Процессы, происходящие в геотермальных залежах при их разработке, отличаются большой сложностью вследствие влияния на них многочисленных факторов [102].

На территории России высокотемпературные геотермальные ресурсы имеются на Камчатке. Только в Мутновском месторождении геотермальные запасы энергии оцениваются в 300 МВт. Вторым по величине регионом по запасам геотермальной энергии является Северный Кавказ. В республике Дагестане термальные воды используются в процессах теплоснабжения. За 15 лет откачено более 97 млн. м³ термальной воды, которая использована в процессах теплоснабжения, что позволило сэкономить 638 тыс. т условного топлива [103]. Данные показатели говорят о возможности использования опреснительных установок на геотермальной энергии на Северном Кавказе.

Энергию Земли можно использовать при помощи тепловых насосов, но их мощности недостаточно для доведения морской воды до температуры кипения, т. к. опыт эксплуатации термических опреснительных установок

показывает, что 60 % эксплуатационных затрат приходится на тепловую составляющую [104].

Высокотемпературные источники могут быть задействованы для теплообмена с опресняемой водой, но вследствие ограниченности источников геотермальной энергии данный способ не является подходящим для работы с опреснительными установками.

Электрическая схема управления опреснительной установкой на базе геотермальных источников отличается необходимостью использования аналоговых, цифровых датчиков контроля жидкости, концентрации раствора и других параметров, что приводит к удорожанию установки и усложняет процесс монтажа и наладки.

Солнце является главным источником энергии на Земле, мощность которого характеризуется солнечной постоянной – количеством энергии, проходящим через плоскость площадью 1 м^2 , перпендикулярную солнечным лучам, и принимается равной 1.37 кВт/м^2 . Солнце – газообразный шар радиусом $6\,955\,000 \text{ км}$ с массой $1.98 \cdot 10^{30} \text{ кг}$, где источником энергии служит термоядерная реакция [106]. Каждую секунду примерно $6 \cdot 10^{11} \text{ Н}$ превращает в He , что приводит к выделению энергии порядка $3.8 \cdot 10^{26} \text{ Дж}$. [107].

Основная часть электромагнитного излучения лежит в диапазоне от ультрафиолетового до инфракрасного спектра и имеет длину волн от 100 до $4\,000 \text{ нм}$. Солнечный спектр состоит из ультрафиолетового, видимого и инфракрасного излучения. При прохождении через атмосферу инфракрасный свет ослабляется вследствие воздействия паров воды, а ультрафиолетовое излучение поглощается озоном. При этом 370 Вт теряется при прохождении солнечного излучения через атмосферу, значит, при ясной погоде и при нахождении солнца в зените до земной поверхности доходит только 1000 Вт . При этом интенсивность солнечного излучения зависит от географического положения, времени суток, сезона, площади поверхности, угла поверхности и наличие облачности [108, 109, 110, 122].

Положение солнца в любой точке земли определяется двумя углами. Зенит (высота) – угол между направлением на солнце из точки наблюдения и горизонтальной плоскостью и азимут – угол, проходящий через эту точку и между плоскостью меридиана и вертикальной плоскостью, проведенной через точку наблюдения и солнце.

При поглощении солнечной энергии телом его температура увеличивается, на этом эффекте построена работа опреснительных установок [111].

Солнечное излучение делится на три типа:

– прямое – это излучение, поступающее от солнца на плоскость в виде параллельных лучей;

– рассеянное – это излучение, поступающее на Землю в виде рассеянных лучей, вследствие воздействия молекул атмосферных газов и аэрозолей солнечных излучений;

– отраженное – это излучение, поступающее от поверхности Земли.

До Земли доходит: ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение.

Электрические схемы управления солнечными опреснительными установками обеспечивают высокую надежность устройства, низкую стоимость и возможность увеличения производительной мощности установки без значительного увеличения потребления электрической энергии.

Солнечное излучение благодаря своим характеристикам является наиболее приемлемым источником энергии в процессах опреснения воды [112].

Для работы солнечного опреснителя в ночное время или при слабой солнечной активности разработана схема включения в работу установки, работающей по принципу обратного осмоса (рис. 1.6).

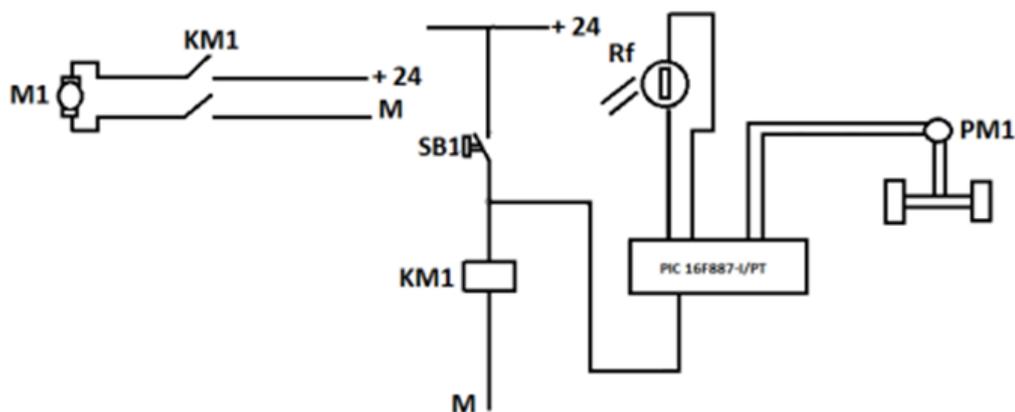


Рис. 1.6. Схема включения в работу установки, работающей по принципу обратного осмоса: М1 – установка, работающая по принципу обратного осмоса; SB1 – ручной режим включения; РМ1 – расходомер; Rf – датчик освещенности; КМ1 – электромагнитное реле

В качестве управляющего устройства для включения в работу традиционных установок очистки воды предлагается использовать расходомер и датчик освещенности Rf, подключенные через аналоговый вход к микроконтроллеру, который, исходя из анализа полученных данных, подает сигнал на включение вспомогательных установок РМ1 через электромагнитное реле КМ1.

1.5 Схемы опреснительных установок в процессах очистки воды

В 1993 г. опреснительными установками всех типов в мире произведено 1,9 млн. м³/сут., в 2000 г. потребление пресной воды составило 16 млн. м³/сут, а в 2006 г. – 50 млн. м³/сут. Данная тенденция показывает увеличение потребления опресняемой воды и, как следствие, потребность в опреснительных установках.

Учитывая цены на топливо и электроэнергию в большинстве стран мира, стоимость получаемой пресной воды составляет 0,45–0,65 долл/м³, что приблизило ее значение к затратам на водоснабжение от пресноводных источников [113].

Солнечные опреснители широко применяются в Саудовской Аравии, в которой производится 18 % всей опресненной воды в мире, в Йемене, где ежегодно вырабатывают от 20 млн. м³ [114, 115], и на кораблях дальнего плавания [116].

Морская вода характеризуется сложными физико-химическими свойствами, вследствие многообразия ее составных элементов: солей, газов, электролитов, неэлектролитов и органических соединений. Содержание веществ в воде зависит многих факторов: регион, температурные факторы, глубина, из которой забирается морская вода и др.

Немецкой компанией Augustin Produktentwicklung [117] разработано простое устройство дистилляции воды, способное ежедневно перерабатывать 1,6 л морской воды в чистую питьевую воду (рис. 1.7 а).

Аналогичная установка изобретена выпускником Университета Монаша (Мельбрун, Австралия), которая способна производить 1 л. дистиллята в сутки (рис. 1.7 б) [118].



а

б

Рис. 1.7. Солнечные опреснительные установки немецкой компании Augustin Produktentwicklung (а) и выпускника Университета Монаша (Мельбрун, Австралия) (б)

Солнечный опреснитель с небольшой производительностью использует одну ступень испарения, состоит из емкости, покрытой прозрачной изоляцией, емкости с соленой водой и устройства для сбора конденсата. Емкость с соленой водой теплоизолирована и установлена к боковым стенкам и днищу корпуса.

К недостаткам установок данного типа относятся:

- малая эффективность использования солнечного излучения для нагрева соленой воды;
- большие потери тепла через корпус опреснителя;
- маленькая площадь поверхности для конденсации;
- незначительная разница температур между соленой водой и поверхностью стекла.

Принцип действия вакуумных водоопреснительных аппаратов основан на создании вакуума в испарительной камере (рис. 1.8 б, в). Недостатками данных установок являются – небольшая производительность дистиллята и большие объемы испарительных камер, которые при этом должны быть герметичны [120, 121].

Производители гелиоопреснительной установки [105], состоящей из солнечного коллектора и многосекционного вакуумного дистиллятора, гарантируют производительность 5 л с 1 м² (рис. 1.8 г). В установке испарительный теплообменник выполнен в виде спиральных трубок. Вакуумирование дистиллята осуществляется с помощью водовоздушного эжектора. Недостатком данной установки является сложность конструкции, большая вероятность поломки и выхода из строя установки. Потребление электрической энергией вакуумным насосом при подаче 5 л/мин составляет 180 Вт.

Общие недостатки установок, представленных в исследуемых литературных источниках, заключаются в отсутствии данных по экспериментальным исследованиям опреснителей, отсутствии показателей производительности при различных условиях работы установки и отсутствии данных по техническим характеристикам используемого оборудования.

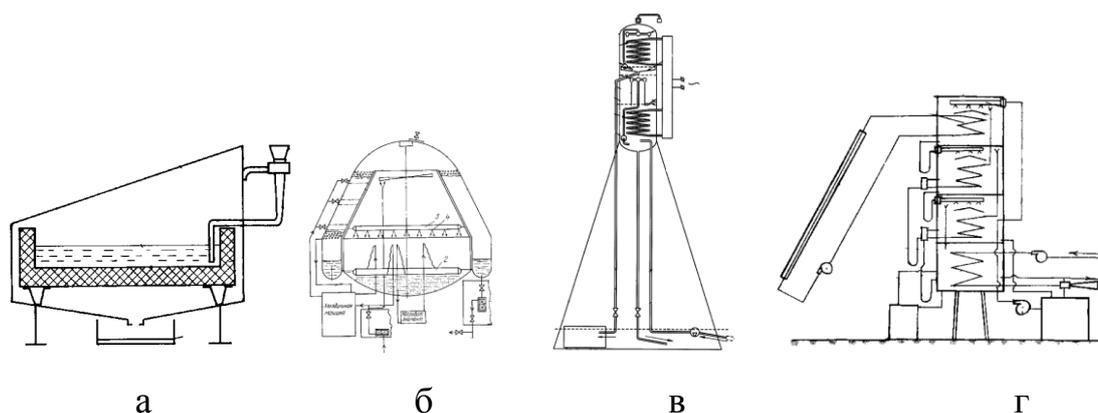


Рис. 1.8. Схемы опреснительных установок: а – солнечный опреснитель; б – вакуумный водоопреснительный аппарат; в – устройство для опреснения морской воды; г – гелиоопреснительная установка

Число термических дистилляционных установок на сегодняшний день достигло 2 820 единиц. Одна из таких установок установлена в г. Конарак (Иран), где имеется 35 ступенчатая установка производительностью 35 000 м³ в сут., в Италии используется установка производительностью 144 000 м³ в сут.

Потребление электрической энергии в дистилляционных установках уходит на подачу воды и подачу пара, питание измерительных приборов и электромагнитных клапанов и др. На рис. 1.9 показана стандартная схема дистилляционной установки мгновенного вскипания [113].

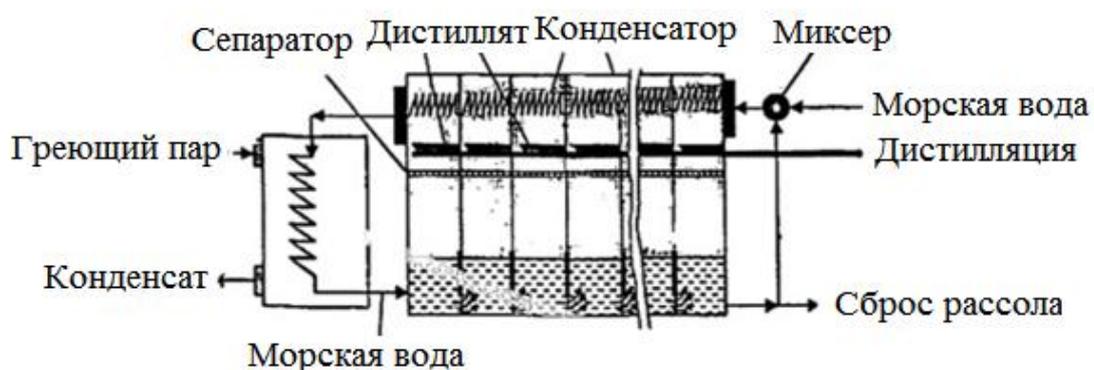


Рис. 1.9. Схема дистилляционной установки мгновенного вскипания

Потребление электрической энергии установок подобного типа напрямую зависит от производительности дистилляционной установки.

Производители установок очистки воды по большей части делают упор на процесс очистки воды, пренебрегая возможностью усовершенствования

процесса очистки за счет модернизации электрических схем установок, которые по большей части направлены на удовлетворение первичных нужд установки и не предусматривают режимов экономии электрической энергии и повышения производительности за счет смены режимов работы в зависимости от внешних факторов. Для оптимизации процесса опреснения необходима гибкая система управления, позволяющая использовать различные режимы работы в зависимости от внешних факторов [124].

Основные выводы по главе 1. Цель и задачи исследования

На основе проведенного анализа наличия дефицита пресной воды в мире, Российской Федерации и в Челябинской области и анализа электрических схем управления при использовании различных методов очистки воды принято решение о создании устройства очистки воды, работающего на солнечной энергии. Осуществлен сравнительный анализ использования солнечного коллектора и концентратора в качестве нагревательных элементов в опреснительной установке, который показал преимущества использования коллектора. Солнечный концентратор рекомендуется использовать при больших объемах производства очищенной воды и при наличии оперативного персонала, в то время как солнечные коллекторы возможно применять и при индивидуальном использовании.

Рассмотрены различные схемы работы установки. Проанализированы и выбраны оптимальные режимы работы. С учетом рассмотренных методов очистки воды и [125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 172] проведенного анализа, принято решение о разработке установки очистки воды, работающей на энергии от солнечных коллекторов.

Целью работы является создание комплексной энергоэффективной солнечной опреснительной установки с разработкой системы управления.

В соответствии с указанной целью были поставлены **следующие задачи:**

1. Провести анализ конструкций и электрических схем управления установок очистки воды.
2. Провести теоретические исследования целесообразности использования солнечной энергии для работы опреснительной установки в районах с умеренным климатом.
3. Разработать математическую модель солнечной опреснительной установки, энергосберегающую солнечную опреснительную установку и провести экспериментальные исследования.
4. Разработать устройство слежения за солнцем и провести экспериментальные исследования.
5. Дать экономическую оценку использования разработанной установки в условиях Южного Урала.

ГЛАВА 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ СОЛНЦА В ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ В РЕГИОНАХ С УМЕРЕННЫМ КЛИМАТОМ

Современный мир диктует жесткие условия эффективности, требуя максимальную производительность при минимальных затратах, в связи с чем, ученые и технические специалисты тратят огромные деньги и время на создание установок очистки воды, превосходящих по показателям установки конкурентов. Следовательно, при проектировании опреснительных установок стоит рассматривать все возможные способы преобразования солнечной энергии в тепловую энергию [140, 141, 142, 191].

Для того чтобы установка была конкурентоспособной, необходимо, чтобы она удовлетворяла следующим требованиям:

- производительность выше аналогов при одинаковых эксплуатационных затратах;
- возможность использования конечным потребителем при помощи инструкции, без помощи квалифицированных специалистов;
- возможность доработки для дальнейшего использования в промышленных масштабах;
- возможность перевозки как морским, так и сухопутным путем;
- отсутствие необходимости в периодической замене различных материалов установки;
- работа установки осуществляется без присутствия оператора или периодического вмешательства человека в технологический процесс.

С учетом требований, изложенных выше, были разработаны схемы опреснения воды с использованием энергии солнца.

2.1 Разработка схемы управления солнечной опреснительной установкой

Передача тепловой энергии от солнечного коллектора к опреснительной установке осуществляется через теплообменник, который расположен в емкости для соленой воды (рис. 2.1).

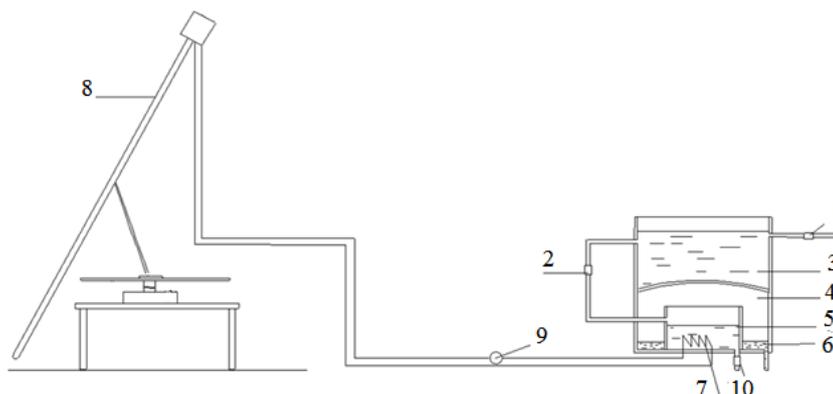


Рис. 2.1. Схема использования солнечных коллекторов для дистилляции воды: 1 – трубопровод подачи соленой воды; 2 – трубопровод подачи соленой воды в секцию опреснения; 3 – секция для конденсации; 4 – секция для очищенной воды; 5 – секция для опреснения; 6 – трубопровод для подачи очищенной воды потребителю; 7 – теплообменник; 8 – солнечный коллектор; 9 – циркуляционный насос; 10 – клапан сброса опресняемой воды

Солнечный коллектор 8 с вакуумными трубками передаёт тепловую энергию при помощи циркуляционного насоса 9 на теплообменник 7, установленного в секции для опреснения 5.

Предварительный расчет стоимости установки показал, что использование теплообменника для передачи тепла от коллектора к соленой воде понижает КПД установки и делает необходимым использование циркуляционных насосов для передачи теплоносителя от коллектора к опреснителю, что приводит к увеличению стоимости установки. При отрицательной температуре тепловые потери будут возрастать.

В зимнее время опреснительную установку можно содержать в помещении с положительной температурой, тем самым сэкономив на теплоизоляционных материалах.

Управление силовой частью в данной установке осуществляется через электромагнитные реле (рис. 2.2).

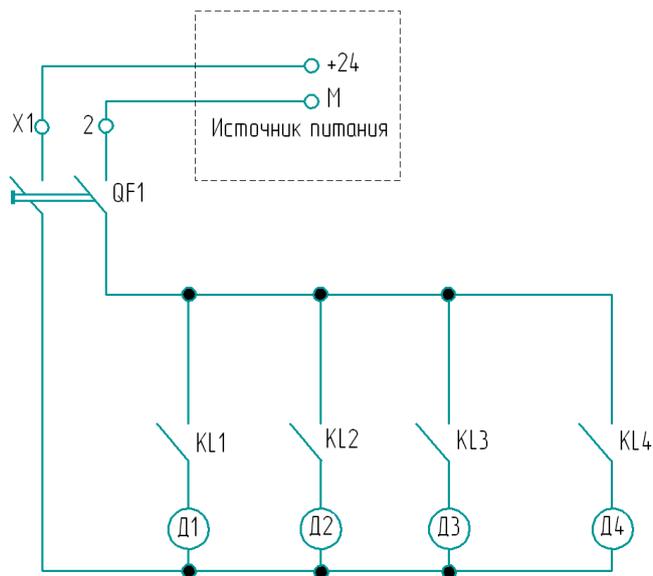


Рис. 2.2. Силовая часть электрической схемы опреснительной установки: QF1 – автоматический выключатель; KL1-KL4 – блок контакты электромагнитного реле; Д1-Д4 – электромагнитные клапана

Для управления электромагнитными клапанами можно использовать контроллер (рис. 2.3) либо осуществить релейную логику без использования контроллера, где датчики через реле будут включать электромагнитные клапаны.

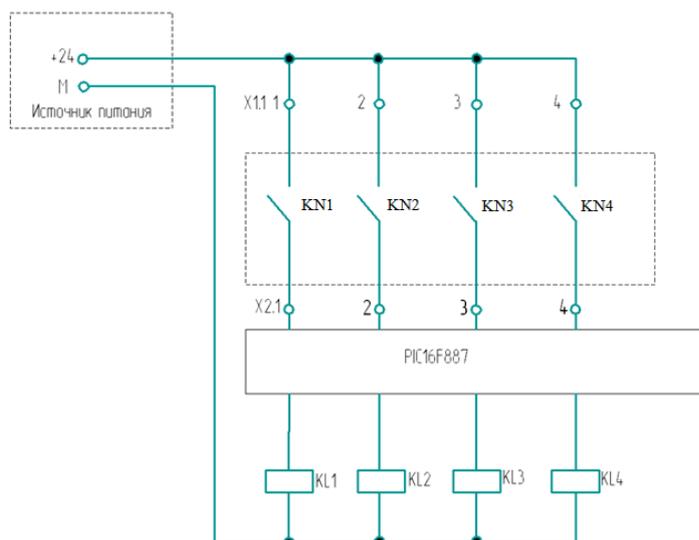


Рис. 2.3. Электрическая схема оперативных цепей опреснительной установки: KN1-KN4 – датчики уровня жидкости; KL1-KL4 – катушки электромагнитного реле

Преимуществом данной схемы является небольшое количество электрических элементов и высокая надежность. При необходимости имеется возможность добавить дискретные модули ввода/вывода для повышения функциональности установки, что может быть вызвано необходимостью увеличения производительности и повышения системы надежности и безопасности.

Отличительными особенностями представленной схемы (рис. 2.4) является использование распылителей, которые производят подачу соленой воды на теплообменник в виде капель, использование нескольких теплообменников, солнечных коллекторов и наличие электрического нагревателя.

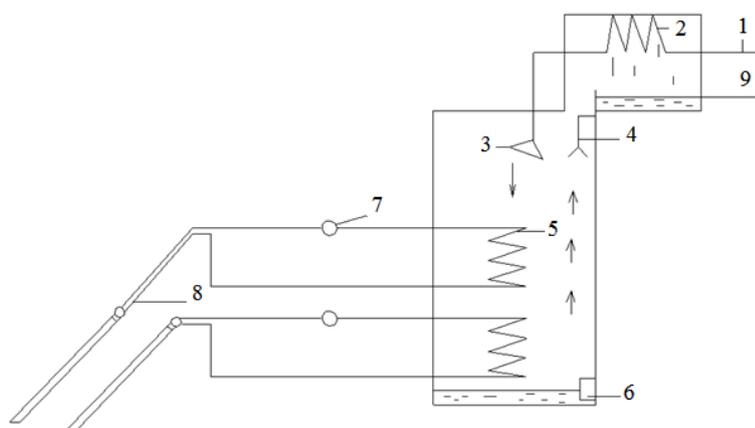


Рис. 2.4. Общий вид опреснительной установки: 1 – трубопровод подачи соленой воды; 2 – теплообменник; 3 – распылитель; 4 – вентилятор; 5 – теплообменник солнечного коллектора; 6 – электрический нагреватель; 7 – циркуляционный насос; 8 – солнечный коллектор; 9 – секция для очищенной воды

В отличие от предыдущей схемы, использование теплообменника в данной схеме оправдано наличием распылителей соленой воды, которые увеличивают КПД работы теплообменников.

Принцип действия данной схемы заключается в следующем. Соленая вода по трубопроводу 1 через теплообменник 2 попадает в распылитель 3, который подает соленую воду в виде маленьких капель на теплообменник 5, где циркулирует теплоноситель солнечного коллектора 8 при помощи насосов 7.

Образовавшийся пар через вентиляторы подается на теплообменники, на которых конденсируется, и далее образовавшийся дистиллят попадает в емкость для очищенной воды 9. Часть соленой воды, которая не успела испариться на теплообменниках, испаряется при помощи электрического нагревателя 6.

Предварительные расчеты показали, что получаемая вода будет иметь высокую себестоимость, которая будет снижаться при увеличении производительности установки. Так же недостатками данной схемы являются использование большого количества элементов, сложность монтажа, невысокая надежность, необходимость сборки установки квалифицированным персоналом. Для управления и обслуживания установки необходимо использовать оперативный персонал.

Преимуществом является возможность использования опреснительного комплекса в отапливаемом помещении, в то время как солнечные коллекторы размещаются на улице.

Данную схему предпочтительно задействовать для выработки больших объемов очищенной воды.

Силовая часть электрической схемы разработанной солнечной опреснительной установки показана на рис. 2.5.

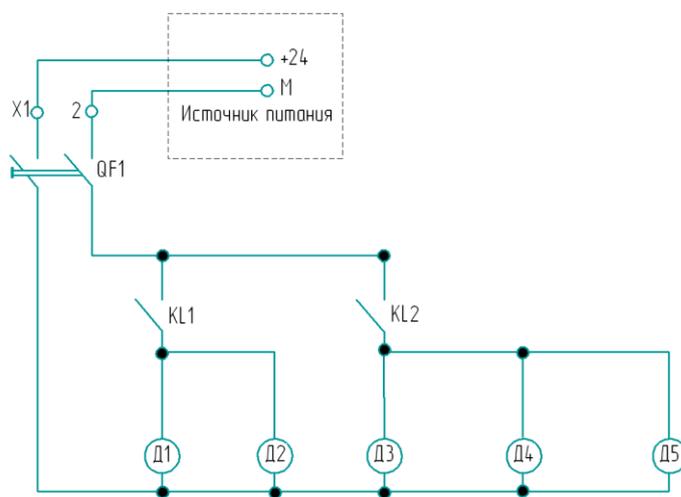


Рис. 2.5. Силовая часть электрической схемы опреснительной установки: QF1 – автоматический выключатель; KL1-KL2 – блок контакты электромагнитного реле; Д1-Д5 – электромагнитные клапана

Для ограничения работы электрических двигателей в целях экономии электроэнергии необходимо наличие датчиков для контролирования работы индукционного нагревателя, распылителя и вентилятора. Управление установкой может осуществляться через контроллер (рис. 2.6).

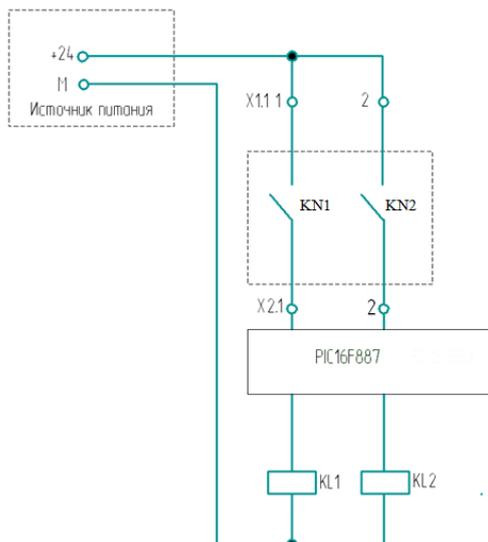


Рис. 2.6. Электрическая схема оперативных цепей опреснительной установки: KN1-KN2 – датчики уровня жидкости; KL1-KL2 – катушки электромагнитного реле

Недостатком данной электрической схемы является большое количество электрических двигателей, вследствие чего идет повышенное потребление электрической энергии и имеется необходимость в большом количестве коммутационного оборудования.

С учетом предварительных разработок был сделан вывод о том, что использование солнечной энергии целесообразно, если не требуется дорогостоящего оборудования для передачи тепловой энергии от солнечного коллектора к опресняемой жидкости. С учетом того, что солнечную опреснительную установку планируется использовать в регионе с умеренным климатом, желательно осуществлять передачу тепловой энергии от коллектора до опресняемой воды напрямую, без использования теплообменников.

С учетом разработанных и имеющихся схем [143, 144, 145, 146, 147, 148] было принято решение для экспериментальных исследований использовать следующую схему (рис. 2.7).

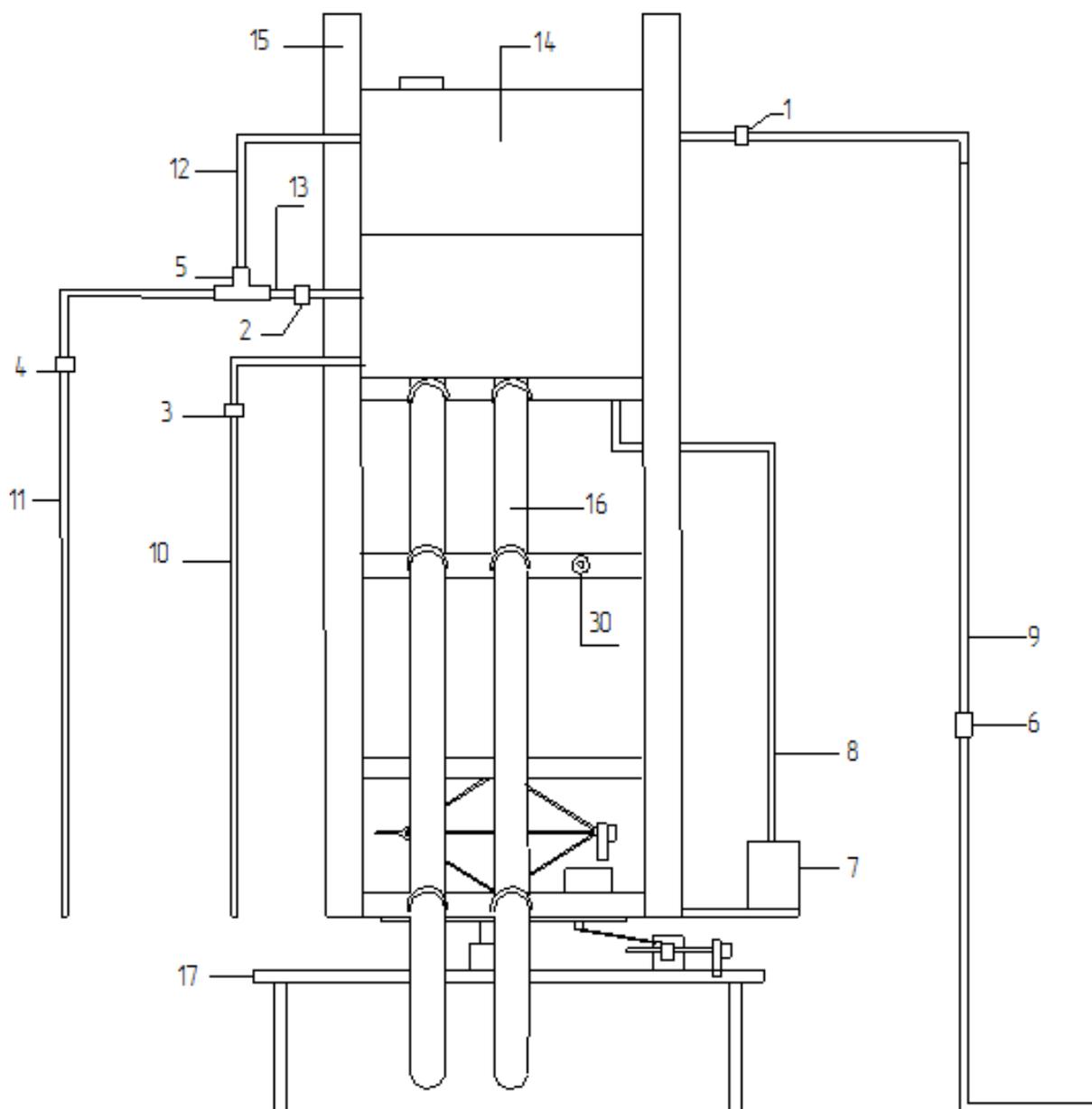


Рис. 2.7. Общий вид экспериментальной солнечной опреснительной установки: 1,2,3,4 – электромагнитные клапаны; 5 – разветвитель; 6 – соединительная муфта; 7 – емкость для очищенной воды; 8 – трубопровод подачи дистиллята; 9 – трубопровод подачи соленой воды; 10 – трубопровод сброса соленой воды с повышенным содержанием солей; 11 – трубопровод сброса соленой воды повышенной температуры; 12 – трубопровод подачи соленой воды из емкости для конденсации; 13 – трубопровод подачи соленой воды в секцию для опреснения; 14 – опреснитель; 15 – профили; 16 – вакуумные трубки солнечного коллектора; 17 – основание установки; 30 – фотодатчик

Преимущество данной схемы заключается в том, что передача энергии от солнечного коллектора до опресняемой воды происходит напрямую без использования теплообменника. Схему отличает простота сборки и надежность конструкции.

На рис. 2.8. показана опреснительная установка, вид сбоку.

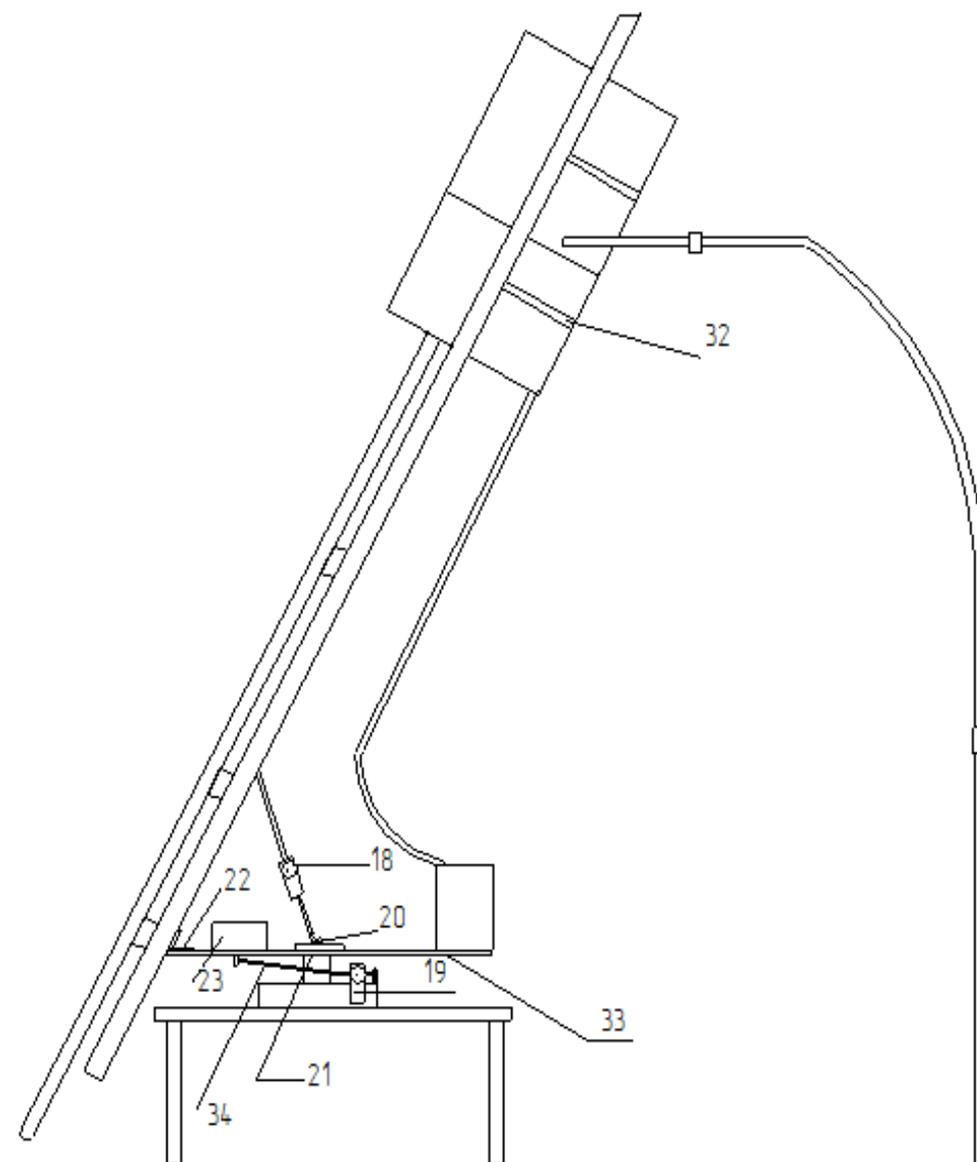


Рис. 2.8. Экспериментальная солнечная опреснительная установка. Вид сбоку: 18 – электрический привод регулирования положения вакуумных трубок по высоте; 19 – электрический привод регулирования положения вакуумных трубок по азимуту; 21 – вращающаяся плоскость по азимуту; 20,22 – механические шарниры; 23 – клеммная коробка; 32 – крепления опреснителя к профилям

Вследствие того, что трубки солнечного коллектора находятся на одной плоскости с емкостью для опреснения, для повышения производительности можно использовать устройство слежения.

Размеры опреснительной установки представлены на рис. 2.9.

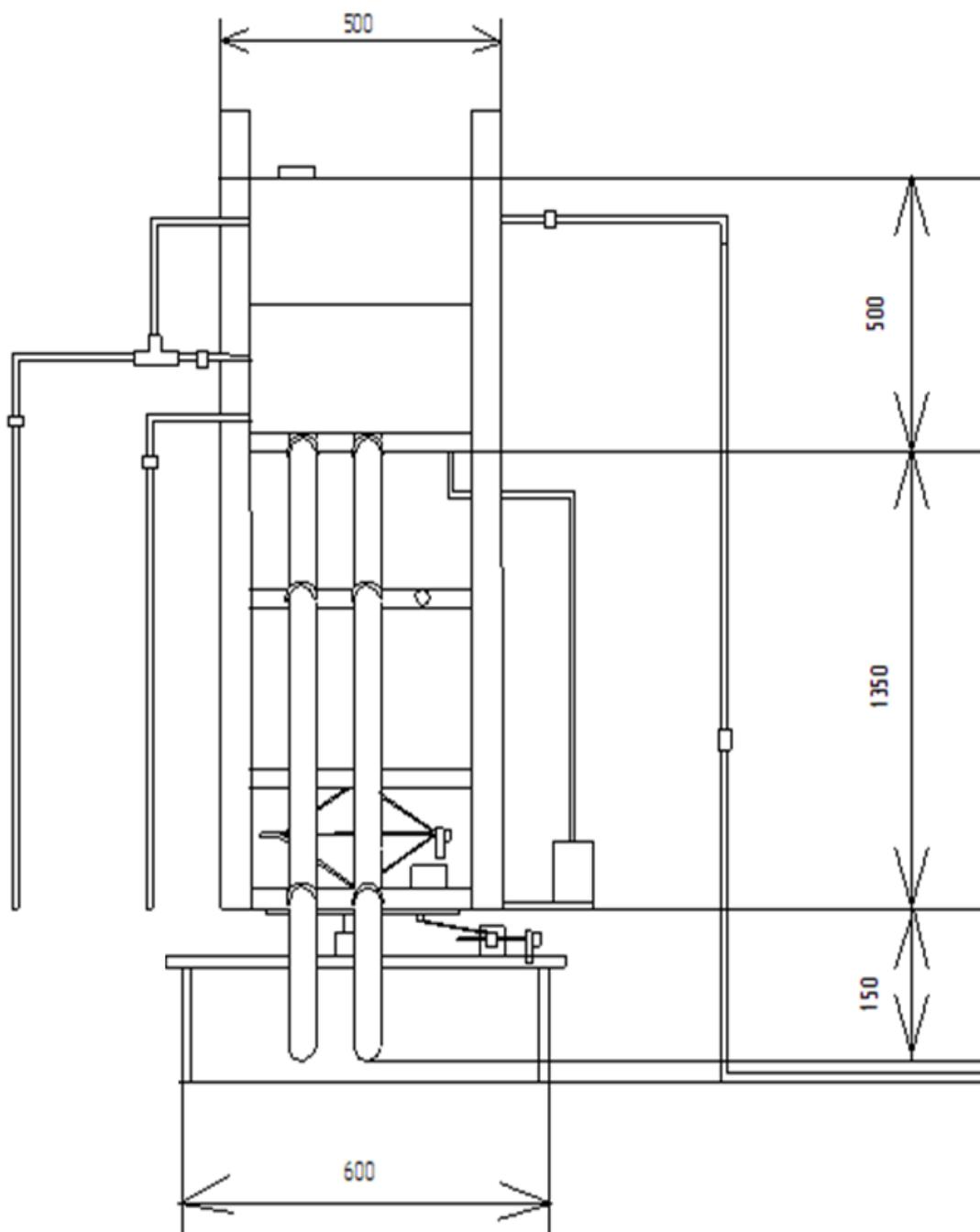


Рис. 2.9. Размеры экспериментальной солнечной опреснительной установки

Соленая вода, предназначенная для опреснения при открытом клапане 1 через трубопровод 9 подается в опреснитель 14 (в разрезе на рис. 2.10). Соленая вода подается под давлением из внешнего трубопровода, соединенного с трубопроводом опреснительной установки 9 посредством переходной муфты 6. Опреснитель 14 расположен в наклонном положении и держится при помощи алюминиевых креплений 32 и профилей 15.

Профили имеют форму прямоугольника с двумя параллельными вставками по горизонтали для уменьшения массы устройства.

На рис. 2.10. показан опреснитель в разрезе.

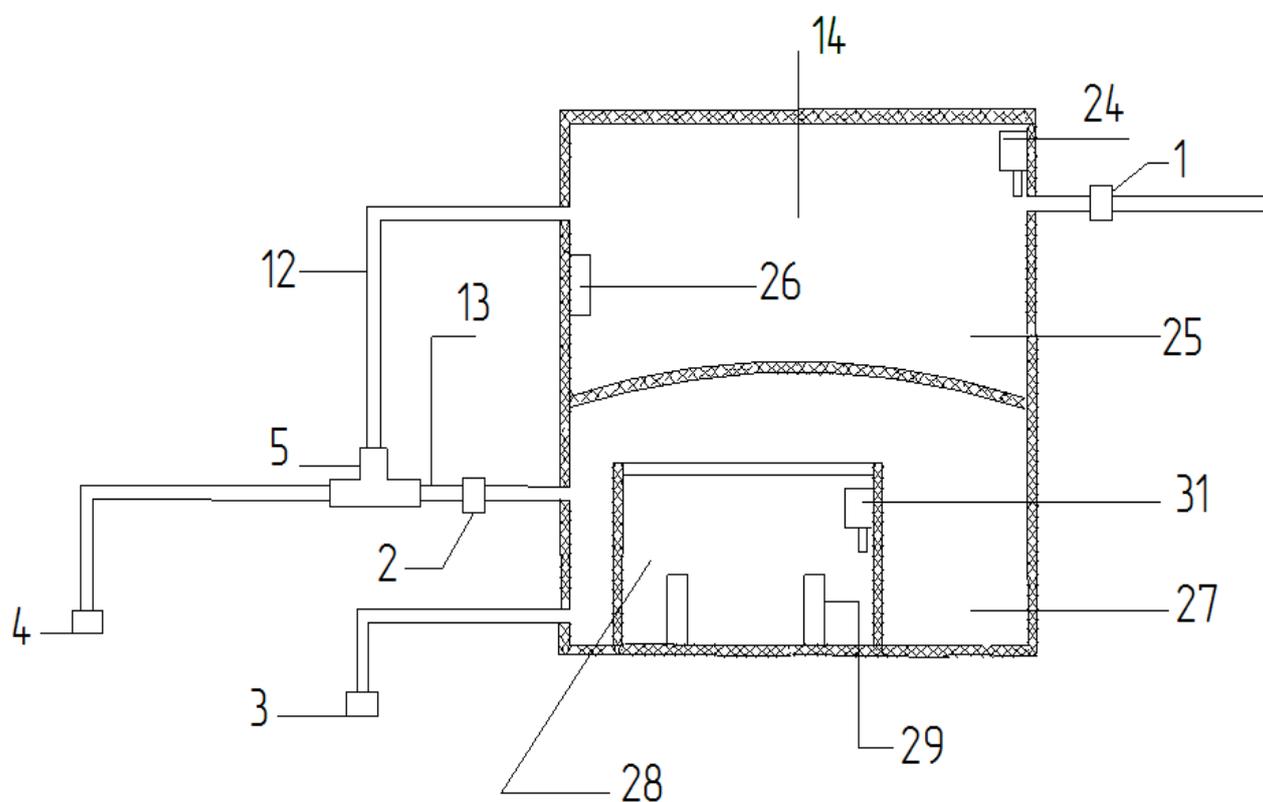


Рис.2.10. Вид опреснителя в разрезе: 1 – электромагнитный клапан подачи соленой воды в секцию для конденсации; 2 – электромагнитный клапан подачи соленой воды в секцию для опреснения; 3 – электромагнитный клапан сброса соленой воды при превышении предельного уровня концентрации соли; 4 – электромагнитный клапан сброса соленой воды из емкости для конденсации; 5 – распределитель; 12 – трубопровод подачи соленой воды из емкости для конденсации; 13 – трубопровод подачи соленой воды в секцию для опреснения; 24 – датчик уровня воды в секции для конденсации; 25 – секция для конденсации; 26 – температурный датчик; 27 – секция для очищенной

воды; 28 – секция для опреснения; 29 – термотрубки вакуумного солнечного коллектора; 31 – датчик уровня воды в секции для опреснения

Далее соленая вода попадает в секцию для конденсации 25 (рис. 2.10). Уровень поступающей соленой воды контролирует датчик уровня воды 24, который при понижении необходимого уровня воды открывает клапан 1. При подаче сигнала от датчика уровня воды 31 происходит открытие клапана 2 и вода через трубопровод 13 попадает в секцию для опреснения 28, в которой тепловые трубки 29 вакуумного коллектора 16 нагревают соленую воду, которая начинает нагреваться и испаряться. Образовавшийся пар поднимается и вследствие теплообмена между поверхностью секции для конденсации и паром начинает конденсироваться на поверхности секции для конденсации. По наклонным поверхностям секции очищенной воды, полученные капли очищенной воды направляются на дно емкости, откуда через трубопровод 8 попадает в емкость для очищенной воды.

Чтобы образовавшийся пар успел сконденсироваться, необходимо, чтобы температура воды из секции конденсации не превысила температуру пара. В связи с этим в секции для конденсации расположен дискретный датчик температуры 26. После превышения допустимого уровня температуры с датчика подается сигнал на открытие клапана 4, после чего через распределитель 5 выходит соленая вода до тех пор, пока температура в секции не стабилизируется.

В секции для испарения после продолжительной работы увеличивается концентрация соли в испаряемой воде, вследствие чего образуются накипь на нагревательном элементе, вследствие чего ухудшается теплопередача и снижается эффективность установки [149, 188]. В данной установке для предотвращения образования накипи на нагревательных элементах не используются популярные методы [63], поэтому для снижения концентрации соли при помощи клапана 3 происходит сброс рассола с повышенным

содержанием соли в ночное время, когда вода уже остыла, тем самым производительность установки не уменьшается.

Управление солнечной опреснительной установкой автоматизировано за счет релейной логики, где датчики через электромагнитные реле управляют электромагнитными клапанами с нормально закрытыми контактами, что позволяет экономить электрическую энергию в ночное время.

Алгоритм работы электромагнитного клапана № 1 показан на рис. 2.11.

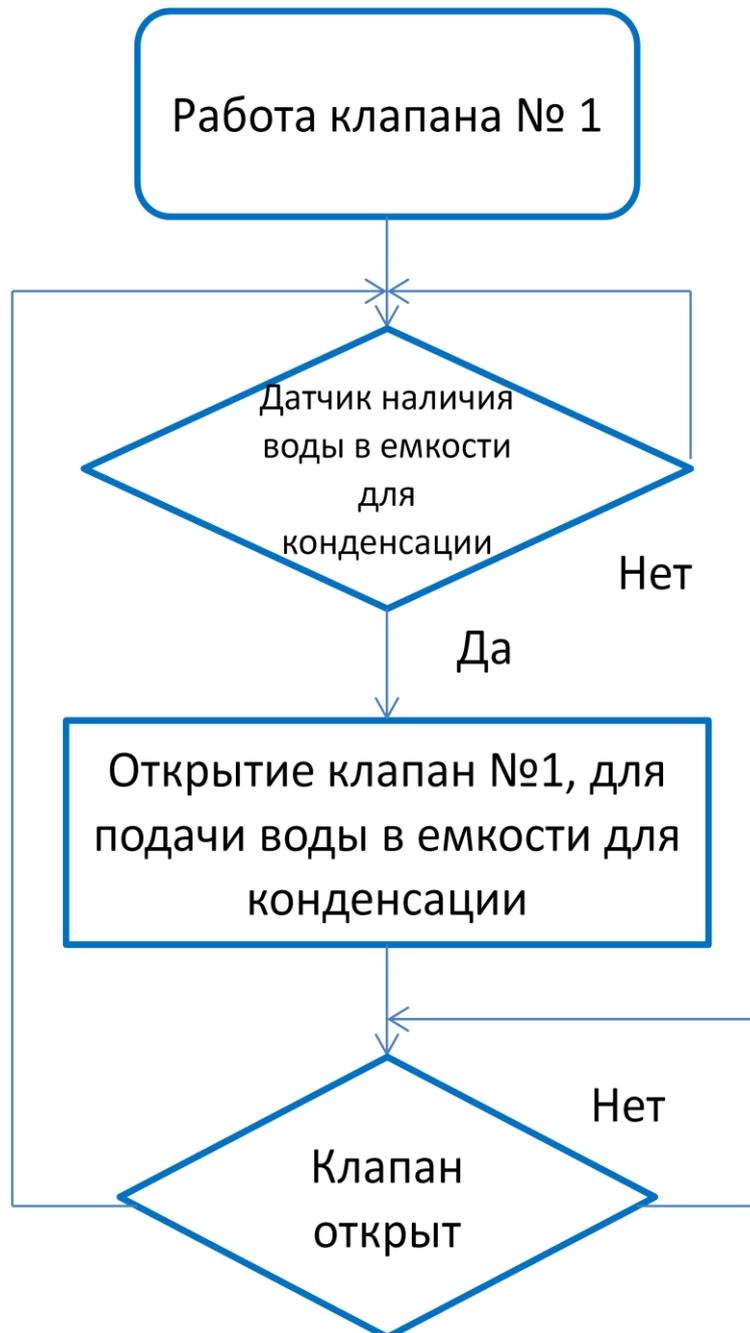


Рис. 2.11. Алгоритм работы электромагнитного клапана №1

Работой электромагнитного клапана управляет уровня воды в емкости для конденсации, который следит за тем, чтобы в емкости для конденсации постоянно поддерживался необходимый уровень воды.

На рис. 2.12 показан алгоритм работы электромагнитного клапана № 2.

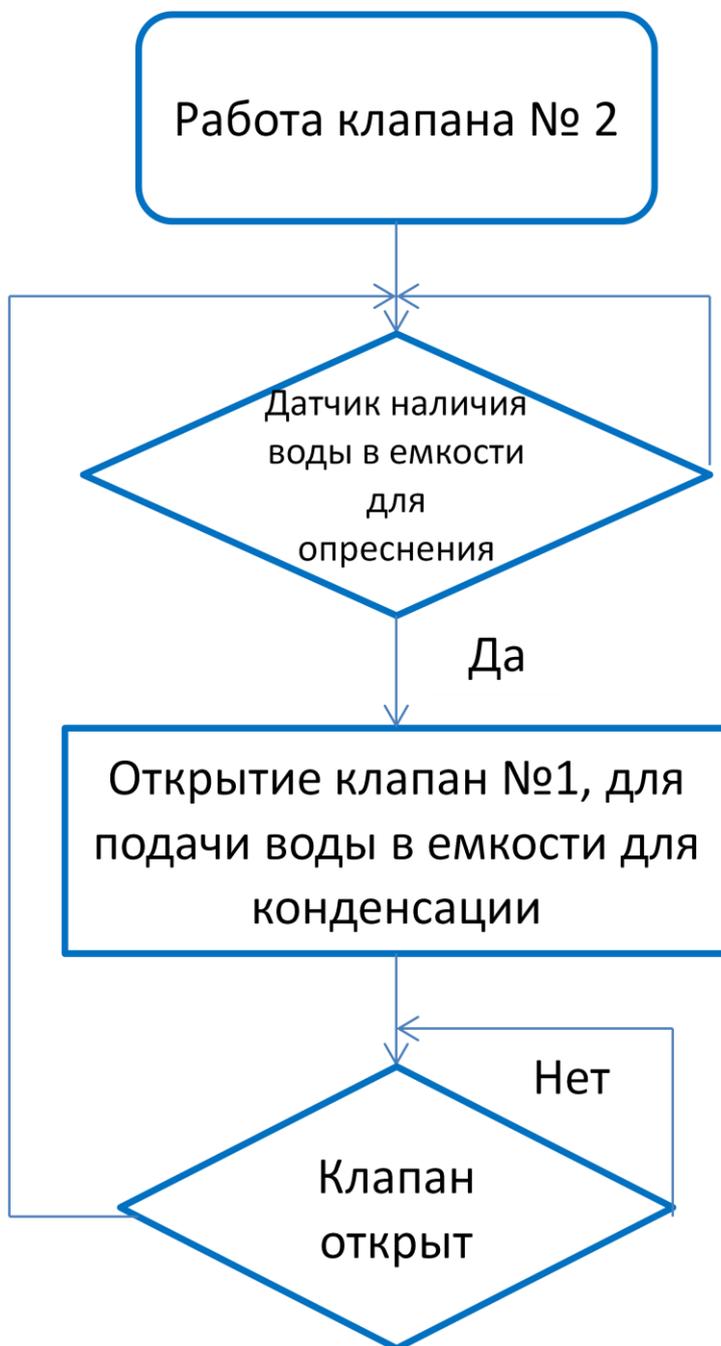


Рис. 2.12. Алгоритм работы электромагнитного клапана № 2

При помощи датчика уровня воды поддерживается необходимый уровень воды в емкости для опреснения.

На рис. 2.13 показан алгоритм работы электромагнитного клапана № 3.

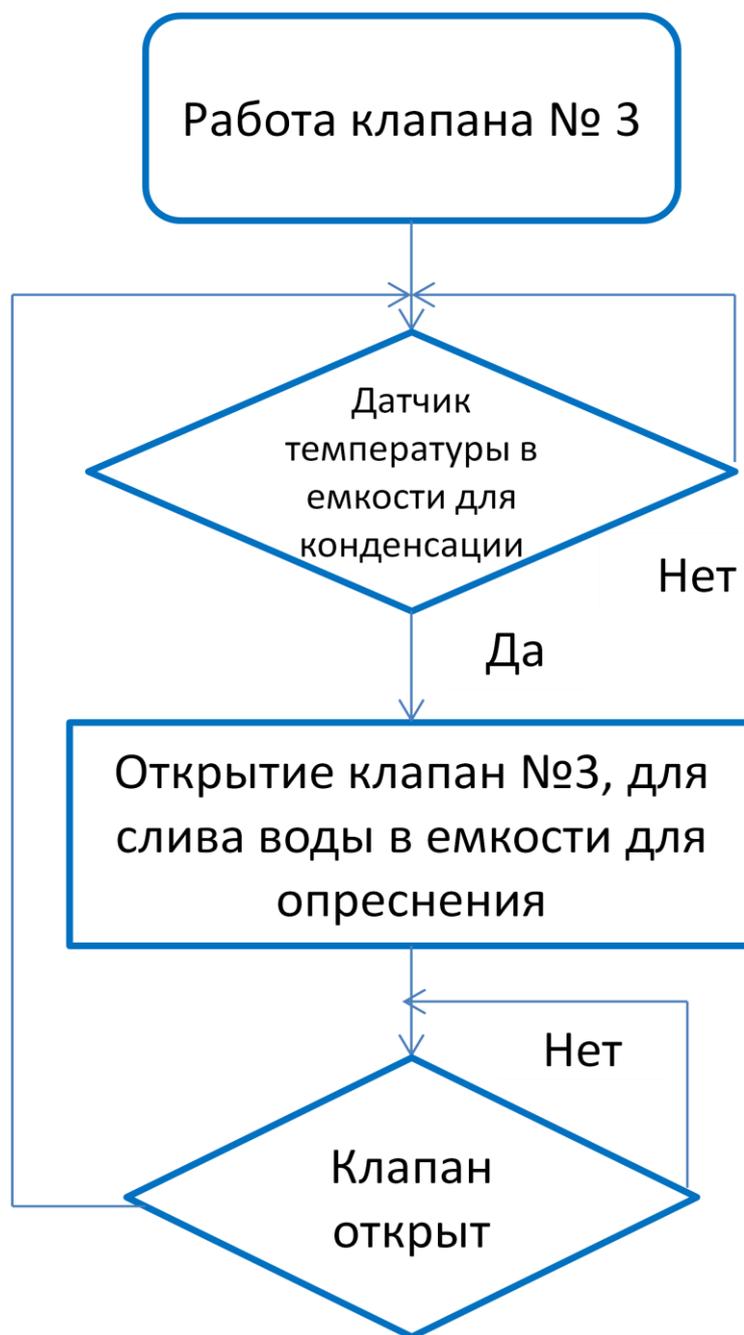


Рис. 2.13. Алгоритм работы электромагнитного клапана № 3

Датчик температуры поддерживает необходимую величину температуры в емкости для конденсации, управляя клапаном № 3.

На рис. 2.14 приведен фрагмент электрической схемы, на котором изображен процесс управления солнечной опреснительной установкой.

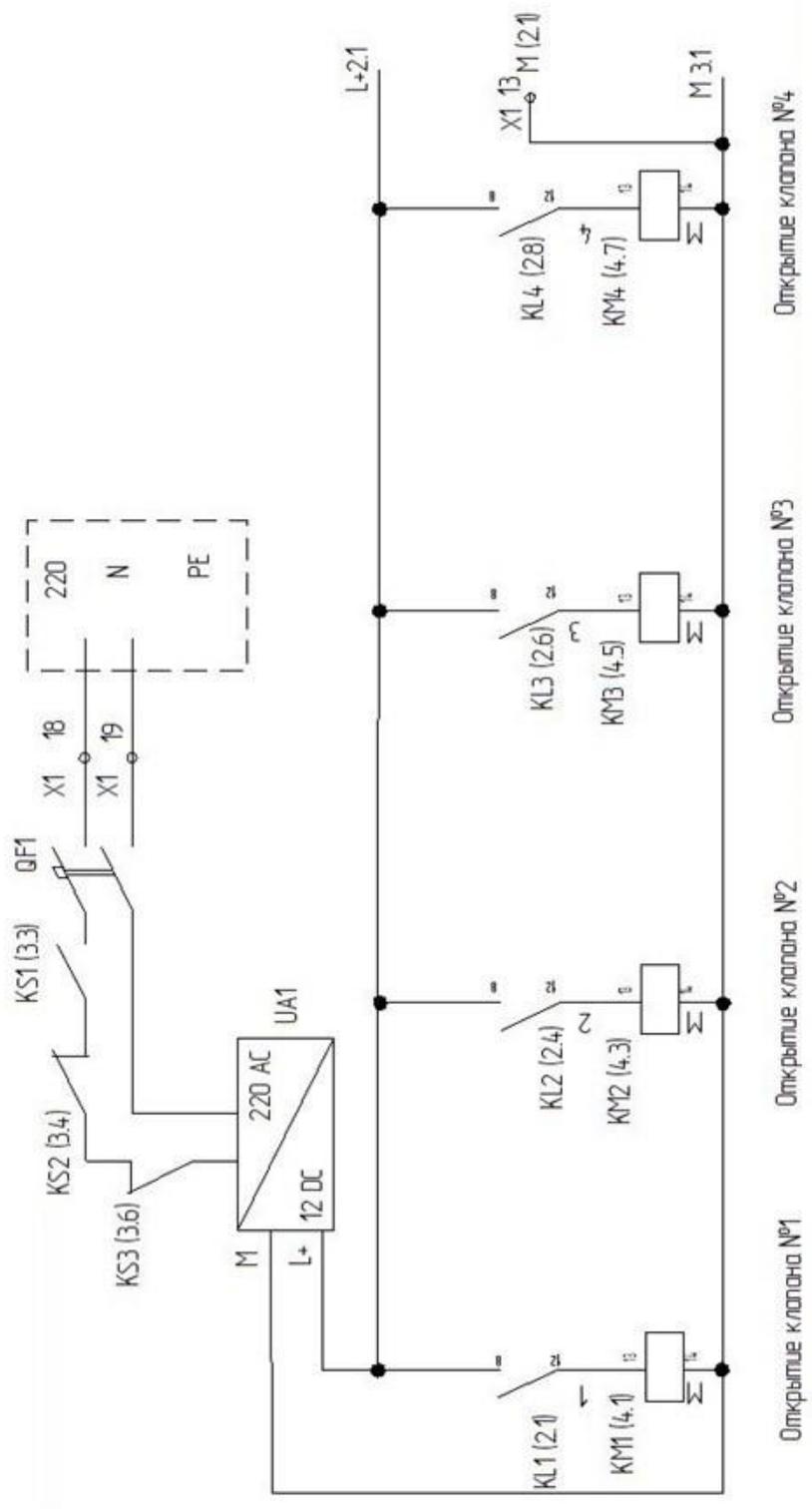


Рис. 2.14. Фрагмент электрической схемы солнечной опреснительной установки

Для возможности быстрой сборки и разборки установки крепление всех механизмов друг к другу осуществляется при помощи болтов и гаек.

2.2 Анализ эффективности различных типов солнечных коллекторов в качестве нагревательного элемента в солнечной опреснительной установке

Использование солнечной энергии известно с давних времен, однако первый солнечный коллектор, преобразующий солнечную энергию в тепловую [152], являющийся прототипом сегодняшних моделей, появился в 1908 г., когда Вильям Бейли из американской компании «Carnegie Steel Company» изобрел коллектор с медными трубками. За свою столетнюю историю солнечная энергетика шагнула далеко вперед, и на сегодняшний день имеется множество различных типов солнечных коллекторов, оформлено большое количество патентов и полезных моделей. Использование различных материалов теплоносителей сделало возможным для каждого конкретного потребителя выбор идеально подходящего типа солнечного коллектора.

Особую популярность приобрели следующие типы коллекторов:

- воздушные коллекторы, которые при своей долговечности обладают небольшой производительностью и не работают при отрицательной температуре;
- плоские коллекторы, которые обладают простой конструкцией и при использовании селективных покрытий имеют высокие показатели;
- трубчатые вакуумированные коллекторы, которые, в отличие от других типов, способны доводить воду до температуры, близкой к температуре кипения. Недостатками таких коллекторов являются возможное размножение бактерий в коллекторе и большие потери энергии в зимнее время года;

– вакуумные коллекторы с тепловыми трубками, которые имеют высокий показатель производительности в любое время года и способны доводить нагреваемую воду до температуры кипения.

2.3 Математическое моделирование солнечной опреснительной установки

Для повышения конкурентоспособности разрабатываемого устройства важно иметь возможность быстрого реагирования на различные изменения в работе технологического процесса и моментального предоставления итогового результата производительности устройства потребителю [153]. Исходя из этого, для наличия возможности получения результата производительности при различных начальных условиях работы разработанной опреснительной установки и для подтверждения правильности полученных результатов в ходе экспериментальных исследований принято решение о разработке математической модели солнечной опреснительной установки [198].

Для написания математической модели использована программа MatLab, которая широко применяется на предприятиях энергетической отрасли, в ведущих университетах мира и научных комплексах. MatLab содержит поддержку арифметики с одиночной точностью и может работать с большими объемами данных [123].

Расчет интенсивности солнечного излучения произведен в соответствии с методикой, представленной в работе [154].

Значение дневной солнечной радиации для каждого месяца года в условиях г. Челябинска определялось по формуле:

$$H_i = H_o \left(a + v \frac{S_d}{S_o} \right) \text{ кВт/м}^2; \quad (2.1)$$

где H_o – значение солнечной радиации ($1360 \text{ Вт/м}^2 = 1,36 \text{ кВт/м}^2$); a и v – постоянные коэффициенты для заданного района; S_d – действительная

продолжительность солнечного сияния для заданного района, ч; S_0 – возможная продолжительность солнечного сияния, ч.

Величины a , b , S_D и S_0 для Челябинской области приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Значения коэффициентов a, b, S_0, S_D и среднемесячной температуры воздуха T_0 для Челябинска по месяцам

Величина	I	II	III	IV	V	VI
A	0,15	0,14	0,2	0,17	0,12	0,10
B	0,18	0,41	0,4	0,45	0,54	0,54
S_0 , ч	8	10	12	14	16	16
S_D , ч	2,5	4,2	5,2	7,4	8,6	9,6
T_0 , °C	–16	–13	–3	+3	+15	+20
T_{ex} , °C	42	43,5	48,5	51,5	57,5	60
	Месяцы					
Величина	VII	VIII	IX	X	XI	XII
A	0,18	0,11	0,14	0,19	0,16	0,13
B	0,4	0,48	0,44	0,44	0,42	0,32
S_0 , ч	16	14	12	10	8	8
S_D , ч	9,4	7,9	5,6	3,4	2,2	1,9
T_0 , °C	+20	+20	+15	+3	– 10	– 18
T_{ex} , °C	60	60	57,5	51,5	45	41

Результаты расчетов величины дневной солнечной радиации для Челябинской области представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Значение дневной солнечной радиации в Челябинске

Величина	I	II	III	IV	V	VI
H_i , кВт/м ²	0,2805	0,424	0,507	0,554	0,557	0,576
H_i , мДж/м ²	1,008	1,528	1,827	1,996	2,008	2,076
	Месяцы					
Величина	VII	VIII	IX	X	XI	XII
H_i , кВт/м ²	0,564	0,518	0,469	0,461	0,374	0,28
H_i , мДж/м ²	2,031	1,864	1,691	1,662	1,349	1,008

Известно множество методов расчета производительности солнечного коллектора от простых, предлагаемых компаниями производителями [155, 156] расчеты, которых не учитывают многие факторы и подходят для бытового расчета, до сложных математических формул, применяемых в научных исследованиях.

В нашем случае солнечный коллектор является единственным источником энергии для опреснительной установки и правильность работы математической модели во многом зависит от формулы, используемой для расчета производительности солнечного коллектора. В связи с чем были рассмотрены несколько возможных вариантов расчета.

В работе [154] для расчета удельной энергии, вырабатываемой одним солнечным коллектором в течение дня каждого месяца года, использовалась следующая формула:

$$Q_{y\delta,i}^{\partial n} = F_R [H_i (\bar{\tau} \cdot \bar{\alpha}) \cdot R - U_L \bar{S} (T_{\text{ex}} - T_o) \cdot 10^{-3}] \text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2, \quad (2.2)$$

где F_R – коэффициент переноса тепла от коллектора к жидкости; τ – коэффициент проникновения солнечной радиации; α – коэффициент поглощения солнечной радиации; U_L – коэффициент тепловых потерь, Вт/м²·°С;

T_0 – среднемесячная температура окружающего воздуха, К; S – действительная продолжительность солнечного сияния, ч.

Формула расчета производительности солнечного коллектора содержит коэффициент R – отношение среднемесячных дневных приходов суммарной энергии на наклонную и горизонтальную поверхности, учитывающий угол наклона солнечного коллектора. Величина R приводится для Челябинской области для различных углов наклона солнечного коллектора, при этом расчет величины R для другого региона осложнен наличием множества коэффициентов, требующих специальной документации и информации о регионах.

Поэтому влияние угла наклона солнечного коллектора предлагается учитывать по методике, описанной в главе 3.2.6.

В работе [158] для расчета удельной энергии, вырабатываемой одним солнечным коллектором в течение дня каждого месяца года, использовалась следующая формула:

$$Q_{y0.i}^{\text{дн}} = H_i \cdot f \cdot \left[(\bar{\tau} \cdot \bar{\alpha}) - \frac{U_L \cdot (T_{\text{ex}} - T_0) \cdot S}{H_i} \right] \text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2, \quad (2.3)$$

где $(\bar{\tau} \cdot \bar{\alpha})$ – оптический КПД установки; f – эффективность переноса теплоты от поверхности коллектора к теплоносителю; U_L – приведенный коэффициент тепловых потерь коллектора, Вт/м²·°С; S – действительная продолжительность солнечного сияния, ч.

Данная формула не учитывает коэффициент переноса тепла от коллектора к жидкости, что является важной характеристикой теплопередачи от нагреваемой плоскости солнечного коллектора до опресняемой воды.

В работе [159] для расчета удельной энергии, вырабатываемой одним солнечным коллектором в течение дня каждого месяца года, использовалось следующая формула:

$$Q_{y0.i}^{\text{дн}} = F_R \cdot (\bar{\tau} \cdot \bar{\alpha}) \cdot H_i \left[1 - \frac{U_L \cdot (T_{\text{ex}} - T_0)}{(\bar{\tau} \cdot \bar{\alpha}) \cdot H_i} \right] \text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2, \quad (2.4)$$

где F_R – коэффициент переноса тепла от коллектора к жидкости; τ – коэффициент проникновения солнечной радиации; α – коэффициент поглощения солнечной радиации; U_L – коэффициент тепловых потерь, Вт/м²·°С; T_0 – среднемесячная температура окружающего воздуха, К; T_{ex} – температура на входе в коллектор, К.

Формула задействована для расчета математической модели производительности солнечного коллектора, т. к. она учитывает основные коэффициенты и величины, влияющие на его производительность [160].

Производительность любого устройства определяется временем работы при оптимальных условиях. Для солнечного коллектора это время работы под прямым углом к солнечным лучам [161].

Интенсивность солнечного излучения рассчитывается по следующей формуле [162]:

$$E = H \cdot \cos i \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2, \quad (2.5)$$

где H – интенсивность излучения, падающего на горизонтальную поверхность, кВт·ч/м²; i – угол наклона луча к нормали этой поверхности.

Расчет $\cos i$ производится по следующей формуле:

$$\cos i = \cos(f - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin(f - \beta) \cdot \sin \delta, \quad (2.6)$$

где δ – угол склонения; f – ширина местности для Челябинской области, 55°09'; β – угол наклона рассматриваемой поверхности к плоскости; ω – часовой угол солнца.

Угол склонения рассчитывается по следующей формуле:

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \sin \left[360^\circ \cdot \frac{284 + n}{365} \right] \quad (2.7)$$

где n – порядковый номер дня года, отсчитываемый с 1 января.

Условия расчета производительности установки должны быть максимально упрощены для пользователя.

Панель оператора для расчета производительности солнечной опреснительной установки, выполненная в программе Matlab, показана на рис. 2.15.

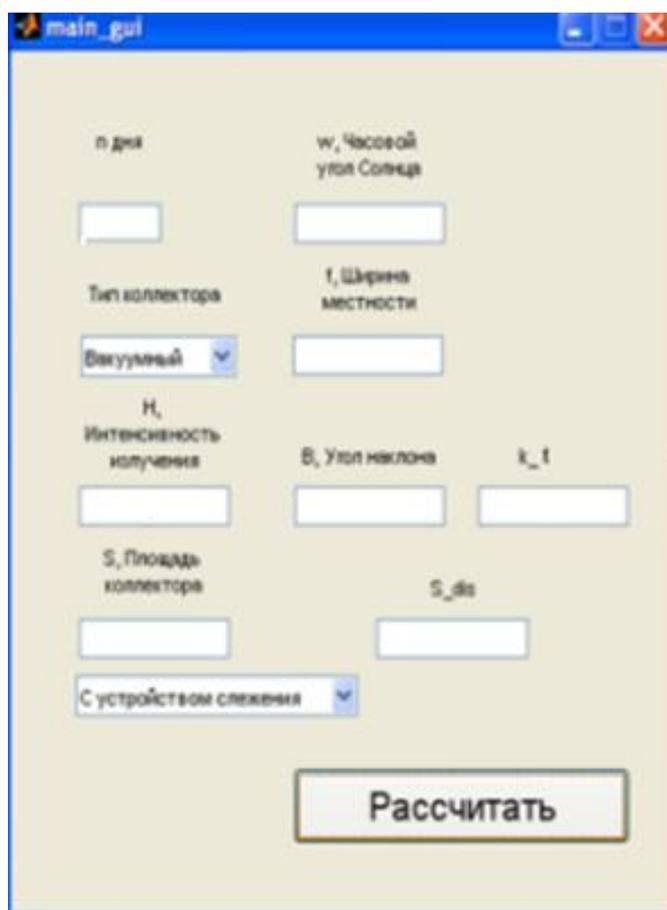


Рис. 2.15. Рабочая панель математической модели солнечной опреснительной установки, выполненная в среде Matlab

Для расчета необходимо ввести в данные в панель оператора, и нажать кнопку «Рассчитать».

Используя математическую модель, потребитель сможет рассчитать, за какой промежуток времени установка окупится и принять верное решение о необходимости покупки и количестве трубок солнечного коллектора.

2.4 Испытания солнечной опреснительной установки в бытовых условиях

Для проверки работы разработанной модели солнечной опреснительной установки и определения уставок срабатывания датчиков уровня жидкости в

емкости для конденсации и в емкости для опреснения было принято решение о проведении предварительных испытаний опреснительной установки.

Схема экспериментальной опреснительной установки показана на рис. 2.16.

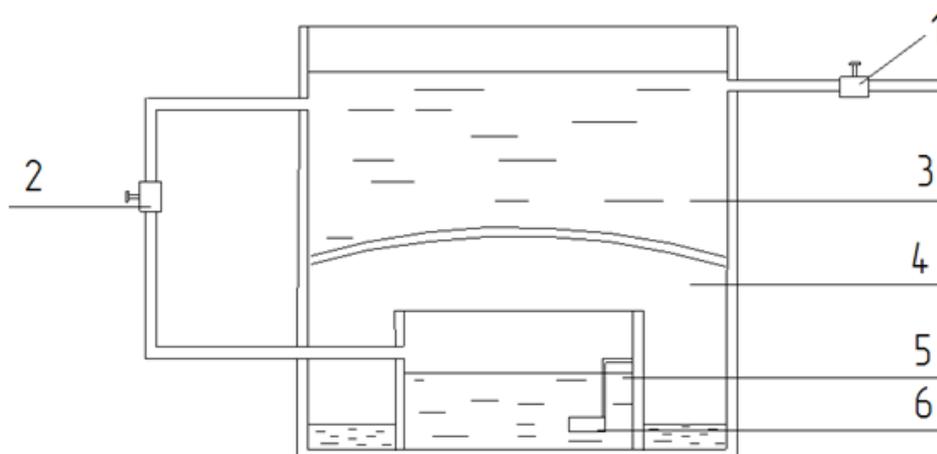


Рис. 2.16. Схема установки для опреснения воды. Вид в разрезе: 1 – кран для подачи соленой воды; 2 – кран для подачи соленой воды в секцию опреснения; 3 – секция для конденсации; 4 – секция емкости очищенной воды; 5 – секция для опреснения; 6 – электрический нагреватель

Установка состоит из трех секций: конденсации, опреснения и очищенной воды. Соленая вода по трубопроводу 1 попадает в секцию для конденсации, далее по трубопроводу 2 в секцию для опреснения 5, в которой соленая вода нагревается электрическим нагревателем 6 и начинает испаряться. В результате, образовавшийся пар поднимается и после теплообмена с нижней поверхностью секции для конденсации 3 начинает конденсироваться. Далее полученный дистиллят опускается на дно секции для очищенной воды 4. Вместо солнечного коллектора используется электрический нагреватель.

Исходные параметры эксперимента:

- начальный объем опресняемой воды в секции для опреснения – 1,5 л;
- объем воды в емкости для охлаждения – 7 л;
- электрическая мощность нагревателя – 60 Вт;

– начальная температура воды, предназначенной для конденсации паров – 24 °С;

– начальная температура опресняемой воды – 24 °С.

2.4.1 Технические характеристики оборудования использованного при испытаниях

В таблице 2.3 прописано оборудование, применяемое при разработке лабораторной установки и используемое в процессе испытания.

Таблица 2.3. Технические характеристики оборудования

№	Оборудование	Количество
1	Емкость прямоугольная из полиэтилена низкого давления, 20 л	2
2	Труба металлопластиковая, диаметр 20 мм	2 м
3	Емкость алюминиевая, 2 л	1
4	Кран шаровый 098 IDEAL, 3/4 Itap	2
5	Нагревательный элемент. ТЭН водяной, 60 Вт	1
6	Термометр ТС-7-М1, диапазон измерения t – 0-100 °С, цена деления шкалы – 1,0 °С, длина термометра – 175 мм.	1
7	Вода дистиллированная, без содержания нежелательных примесей в соответствии с ГОСТ 6709-72. Производитель ООО «Бурель»	1
8	Морская соль. Состав: морская соль, йодид калия. Производитель: Sailen Prosol d.o.o., соль из вод Адриатического побережья	1

2.4.2 Экспериментальные исследования опреснителя

На рис. 2.17 показаны результаты экспериментов, в которых отображается зависимость производительности экспериментальной установки от начальной температуры соленой воды.

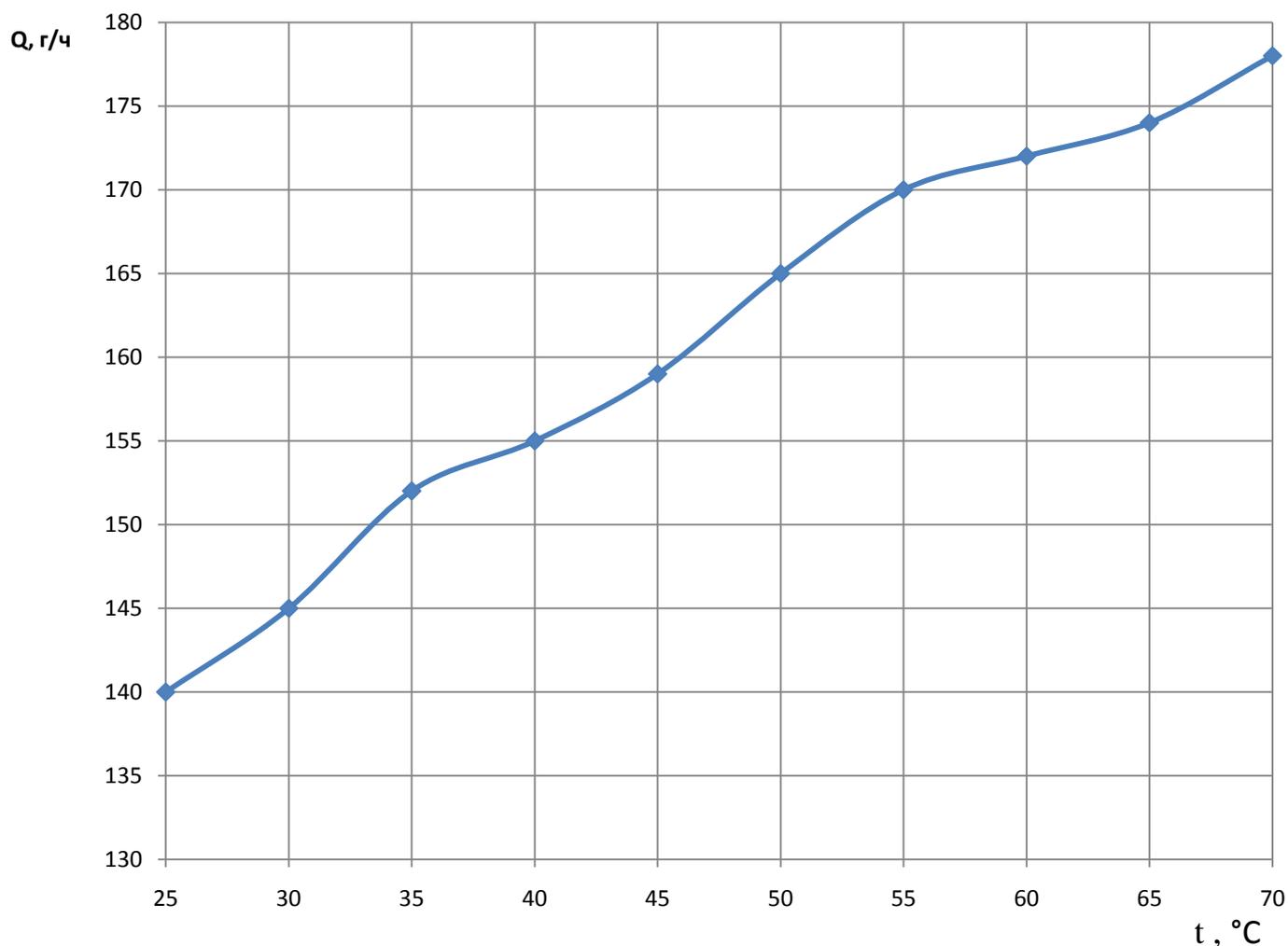


Рис. 2.17. Зависимость производительности экспериментальной установки от начальной температуры соленой воды

Очевидно, что повышение начальной температуры опресняемой воды приводит к увеличению производительности опреснительной установки. Стоит учесть, что повышение начальной температуры опресняемой воды желательно

только при условии, что температура жидкости в емкости для конденсации будет неизменно. Повышение температуры в емкости для конденсации приводит к уменьшению выработки дистиллята, т. к. образовавшийся пар не будет конденсироваться на нижней поверхности секции для конденсации.

Важным параметром, влияющим на производительность установки является уровень солености воды.

Соленость воды для проведения опытов устанавливалась, исходя из классификации вод по солености (таблица 2.4) [23].

Таблица 2.4. Классификации солености воды

Название	Предельная степень минерализации, г/л
Пресная	До 1
Слабосоленоватая	1–3
Среднесоленоватая	3–5
Сильносоленоватая	5–10
Слабосоленая	10–15
Соленая и морская	15–45
Рассол	Свыше 45

На рис. 2.18 показана зависимость производительности экспериментальной установки от содержания соли в опресняемой воде.

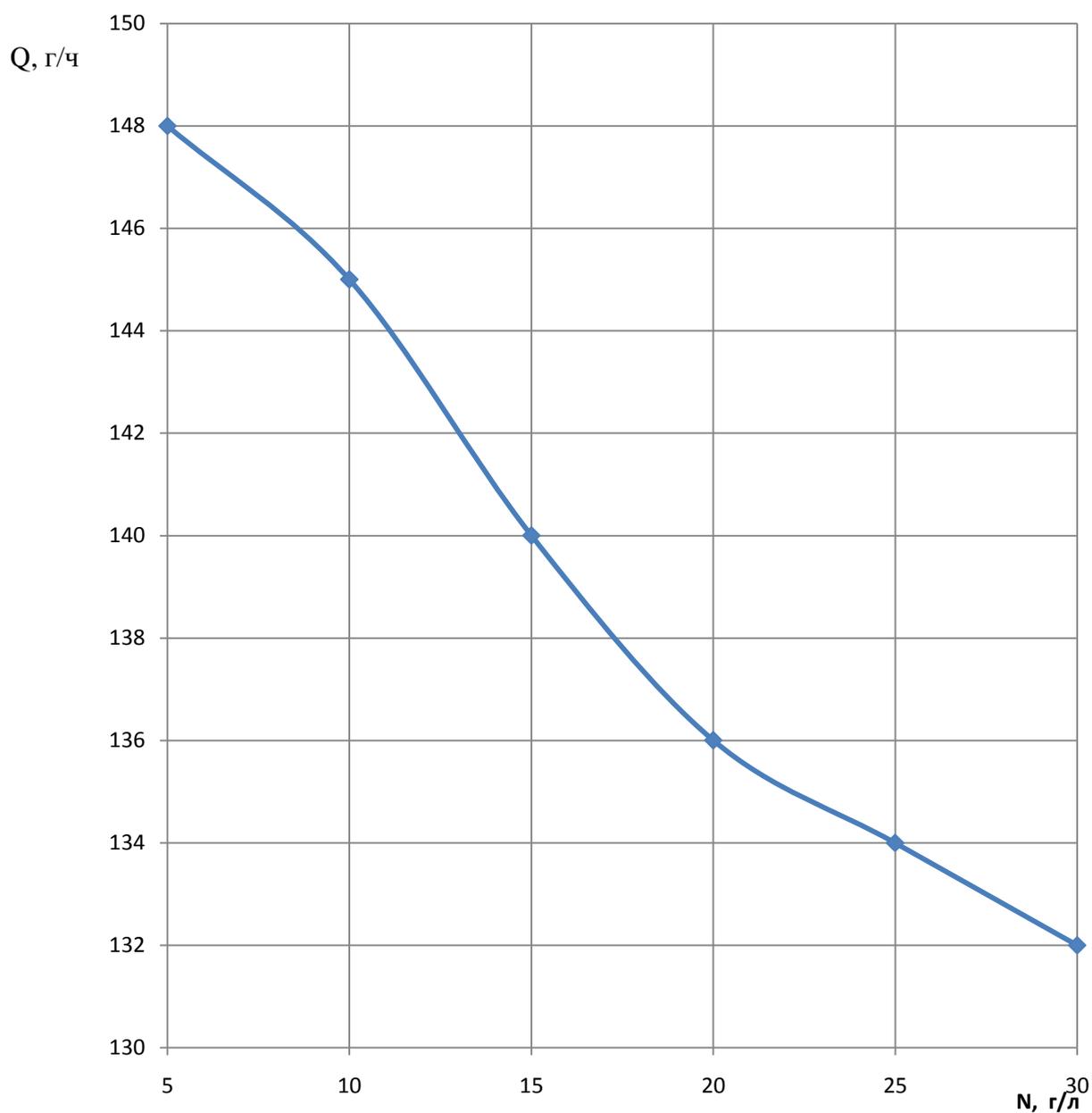


Рис. 2.18. Зависимость производительности лабораторной опреснительной установки от содержания соли в опресняемой воде

Производительность опреснителя при повышении концентрации соли закономерно снижается, что связано с увеличением температуры кипения соленой воды от увеличения концентрации соли.

В результате исследования выявлена зависимость влияния концентрации соли в исходной воде на производительность установки.

На рис. 2.19 показана зависимость производительности лабораторной установки от температуры окружающей среды.

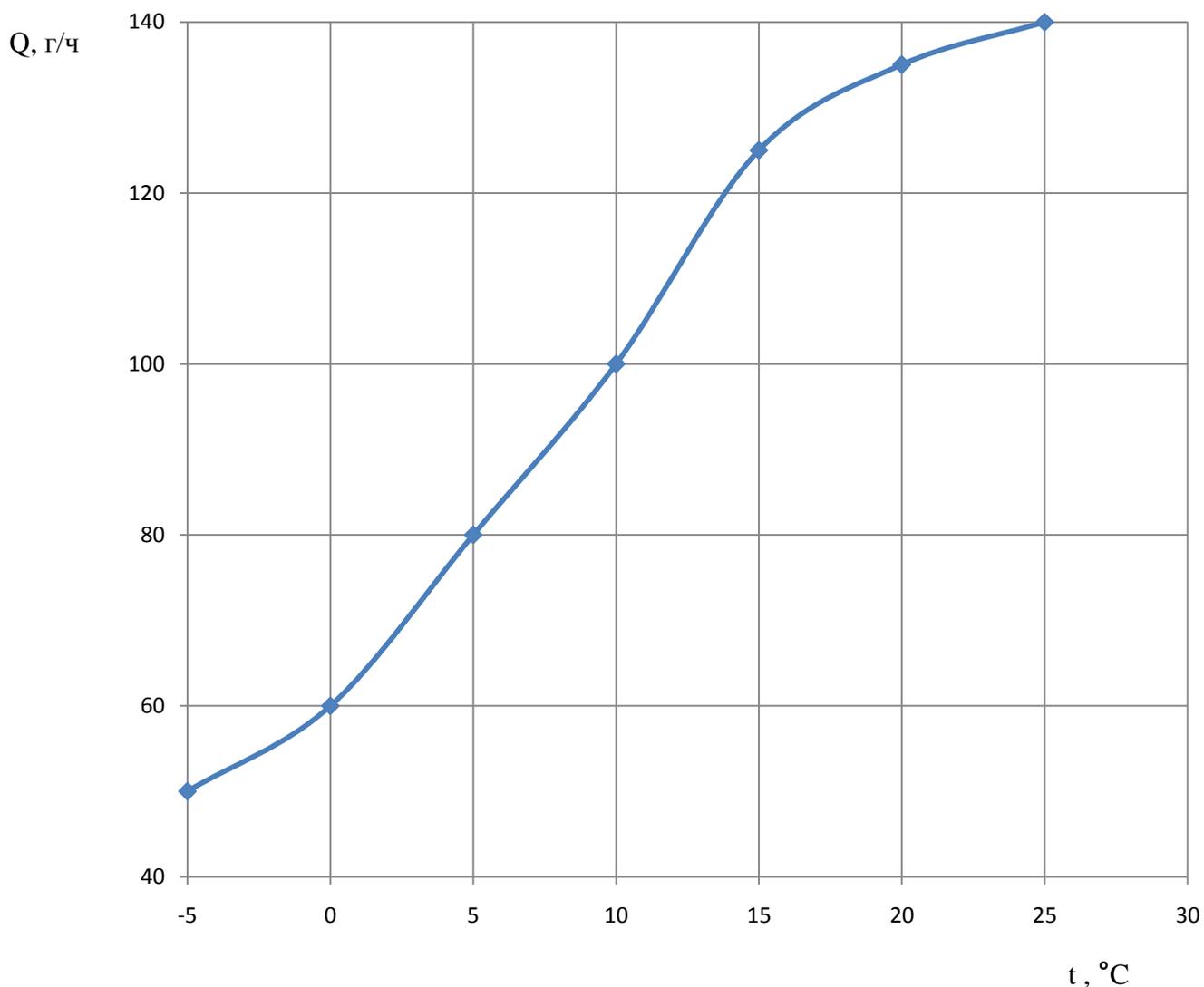


Рис. 2.19. Зависимость производительности экспериментальной установки от температуры окружающей среды

При понижении температуры температура в емкости для опреснения также уменьшается, что осложняет процесс опреснения, так как вследствие теплообмена между опресняемой жидкостью и воздухом в емкости для опреснения увеличивается время, в течение которого опресняемая вода достигает температуры кипения.

Известно уравнение опреснителя воды [69]:

$$N_{номр.} = G_d \cdot \left[\frac{1}{\alpha} \cdot (C_p \cdot (t_{cl} + \Delta t_n) - C_c \cdot t_{cl}) + (C_d - C_p) \cdot (t_{cl} + \Delta t_n) \right], \text{ кВт}, \quad (2.8)$$

где G_d – очищенная вода, л/ч; a – доля обессоленной воды; C_p – теплоемкость рассола, Дж / (кг · К); C_c – теплоемкость соленой воды, Дж / (кг · К); C_d – теплоемкость дистиллята, Дж / (кг · К); t_{c1} – температура приточной воды, °С.

Производительность опреснителя воды:

$$G_d = \frac{kt \cdot N_{номп}}{\left[\frac{1}{a} \cdot (C_p \cdot (t_{c1} + \Delta t_n)) - C_c \cdot t_{c1}\right] + (C_d - C_p) \cdot (t_{c1} + \Delta t_n)}, \text{ л/ч} \quad (2.9)$$

В ходе проведенных экспериментов было выявлено, что оптимальные уставки для датчика срабатывания уровня воды в секции для опреснения рекомендуется устанавливать на уровне 1,2 л а в секции для конденсации – на уровне 5 л.

Основные результаты и выводы по главе 2

1. Проведен анализ электрических схем устройств очистки воды, на основании которого с учетом преимуществ и недостатков существующих схем разработаны алгоритм работы и электрическая схема солнечной опреснительной установки.

2. В качестве нагревательного элемента в солнечной опреснительной установке принято решение использовать трубчатый вакуумный солнечный коллектор.

3. Создана оптимальная схема опреснительной установки, в которой за счет ряда инженерных решений удалось избежать недочетов, имеющих в аналогах.

4. Разработана математическая модель, которая может быть использована как индивидуальными потребителями, так проектными организациями для расчета производительности солнечных опреснительных установок при работе в различных регионах мира.

5. Предварительные испытания показали, что энергию солнечных коллекторов можно использовать в качестве нагревательных элементов в

опреснительной установке. Выбраны оптимальные уставки для датчиков уровня воды в секции для опреснения и в секции для конденсации.

ГЛАВА 3 ИСПЫТАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

В качестве объекта экспериментального исследования используется сконструированный солнечный опреснитель, согласно разработанным схемам (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Солнечная опреснительная установка

Были использованы материалы, формулировки из следующих стандартов:

– ГОСТ 51594-2000. Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Термины и определения.

– ГОСТ 51595-2000. Нетрадиционная энергетика. Общие технические условия. Термины и определения.

– РД 34.20.115-89. Методические указания по расчету и проектированию систем солнечного теплоснабжения.

– ГОСТ 28310-89. Коллекторы солнечные. Общие технические требования.

Испытания опреснительной установки выполнялись в следующем порядке:

– испытания для получения результата производительности установки при использовании трубок вакуумного коллектора;

– испытания для получения результата производительности установки при использовании вакуумного коллектора с тепловыми трубками.

Целью испытаний является получение информации для анализа возможности использования трубок вакуумного коллектора в опреснительных установках в регионах с умеренным климатом. Сравнение результатов, полученных в ходе экспериментальных исследований с результатами, полученными в математической модели.

Опреснительная установка состоит из материалов, на которые имеется техническая документация, которые по своим техническим характеристикам соответствуют температурным режимам работы опреснительной установки.

Перед испытаниями установка осматривается на наличие возможных неисправностей:

– крепление и работоспособность датчиков;

– работоспособность клапанов;

– надежность крепления опреснительной установки на профилях;

– полная герметичность между секциями.

Необходимые условия проведения эксперимента:

– температура соленой воды на входе в опреснительную установку – 24 °С;

- установка расположена в южном направлении под углом – 40° к горизонту;
- установка в течение всего эксперимента не подвергается никакому внешнему воздействию;
- объем соленой воды в секции для опреснения на начальный момент испытания составляет 1,5 л;
- объем соленой воды в секции для конденсации на начальный момент испытания составляет 7 л;
- датчик соленой воды в секции опреснения установлен на уровне 1,2 л;
- датчик соленой воды в секции конденсации установлен на уровне 5 л.

3.1 Технические характеристики оборудования использованного при испытаниях

В таблице 3.1 указано оборудование, используемое при разработке опреснительной установки.

Таблица 3.1. Технические характеристики оборудования

№	Оборудование	Кол-во
1	Металлический профиль потолочный, КНАУФ (ПП), 60x27, м	10
2	Клапан электромагнитный пластмассовый – SMART SP6135. Клапан нормально-закрытый, прямого действия, пластиковый. Температура: 0 + 100 °С; DC 12В. Класс защиты: IP65 6	4
3	Провод ПВ 3, 0,75 мм ²	40 м
4	Труба металлопластиковая, диаметр, 20 мм	4 м
5	Коробка клемм, размер 75x75x20, белая IP20, ИЕК	1

Продолжение таблицы 3.1

6	Алюминиевая трубка для крепления домкрата к вращающейся платформе, диаметр 10 мм	300 мм
7	Алюминиевые трубки для крепления емкостей опреснительной установки к профилю, толщина 5 мм, высота 20 мм	4 м
8	Емкость прямоугольная из полиэтилена низкого давления, 20 л	2
9	Емкость алюминиевая, 2 л	1

В таблице 3.2 приведены характеристики электрического оборудования, установленного в шкафу управления.

Таблица 3.2. Технические характеристики электрического оборудования

№	Оборудование	Количество
1	Светодиод DC-12 (синий), IEK	1
2	Провод ПВ 3, 0,75 мм ²	40 м
3	Реле промежуточные модульной серии РЭК77, IEK	6
4	Розеточный модульный разъем РРМ77, IEK	6
5	Автоматический выключатель, 2-х полюсный, IEK	3
6	Блок питания 12 В, DC	1
7	Шкаф управления УХЛЗ IP31 Корпус: 275'450'120. Ниша: 230'405'125, IEK	1
8	DIN-рейка 60 см оцинкованная TDM	1
9	Кнопка ABLFP-22 зеленая, 1з+1р, IEK	1
10	Кнопка ABLFS-22, 1з+1р, красный неон ТДМ	1

- Технические характеристики трубок вакуумного солнечного коллектора:
- коэффициент пропускания боросиликатного стекла: $\geq 0,92$;
 - поглощаемая способность селективного абсорбирующего покрытия: $\geq 0,94$;
 - излучательная способность полусферы: $\varepsilon \geq 0,08$;
 - время запуска в работу: не более двух минут при нормальном солнечном освещении;
 - морозостойкость – $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.2 Испытания солнечной опреснительной установки

3.2.1 Исследование производительности солнечного опреснителя при работе с вакуумными стеклянными полыми трубками

Испытания проводились с июня по август 2013 года с 9.00 по 19.00 в координатах $54^{\circ}19'$ с.ш. $59^{\circ}23'$ в.д.

На рис. 3.2 показана производительность солнечной опреснительной установки при работе с вакуумными стеклянными полыми трубками.

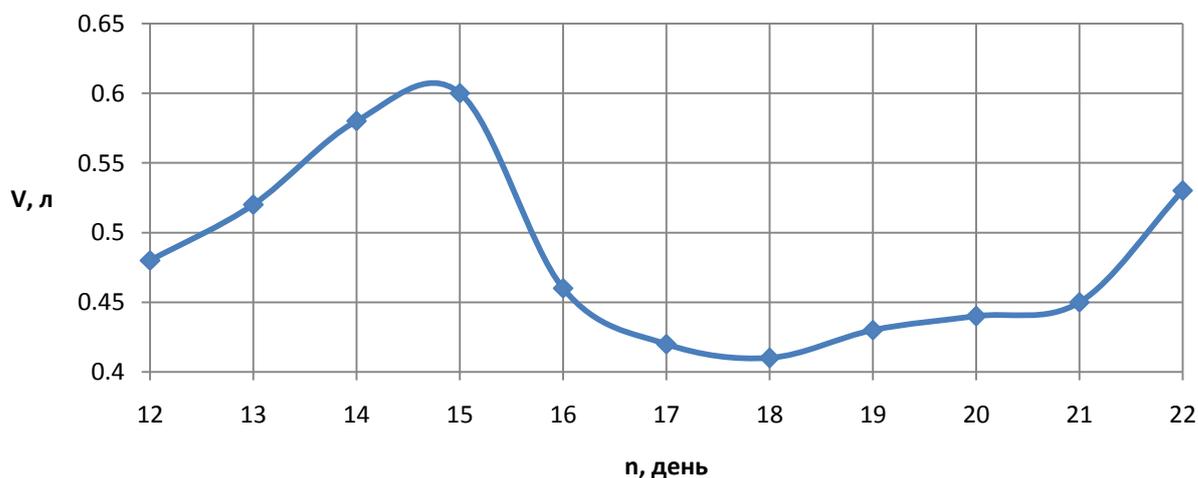


Рис. 3.2. Зависимость производительности солнечной опреснительной установки от времени, при работе с вакуумными стеклянными полыми трубками в июле месяце

Производительность солнечной опреснительной установки при работе с вакуумными стеклянными полыми трубками остается на низком уровне в течение всего эксперимента, в среднем 0,5 л в сутки, что делает использование опреснительной установки экономически нецелесообразным.

Увеличение количества вакуумных трубок не приведет к большому увеличению производительности. Одним из недостатков использования вакуумных стеклянных трубок заключается в том, что они не способны довести соленую воду до температуры кипения – состояния, в котором наблюдается повышенная интенсивность испарения.

3.2.2 Исследование производительности солнечного опреснителя при работе с вакуумными коллекторами с тепловыми трубками

На рис. 3.3 приведена производительность установки при использовании коллекторов с тепловыми трубками.

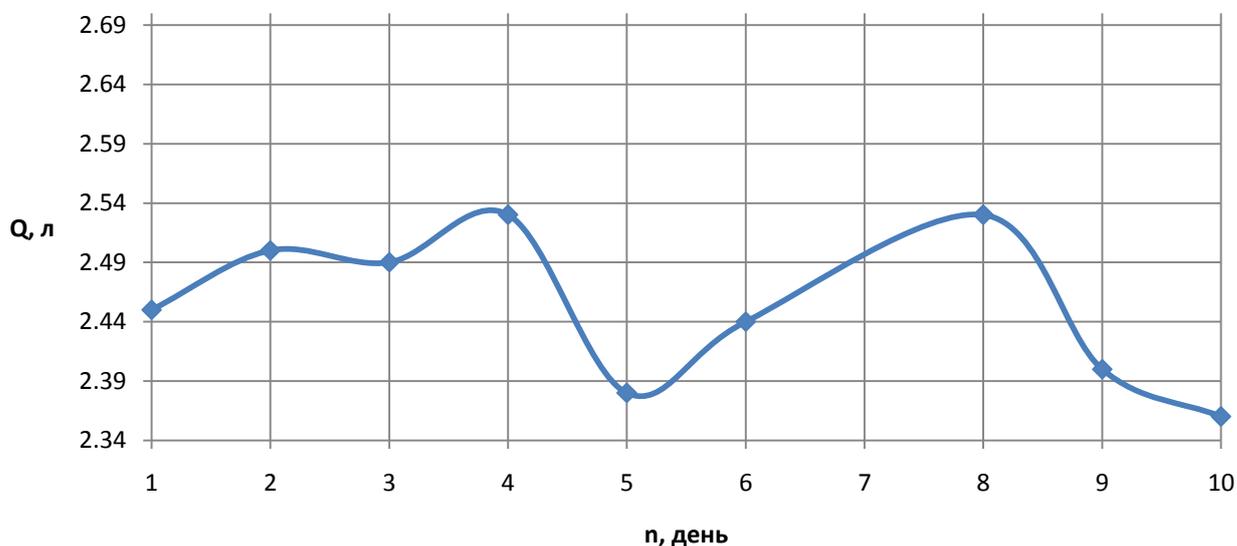


Рис. 3.3. Зависимость производительности установки от времени, при использовании вакуумного коллектора с тепловыми трубками в июле месяце

Производительность солнечной опреснительной установки при использовании вакуумных коллекторов с тепловыми трубками, общей

площадью 0,16 м², в среднем составляла 2,5 л за день, при этом данный результат был получен в регионе с невысокой солнечной активностью [165], что является хорошим показателем.

Производительность установки во многом зависит от наличия облачности, что отражается на рисунке 3.3. При кратковременной облачности в среднем 10 минут с интервалом безоблачности в 30 минут, энергии двух трубок вакуумного коллектора недостаточно для того, чтобы довести воду объемом 1,2 до температуры кипения.

Производительность солнечной опреснительной установки имеет максимальное значение в 13 часов дня, в это время солнце находится в зените, и при перпендикулярном расположении плоскости с вакуумными коллекторами к солнечным лучам поглощаемая солнечная энергия имеет максимальное значение.

В последующие часы производительность установки заметно падает. Это связано с тем, что солнце начинает склоняться к западу и солнечные лучи попадают на плоскость солнечных коллекторов под углом.

Конечный результат производительности солнечной опреснительной установки зависит от погодных условий, облачности и температуры окружающей среды.

Основные результаты и выводы по главе 3

1. Разработанная схема управления солнечной опреснительной установкой показала свою надежность и целесообразность использования в регионах с умеренным климатом.

2. Использование вакуумных стеклянных полых трубок экономически не целесообразно.

3. Для работы в солнечной опреснительной установке рекомендуется использовать вакуумные коллекторы с тепловыми трубками.

4. Увеличение количества вакуумных трубок на 4 единицы в среднем повысит производительность установки до 8 л в сутки в условиях Южного Урала.

5. Сделан вывод о возможности использования устройства слежения за солнцем.

ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ

Челябинская область, как и большая часть России, находится в зоне с невысокой солнечной активностью, поэтому для увеличения производительности солнечной опреснительной установки принято решение использовать устройство слежения за солнцем.

Актуальность использования устройства слежения за солнцем как по азимуту, так и по высоте зависит от региона и времени года, в котором используется устройство слежения.

На рисунке 4.1 показаны углы падения солнечных лучей на плоскость, расположенную в южном направлении в течение дня в летний период времени.

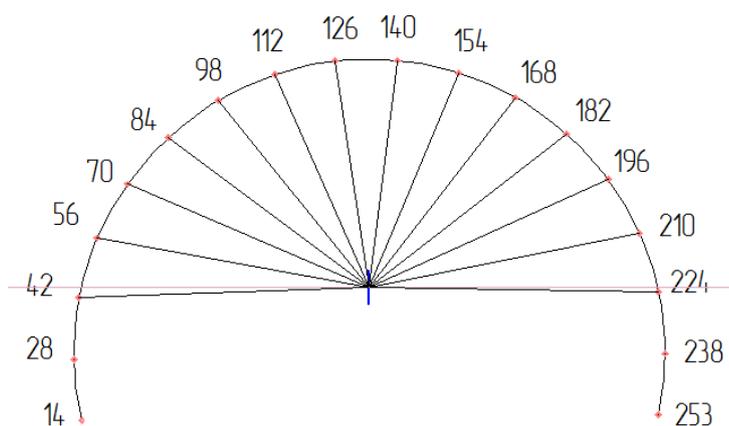


Рис. 4.1. Углы падения солнечных лучей по азимуту для Челябинской области, вид сверху, июнь

Исходя из рис. 4.1 видно, что часть времени солнечный коллектор находится вне зоны доступа солнечного излучения, примерно 4 ч 30 мин.

На рисунке 4.2 показаны углы падения солнечных лучей на плоскость, расположенную в южном направлении в течение дня в зимний период времени при перемещении солнца по азимуту.

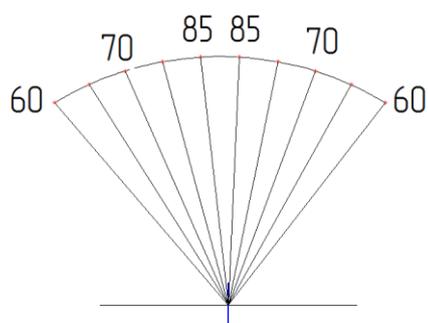


Рис. 4.2. Углы падения солнечных лучей по азимуту, вид сверху, январь

В зимнее время солнечный коллектор в течение всего дня находится в поле солнечного освещения.

На рис. 4.3 показаны углы падения солнечных лучей на плоскость, расположенную под углом 35° к горизонту, в течение дня в летний период времени.

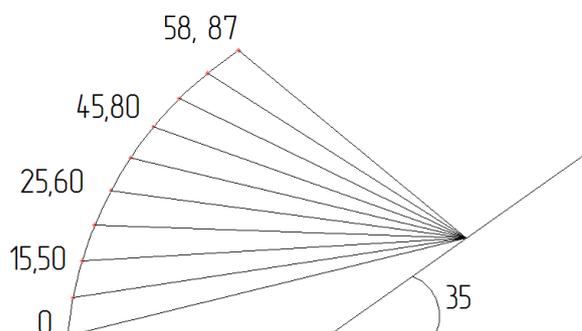


Рис.4.3. Углы падения солнечных лучей по высоте, июнь

Диапазон падения солнечных лучей на наклонную плоскость составляет почти 60° , что существенно влияет на величину производительности солнечного коллектора в течение дня.

На рисунке 4.4 показаны углы падения солнечных лучей на плоскость, расположенную под углом 85° к горизонту, в течение дня в зимний период времени.



Рис. 4.4. Углы падения солнечных лучей по высоте, вид сверху, январь

Устройство слежения за солнцем желательно использовать в летнее время, в зимнее время достаточно выставить установку на необходимые углы по азимуту и по высоте.

4.1 Разработка фотодатчика для устройства слежения за солнцем

Структурная схема устройства слежения за солнцем показана на рис. 4.5.



Рис. 4.5. Структурная схема устройства слежения за солнцем

Устройство слежения состоит из трех механизмов: фотодатчик, микроконтроллер и приводной механизм. Для достижения положительного результата работы устройства слежения за солнцем необходимо, чтобы каждый из механизмов работал максимально эффективно.

Микроконтроллер осуществляет управление положением солнечного устройства при помощи приводного механизма. Точность регулирования солнечного устройства относительно солнца во многом зависит от правильного взаимодействия фотодатчика и алгоритма работы, прописанного в микроконтроллере. В связи с этим при разработке устройства слежения за

солнцем особое внимание было уделено выбору фотоэлемента для фотодатчика и разработке алгоритма работы солнечного устройства.

В основном устройства слежения за солнцем работают по показаниям четырех фотодатчиков, измерения которых подаются на микроконтроллер. При отсутствии равенства в показаниях микроконтроллер подает соответствующие команды на электрические приводы, регулирующие положение плоскости с солнечным элементом, вследствие чего достигается равенство в показаниях фотодатчиков, и плоскость с солнечным элементом устанавливается под прямым углом к солнечным лучам [151, 157, 166, 167].

В целях удешевления и повышения надежности устройства слежения за солнцем для платы управления разработан алгоритм, в основе которого лежит работа по показаниям одного фотодатчика.

Лучистая энергия распространяется в пространстве во все стороны в виде электромагнитных волн с постоянной скоростью, равной примерно $3 \cdot 10^{10}$ см/сек, и для анализа положения солнца необходимо использовать фотодатчик, который способен максимально эффективно реагировать на величину изменения солнечной энергии во всем диапазоне в течение дня [168].

В качестве основы для фотодатчика были рассмотрены следующие элементы:

- фоторезисторы;
- фотодиоды;
- фототранзисторы.

Фотодиод – элемент, который преобразует попавший на его фоточувствительную область солнечный свет в электрический заряд за счёт процессов в р-п-переходе.

Фототранзистор – элемент, в котором управление током осуществляется на основе внутреннего фотоэффекта.

Фоторезистор – полупроводниковый элемент, отличительной особенностью которого является изменение проводимости элемента при

изменении электромагнитного излучения, вследствие фоторезистивного элемента. Существует два вида фоторезистивного эффекта: с увеличением проводимости и с уменьшением проводимости. Светочувствительные токопроводящие элементы фоторезистора изготавливаются из полупроводниковых материалов: сернистого свинца (фоторезисторы типа ФСА и ФС1), селенида кадмия (ФСД, ФСЗ), сернистого кадмия (ФСК, ФСК-Г1), селенида свинца (СФ4) и других элементов [169].

На вход микроконтроллера можно подать напряжение 5 В, следовательно, величина сигналов от фотодатчика должна лежать в диапазоне от 0 до 5 В.

Были рассмотрены различные схемы преобразования измерительного сигнала фотоэлементов в необходимый диапазон напряжения. Схемы, используемые при испытании, показаны на рис. 4.6.

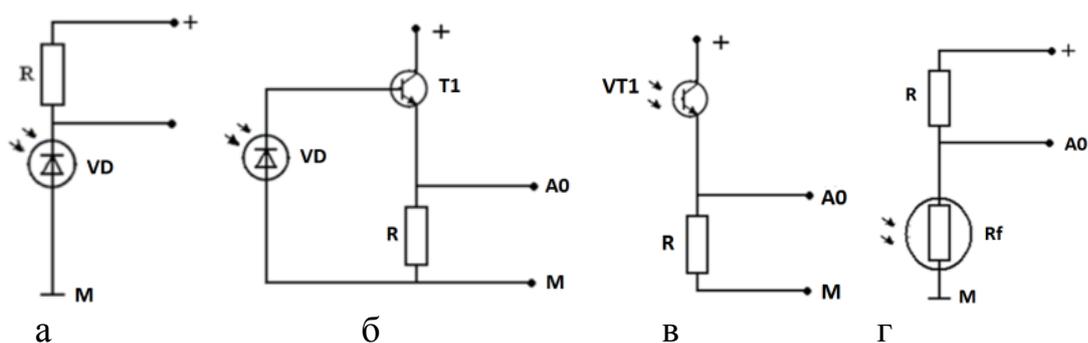


Рис. 4.6. Схемы включения в цепь платы управления фотодиода – а, б, фототранзистора – в, фоторезистора – г: А0 – аналоговый вход микроконтроллера по напряжению; VD – фотодиод; Т1 – транзистор; VT1 – фототранзистор; Rf – фоторезистор

Принцип действия работы фотодатчиков основан на падении напряжения, для чего введено добавочное сопротивление R, номинальное сопротивление которого рассчитывается для каждого фотоэлемента отдельно.

Величина добавочного сопротивления для схемы с использованием фоторезистора, с учетом того что напряжение на входе микроконтроллера А0 должно лежать в диапазоне от 0 до 5 В, рассчитано по следующей формуле:

$$R = \frac{U_{mk} \cdot R_{\Phi}}{U - U_{mk}}, \text{ Ом}, \quad (4.1)$$

где R – добавочное сопротивление; R_{ϕ} – сопротивление фоторезистора; $U_{\text{мк}}$ – напряжение на вход микроконтроллера; U – приложенное напряжение.

Фотодиод можно включать по двум схемам. Первая схема показана на рис. 4.6 а, где добавочное сопротивление рассчитано аналогично случаю с использованием фоторезистора. Вторая схема (рис. 4.6 б) используется, когда мощности фотодиода недостаточно для выработки тока, способного создать падение напряжения в цепи, при котором микроконтроллер может осуществлять анализ положения солнечного устройства. Ток фотодиода подается на базу транзистора, который в свою очередь через эмиттер подает ток на сопротивление R , падение напряжения с которого подается на вход микроконтроллера А0.

Использование схемы включения фототранзистора и фотодиода (рис. 4.6 б) в цепь платы управления не рекомендуется, т. к. в данном случае усложняется настройка и корректировка получения необходимого диапазона напряжения.

Отказ от использования фоторезисторов в стандартных системах поиска солнца обусловлен зависимостью величины сопротивления фоторезистора от температуры окружающей среды (рис. 4.7) [170]. При понижении температуры возможно неравномерное изменение технических характеристик фоторезистора, что приводит к некорректной работе всего устройства поиска. Алгоритм работы написан таким образом, что регулирование происходит за счет разницы в показаниях одного датчика. При изменении температуры изменится величина напряжения от датчика на вход микроконтроллера, но разница в показаниях от изменения интенсивности светового излучения сохранится, на этой разнице и работает алгоритм устройства слежения.

Фоторезисторы имеют множество исполнений и применяются в различных отраслях.

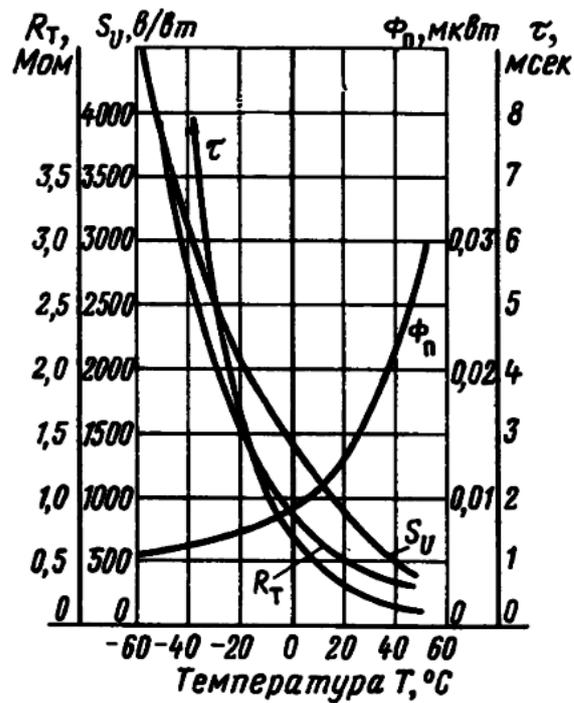


Рис. 4.7. Влияние окружающей температуры на параметры неохлаждаемых сернисто-свинцовых фоторезисторов

В устройстве слежения за солнцем желательно задействовать фоторезисторы с чувствительностью, достаточной для работы во всем спектре возможной величины солнечной интенсивности, и иметь достаточную чувствительность для изменения проводимости при незначительном изменении солнечной интенсивности. К примеру, сернисто-кадмиевые фоторезисторы имеют высокую чувствительность во всей области видимого спектра и высокую инерционность, что свидетельствует о скорости реакции фоторезисторов на воздействие светового потока. Преимуществом пленочных фоторезисторов является низкий уровень собственных шумов, что повышает пороговую чувствительность и делает возможным обнаружение небольших незначительных световых потоков [171].

Необходимо качественно выполнять сборку фотодатчика, т. к. источником шума помимо фоточувствительного элемента является и место контакта – полупроводник-электрод [100].

Для решения задачи по выбору оптимального фотоэлемента для фотодатчика при помощи исследовательского комплекса были проведены испытания различных фотоэлементов (рис. 5.4).

4.2.1 Экспериментальные исследования фотоэлементов

Необходимо учитывать следующие факторы при испытании фотоэлементов на воздействие солнечной радиации [173,174].

1. В течение всего эксперимента температура в помещении оставалась неизменной и составляла 22 °С.

2. В течение всего эксперимента влажность в помещении оставалась в допустимом диапазоне.

3. Пыль и поверхностные загрязнения на используемых фотоэлементах отсутствовали.

4. Испытания фотоэлементов происходили в закрытом пространстве, в котором отсутствовала вероятность возникновения ветра.

Лабораторные испытания проводились на стенде (рис. 4.8). Использовались следующие фотоэлементы: фоторезисторы типа СФ2-1, ФР-764, ФР-765, СФ2-16, СФ3-1, ФР1-3 и др. фотодиоды типа ВРW41N, ВРW34, ФД256, ФД263-01 и др.

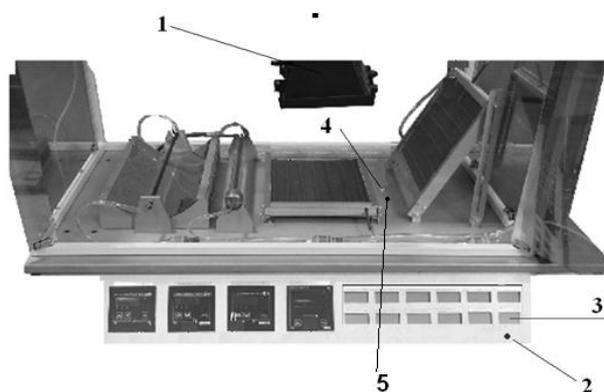


Рис. 4.8. Исследовательский комплекс: 1 – лампа накаливания; 2 – потенциометр; 3 – дисплей показывающий интенсивность светового излучения; 4 – датчик интенсивности светового излучения; 5 – фотоэлемент

Лабораторные испытания проводились в следующем порядке: напряжение через блок питания подавалось на фотоэлемент. Потенциометром 2 регулировалась мощность излучения электрической лампы дневного накаливания 1 и выставлялась необходимая интенсивность светового излучения, величина которой фиксировалась датчиком интенсивности светового излучения 4. Таким образом, происходило моделирование движения солнца в течение дня для различных времен года Челябинской области. Интенсивность светового излучения отображалась на дисплее 3. При помощи цифрового мультиметра Trend UT53 снимались значения напряжения с фотоэлемента при различной освещенности. Фотоэлемент установлен в непосредственной близости от датчика интенсивности светового излучения 4.

В таблице 4.1 представлены результаты расчетов интенсивности солнечного излучения в отдельные часовые интервалы для Челябинской области.

Таблица 4.1. Интенсивность солнечного излучения в отдельные часовые интервалы в Челябинской области

Месяцы	Время, ч							
	11–12	10–11	9–10	8–9	7–8	6–7	5–6	4–5
	12–13	13–14	14–15	15–16	16–17	17–18	18–14	19–20
Январь	0,053	0,045	0,031	0,01	-	-	-	-
Февраль	0,065	0,059	0,047	0,03	0,01	-	-	-
Март	0,064	0,061	0,052	0,04	0,024	0,01	-	-
Апрель	0,063	0,059	0,052	0,042	0,032	0,0195	0,0061	-
Май	0,057	0,053	0,049	0,042	0,033	0,022	0,014	0,005
Июнь	0,056	0,054	0,049	0,043	0,034	0,025	0,0162	0,0077
Июль	0,057	0,054	0,049	0,042	0,33	0,024	0,014	0,056
Август	0,057	0,0523	0,048	0,04	0,03	0,019	0,01	-

Продолжение таблицы 4.1

Сентябрь	0,058	0,054	0,047	0,037	0,024	0,012	-	-
Октябрь	0,066	0,06	0,05	0,035	0,017	-	-	-
Ноябрь	0,064	0,056	0,043	0,0231	-	-	-	-
Декабрь	0,055	0,046	0,03	0,008	-	-	-	-

Результаты испытаний для фоторезистора ФР1-3 и для фотодиода ВРW41N показаны на рис. 4.9 для зимнего и летнего периодов.

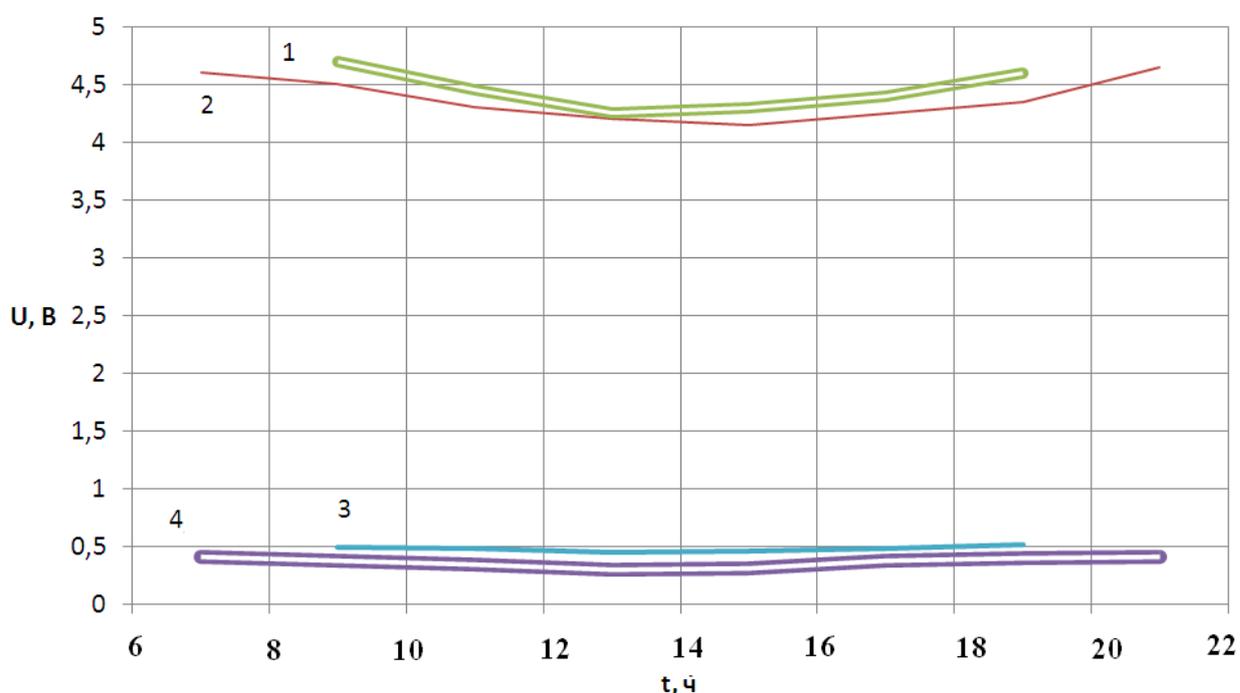


Рис. 4.9. Падения напряжения на фоторезисторе в январе – 1 и в июне – 2 в течение дня и падения напряжения на фотодиоде в январе – 3 и в июне – 4 в течение дня

Плавная характеристика зависимости напряжения на входе микроконтроллера от интенсивности светового излучения на фотоэлементе, представленная на рис. 4.9, является главным показателем для устройства слежения за солнцем, работающего на показаниях одного фотодатчика. При работе фоторезистора легче сделать уставку по напряжению фотоэлемента,

срабатывание которой запускает подпрограмму «Поиск солнца», что обеспечивает плавность регулирования в течение всего дня.

Исходя из рис. 4.9 видно, что использование фотодиода без вспомогательных устройств по усилению сигнала [175] не представляется возможным, т. к. на выходе получается небольшой диапазон изменения напряжения, что существенно понижает чувствительность датчика, делая устройство слежения за солнцем неэффективным.

Исходя из полученных результатов, в устройстве слежения за солнцем, работающим по показаниям одного фотодатчика, в условиях Южного Урала в качестве основы для фотодатчика рекомендуется использовать фоторезистор ФР1-3, приложенное напряжение 5 В, добавочное сопротивление 51 кОм. Предлагается устанавливать уставку по напряжению в 0,15 В, при которой точность регулирования будет оптимальной.

Условия эксплуатации фоторезистора ФР1-3:

- интервал рабочей температуры от -60 до $+60$ °С;
- относительная влажность воздуха при температуре $+25$ °С для фоторезисторов в исполнении для умеренного и холодного климата до 98 %;
- относительная влажность воздуха при температуре $+35$ °С для фоторезисторов во всеклиматическом исполнении до 98 %;
- многократные удары с ускорением до 75 г.

Технические характеристики:

- рабочее напряжение, не более 15 В;
- допускаемое отклонение темнового сопротивления от номинального значения, не более ± 50 %;
- максимальная мощность рассеяния, не более 3 Вт;
- отрицательный температурный коэффициент темнового сопротивления в интервале температур от -60 до $+20$ °С, не более 5 % °С;
- отрицательный температурный коэффициент темнового сопротивления в интервале температур от $+20$ до $+60$ °С, не более 4 % °С;

– гарантийная наработка 10 000 ч.

4.2.2 Разработка алгоритма работы устройства слежения за солнцем

Режим регулирования положения солнечного устройства может быть следующим:

- положение меняется по азимуту;
- положение меняется по высоте;
- положение меняется по высоте и по азимуту.

Для солнечной опреснительной установки с учетом сконструированного фотодатчика на основе фоторезистора была разработана плата управления для устройства слежения, способная регулировать положение плоскости солнечного устройства по высоте и по азимуту.

На рис. 4.10 показан общий вид платы управления.

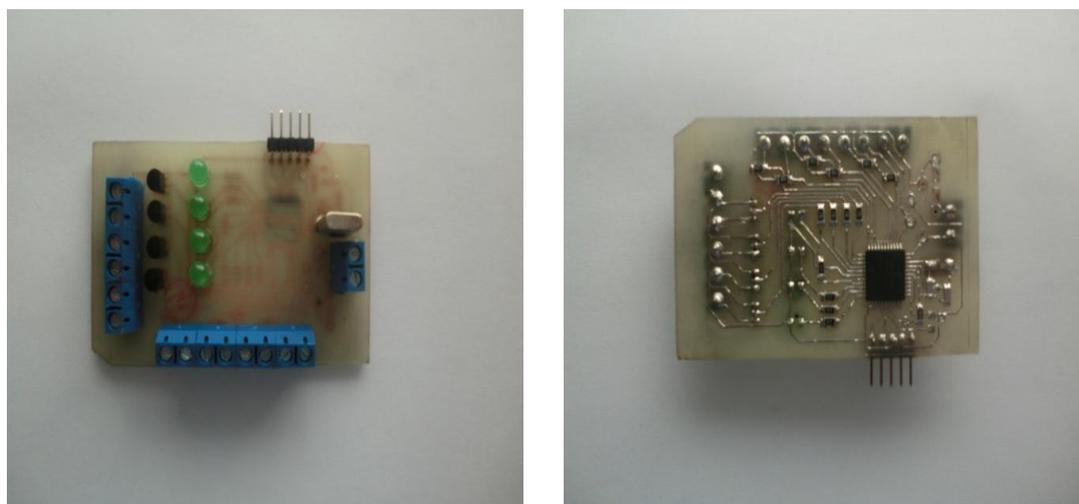


Рис. 4.10. Общий вид платы управления устройством слежения за солнцем

Разработанная система слежения состоит из платы управления с 8–битным FLASH микроконтроллером серии PIC16F887-I/PT. Электрическая схема платы управления показана на рис. 4.11.

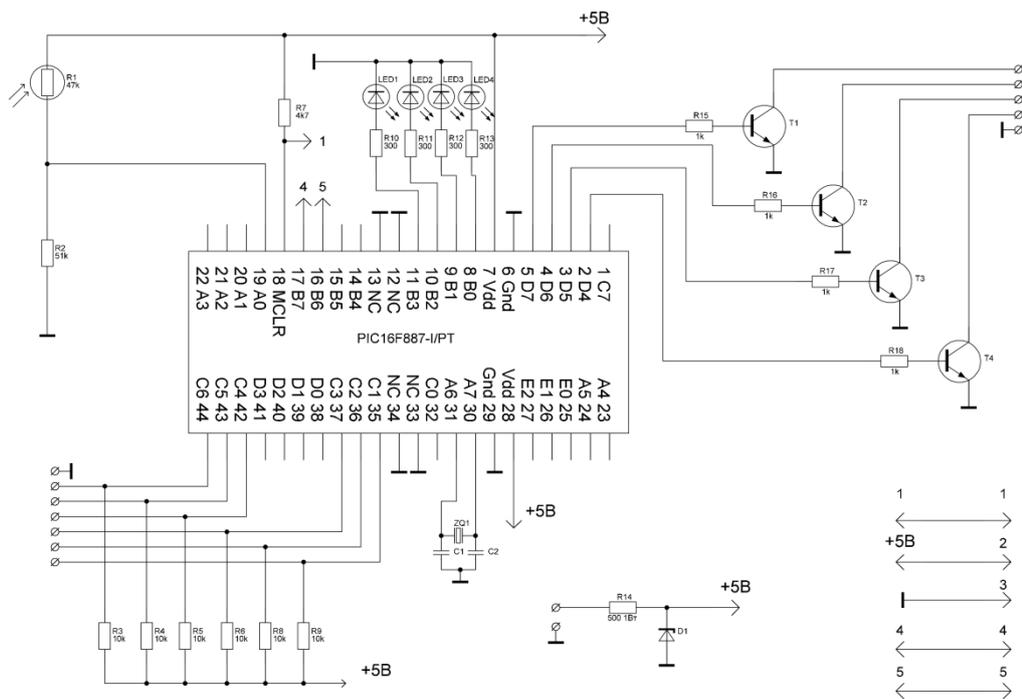


Рис. 4.11. Электрическая схема платы управления устройством слежения за солнцем

Ниже представлены расчеты элементов для платы управления.

Расчет резисторов R_{15-18} . Транзисторы необходимы для подачи напряжения на катушку реле, контакты которого запускают в работу электрические привода. Напряжение питания реле $U_{вн} - 24$ В, сопротивление реле $R_{реле} - 200$ Ом. Отсюда следует, что ток, проходящий по транзистору:

$$I_{mp} = \frac{U_{вн}}{R_{реле}} \text{ A} \quad (4.2)$$

Коэффициент усиления по току K_y транзистора 2N551, принимаем равным 30. На базу транзистора необходимо подать ток:

$$I_{б} = \frac{I_{mp}}{K_y} \text{ A} \quad (4.3)$$

Напряжение на ножках микроконтроллера $U_{мк} - 5$ В. Рассчитаем необходимый номинал резистора, для того чтобы на базе транзистора создать ток 0,004 А:

$$R_{15-18} = \frac{U_{МК}}{I_6} \text{ Ом} \quad (4.4)$$

Расчет резисторов R_{10-13} . Напряжение на светодиоде $U_{св} = 2,3 \text{ В}$, ток светодиода $I_\phi = 20 \text{ мА}$. Рассчитаем величину, на которую необходимо понизить напряжение микроконтроллера – 5 В , для того чтобы запитать диоды:

$$\Delta U = U_{вх} - U_{св} \text{ В} \quad (4.5)$$

Необходимый номинал резистора:

$$R_{10-13} = \frac{\Delta U}{I_\phi} \text{ Ом} \quad (4.6)$$

Для защиты выхода микроконтроллера от короткого замыкания на светодиоде необходимо, чтобы потребление тока диодом не превышало нагрузочной способности микроконтроллера $I_{наг.МК} = 20 \text{ мА}$.

$$R_{10-13} = \frac{U_{МК}}{I_{наг.МК}} \text{ Ом} \quad (4.7)$$

Расчет резисторов R_{3-9} . Резисторы R_{3-9} применяются для исключения ложных срабатываний, сопротивление каждого резистора составляет 10 кОм .

Расчет резистора R_2 . Фоторезистор R_1 в темноте имеет сопротивление 47 кОм , на свету – 10 кОм . Поэтому резистор R_2 выбран так, чтобы напряжение на входе изменялось от $2,6 \text{ В}$ до $4,1 \text{ В}$.

$$U_{out} = \frac{U \cdot R_2}{R_2 + R_1} \text{ В} \quad (4.8)$$

Расчет резистора R_{14} . Напряжение блока питания надо уменьшить на величину:

$$\Delta U = U_{бп} - U_{вх} \text{ В} \quad (4.9)$$

С учетом того, что одновременно могут быть открыты только один транзистор и 2 светодиода, схема потребляет не более 50 мА . Сопротивление резистора будет равно:

$$R_{14} = \frac{\Delta U}{I_{сх}} \text{ Ом} \quad (4.10)$$

Величина потребляемого тока:

$$I_{сх} = \frac{\Delta U}{R_{14}} \text{ А} \quad (4.11)$$

Мощность резистора:

$$P_{14} = I_{cx} \cdot \Delta U \text{ Вт} \quad (4.12)$$

Для тактирования микроконтроллера используется кварцевый резонатор ZQ1 [186].

Общий вид платы устройства слежения за солнцем, показан на рис. 4.12.

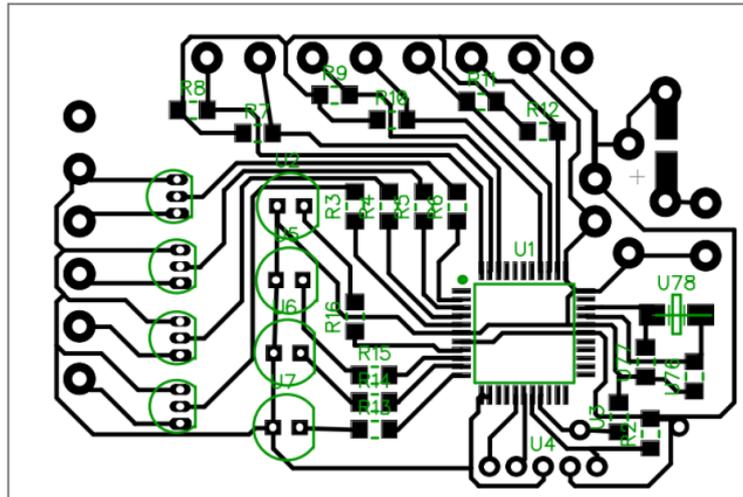


Рис. 4.12. Общий вид платы устройства слежения за солнцем

Алгоритм работы микроконтроллера приведен в приложении 3.

При изменении показаний датчика слежения микроконтроллер подает сигнал на включение привода по азимуту. Как только показания перестанут увеличиваться, привод азимута останавливается, и микроконтроллером подается сигнал на включение привода, отвечающего за регулирование плоскости по высоте. После того, как показания датчика начинают уменьшаться, подается сигнал на отключение привода. Таким образом, происходит регулирование плоскости солнечных коллекторов в течение дня.

Одной из существенных проблем в работе устройства слежения за солнцем является работа в условиях длительного затенения. Для избегания погрешностей при работе в отсутствии солнца в алгоритм работы устройства слежения вводится подпрограмма – «Работа устройства слежения за солнцем в условиях длительного затенения». При закрытии солнца облаками интенсивность солнечного излучения резко уменьшается, в отличие от

нормальной работы, когда интенсивность солнечного излучения меняется плавно. Подпрограмма включается при резком уменьшении интенсивности солнечного излучения.

4.3 Анализ известных электрических приводов и разработка привода устройства слежения за солнцем

После проведенного анализа имеющихся установок слежения за солнцем [176, 177, 178, 179, 180, 192] было принято решение о разработке приводной части для устройства слежения, отличающегося высокой надежностью, низкой стоимостью, соответствующего работе алгоритма платы управления и подходящего по конструкции к солнечной опреснительной установке.

В качестве приводов в устройстве слежения могут быть задействованы различные типы двигателей. Для регулирования по высоте предпочтительнее задействовать двигатели линейного типа.

В качестве основы для линейного привода можно использовать гидравлический привод. Но, вследствие имеющихся недостатков типа наличия масляных баков, насосов, аккумуляторов и систем фильтрации масла, использовать его не рекомендуется.

Использование пневматического привода имеет преимущество, в возможности получения прямолинейного движения без дополнительных механических передач и возможности длительной работы на упоре без перегрева [181]. Недостаток заключается в необходимости наличия компрессора и пневматических клапанов, что в конечном итоге удорожает систему.

Преимущество использования линейных сервомоторов, в отличие от гидравлических и пневматических, заключается в низкой стоимости монтажных работ и их последующем обслуживании.

Для регулирования положения по азимуту в зависимости от конструкции можно использовать как линейные двигатели, так и обычные электрические двигатели, работающие через понижающие частоту вращения вала редукторы.

Сейчас разработано множество разновидностей (типов) линейных электродвигателей: линейные асинхронные электродвигатели, линейные синхронные электродвигатели, линейные пьезоэлектрические, электромагнитные, магнитоэлектрические, магнитострикционные двигатели и др. [119, 182, 189]. Также имеются индивидуальные разработки ученых и технических специалистов, направленные на реализацию возможности перемещения плоскости солнечной установки по азимуту и по высоте. В работе [183] перемещение по азимуту осуществляется за счет электродвигателя, вращающего червячный вал, который через зубчатое колесо разворачивает вертикальный вал. В работе [109] представлен привод, где вращение вала обеспечивается за счет шагового двигателя, через червячный редуктор и цилиндрическую зубчатую передачу.

Есть работы, где перемещение осуществляется дискретным способом по три градуса как по азимуту, так и по углу местности [186]. В ряде патентов, слежение за солнцем осуществляется асинхронными двигателями через понижающие редукторы [163].

Недостатком данных методов является дороговизна механизмов, сложность монтажа и плохая совместимость с разработанной солнечной опреснительной установкой.

В целях улучшения экономических показателей электропривода для повторно-кратковременного режима выпускается специальная серия двигателей, которые имеют увеличенные пусковой и максимальный моменты. В нашем случае число включений в час ниже, чем 600–800 раз в час. Поэтому не требуется проверка на допустимую частоту включения и можно использовать стандартные электрические двигатели.

4.4 Технические характеристики разработанного устройства слежения за солнцем

С учетом проведенного анализа имеющихся систем слежения за солнцем, была разработана приводная часть, подходящая для устройства слежения за солнцем в составе солнечной опреснительной установки [190]. В качестве двигателя используется мотор-редуктор ЭПС-4 (рис. 4.13)



Рис. 4.13. Общий вид мотор-редуктора ЭПС-4

Параметры двигателя приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2. Параметры мотор-редуктора ЭПС-4

Напряжение питания постоянного тока, В	12
Нагрузочный момент, Нм	3
Потребляемый ток, А	8
Пусковой ток, А	28
Частота вращения, об/мин	50
Габариты, мм	195 x130x50
Масса, кг	1

На рис. 4.14 приведены характеристики использованного двигателя.

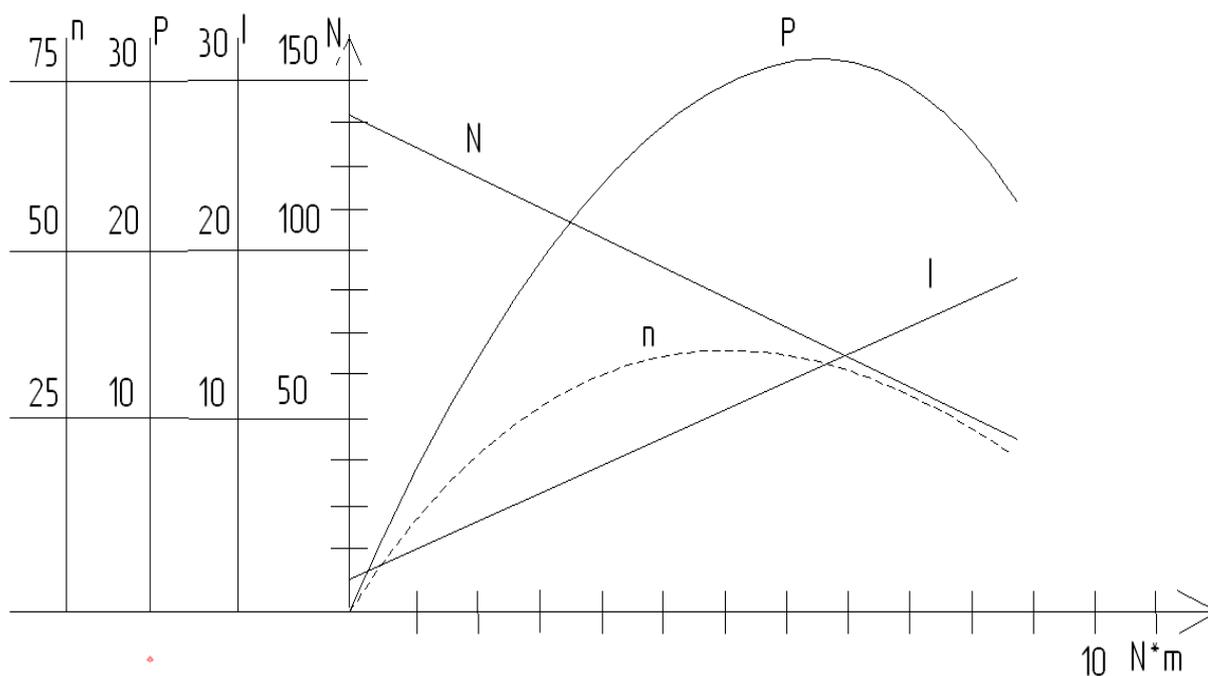


Рис. 4.14. Характеристики мотор-редуктора ЭПС-4

Опреснительная установка, вакуумные трубки солнечного коллектора и фотодатчик зафиксированы на профиле, который соединен с плоскостью поворотного механизма по азимуту 7 через шарнирный механизм 22. Механический домкрат с электрическим приводом на валу обеспечивает перемещение по высоте плоскости трубок солнечного коллектора.

Для предотвращения подклинивания домкрата и возможности его нормальной работы на протяжении длительного времени соединение домкрата с плоскостью поворотного механизма по азимуту происходит при помощи шарнирного механизма б, а с плоскостью солнечных коллекторов соединение происходит при помощи металлического стержня, который имеет небольшой диапазон свободного хода. При движении вверх электрического домкрата он наклоняется вслед за поднимаемой плоскостью при помощи механического шарнира б (рис. 4.15).

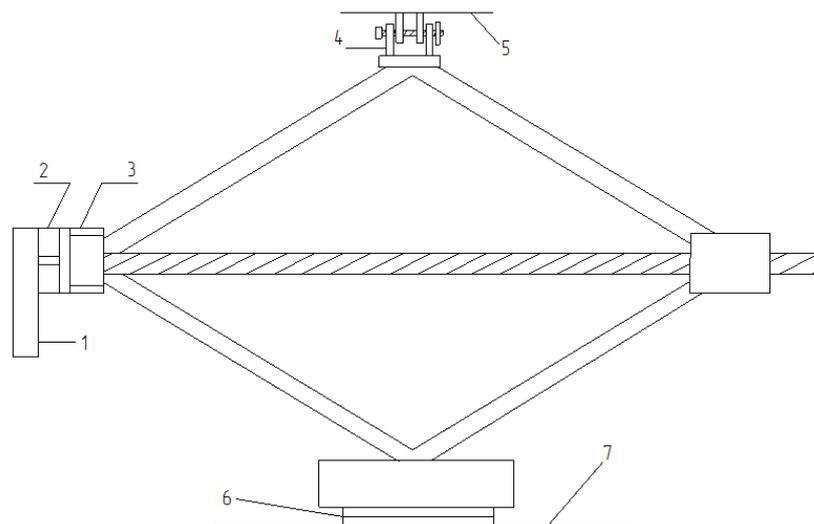


Рис. 4.15. Привод управления положением вакуумных трубок по высоте: 1 – электрический двигатель; 2 – крепление двигателя к механическому домкрату; 3 – механический домкрат; 4 – крепление домкрата к плоскости вакуумных трубок; 5 – плоскость вакуумных трубок; 6 – шарнирный механизм; 7 – плоскость поворотного механизма по азимуту

На рис. 4.16 показан привод управления положением плоскости трубок солнечного коллектора по азимуту.

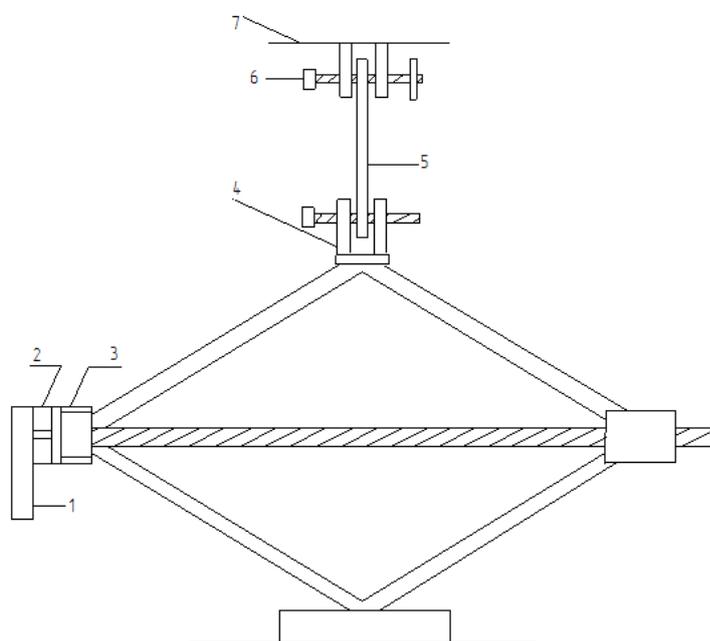


Рис. 4.16. Привод управления положением плоскости вакуумных трубок по азимуту: 1 – электрический двигатель; 2 – крепление двигателя к механическому домкрату; 3 – механический домкрат; 4 – крепление алюминиевого штока к домкрату; 5 – алюминиевый шток; 6 – крепление алюминиевого штока к вращающейся плоскости по азимуту; 7 – вращающаяся плоскость по азимуту

Нижняя часть электрического домкрата приварена к фиксированному основанию опреснительной установки. Верхняя часть 4 через алюминиевый шток соединена с плоскостью поворотного механизма по азимуту 7. При этом алюминиевая трубка с обоих концов соединена с плоскостями механическим стержнем, который имеет небольшой диапазон свободного перемещения. Плоскость поворотного механизма по азимуту 7 и основание установки соединены при помощи вала, зафиксированного в подшипнике 21, вследствие чего установка находится в фиксированном положении и имеет возможность для вращения по азимуту.

Данную конструкцию отличает низкая стоимость и вследствие небольшого количества используемых механизмов высокая надежность.

Основные результаты и выводы по главе 4

1. Разработано устройство слежения за солнцем, предназначенное для работы в составе солнечной опреснительной установки.
2. Разработан алгоритм устройства слежения за солнцем и плата управления.
3. Проведены испытания фотоэлементов для фотодатчика, в результате которых принято решение, что в качестве основы для фотодатчика будет использоваться фоторезистор ФР1-3 и выбрана уставка срабатывания подпрограммы «Поиск солнца».
4. Разработан электрический привод для устройства слежения, отличающегося низкой стоимостью.

ГЛАВА 5 ИСПЫТАНИЯ УСТРОЙСТВА СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ

В качестве объекта экспериментального исследования используется разработанное устройство слежения за солнцем.

Целью испытаний для получения зависимости производительности установки при работе с устройством слежения является:

- получение зависимости повышения производительности установки от использования устройства слежения;
- проверка корректности работы разработанной платы управления и приводной части устройства слежения;
- совместимость устройства слежения с опреснительной установкой.

Устройство слежения состоит из платы управления и приводного механизма, на использованное оборудование имеется техническая документация.

Оборудование, используемое в устройстве слежения за солнцем, приведено в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Оборудование, используемое в устройстве слежения за солнцем

№	Оборудование	Количество
1	Провод ПВ 3, 0,75 мм ² , м	20
2	Реле промежуточные модульной серии РЭК77, ИЕК	5
3	Розеточный модульный разъем РРМ77, ИЕК	5

Продолжение таблицы 5.1

5	Переключатель LAY5 – BK2565, 2 положения	1
6	Кнопка ABLFP-22 зел. 1з+1р ИЭК,	2
7	Кнопка ABLFS-22 d22 ,1з+1р, красный неон ИЭК	2
8	Алюминиевая трубка для крепления домкрата к вращающейся платформе	1
9	QF2, QF3 М-ВА МОД 2П, 16А, 10кА, ВА47-100 ИЭК	2
10	Двигатель мотор-редуктор ЭПС-4	2
11	Домкрат винтовой 1.75т ромбический 410 мм RНОМВUS-911 НПП РЯЗАНЬ	2
12	Уголок оконный, 75 мм	4
13	Петля универсальная, с плоским колпачком	3

Технические характеристики элементов платы управления представлены в таблице 5.2

Таблица 5.2. Технические характеристики платы управления

№	Оборудование	Количество
1	Микроконтроллер PIC16F887-I/PT	1
2	$R_{10-13} = 150 \text{ Ом}$	3
3	$R_{15-18} = 1250 \text{ Ом}$	3

Продолжение таблицы 5.2

4	$R_{3-9} = 10 \text{ кОм}$	6
5	$R_{14} = 500 \text{ Ом}$	1
6	$R_2 = 51 \text{ кОм}$	1
7	$R_7 = 47 \text{ кОм}$	1
8	C1, C2 с емкостью 22 пФ	2
9	Транзисторы Т1, Т2, Т3, Т4, 2N551	4
10	Кварцевый резонатор ZQ1– НС – 49 / US	1

Перед началом испытаний установка осматривается на отсутствие подклинивания в приводной части устройства слежения.

Требования к устройству слежения за солнцем:

- процесс слежения за солнцем происходит без участия человека;
- слежение осуществляется по азимуту и по высоте.

5.1 Испытания солнечной опреснительной установки с устройством слежения за солнцем

В летнее время с 9.00 по 19.00 в координатах 54°19' с.ш. 59°23' в.д. проводились экспериментальные исследования сконструированного опреснителя, работающего на энергии вакуумных трубок солнечного коллектора с устройством слежения за солнцем.

Переключатель режима установлен в автоматический режим.

Начальное положение: южное направление по азимуту, угол наклона по высоте 80°.

На рис. 5.1 показаны результаты испытаний солнечной опреснительной установки с устройством слежения.

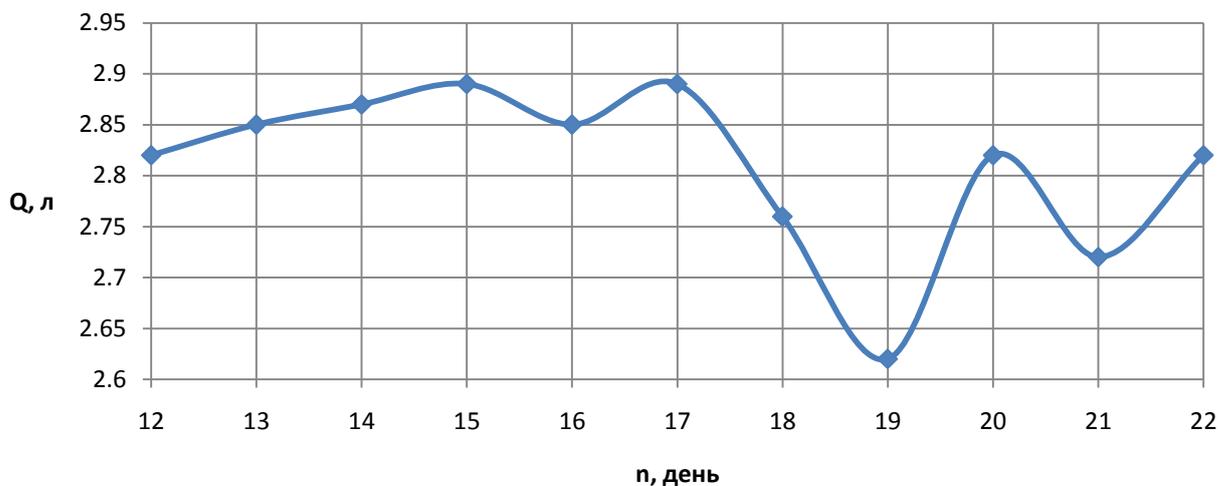


Рис. 5.1. Зависимость производительности лабораторной опреснительной установки от времени с устройством слежения за Солнцем в августе месяце

Производительность установки с устройством слежения закономерно возрастает в среднем на 0,5 л.

Для более точного анализа причин увеличения производительности солнечной опреснительной приведем производительность солнечной опреснительной установки в течение дня по часам, рис. 5.2.

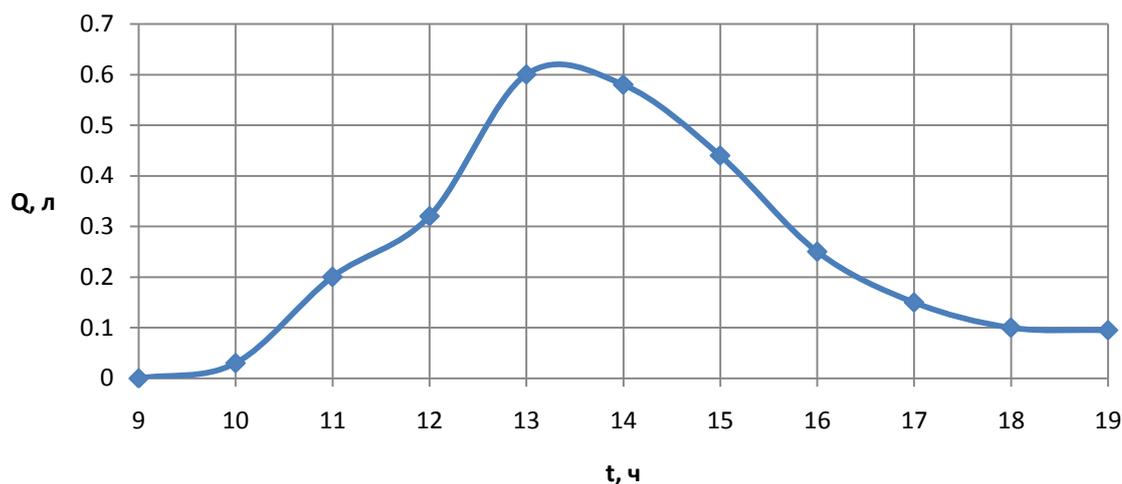


Рис. 5.2. Производительность солнечной опреснительной установки с устройством слежения в течение дня

Производительность солнечной опреснительной установки с устройством слежения за солнцем возрастает за счет увеличения производительности установки в послеобеденные часы. Это связано с тем, что в утренние часы интенсивность солнечного излучения не дошла до своего пика и получаемая от Солнца энергия идет не на испарение соленой воды, а на нагрев воды до температуры кипения. В послеобеденные часы интенсивность испарения воды достигает пика и держится на этом уровне до вечера.

Как видно из рис. 5.2, в некоторые моменты времени производительность без устройства слежения практически равна производительности с устройством слежения, что еще раз доказывает, что основополагающим фактором, влияющим на производительность установки, является интенсивность солнечного излучения. При отсутствии солнца длительное время в течение дня производительность солнечной опреснительной установки с двумя вакуумными коллекторами повышается в среднем на 150 грамм. В безоблачную погоду производительность установки с устройством слежения увеличивается на 0,9 л. Увеличение количества вакуумных трубок приводит к увеличению производительности установки от использования устройства слежения, при этом окупаемость устройства слежения снижается.

Исходя из проведенных опытов, делаем вывод о необходимости использования разработанного устройства слежения за солнцем в солнечных опреснительных установках.

Во время испытаний устройство слежения доказало эффективность работы. В течение эксперимента опреснительная установка работала без замечаний, что говорит о возможности совместимости опреснительной установки с устройством слежения.

На рис. 5.3 показаны результаты расчетов математической модели и испытаний для солнечной опреснительной установки без устройства слежения за солнцем.

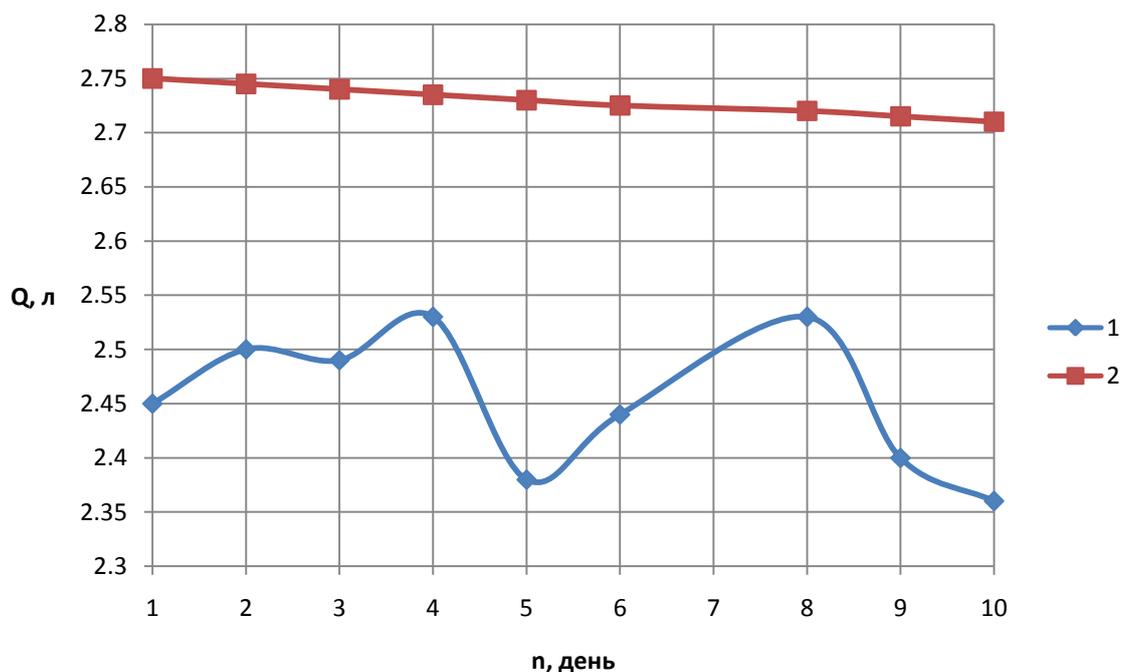


Рис. 5.3. Производительность солнечной опреснительной установки, полученная расчетным путем – 1 и опытным путем – 2

На рис. 5.4 показаны результаты расчетов математической модели и испытаний для солнечной опреснительной установки с устройством слежения за солнцем.

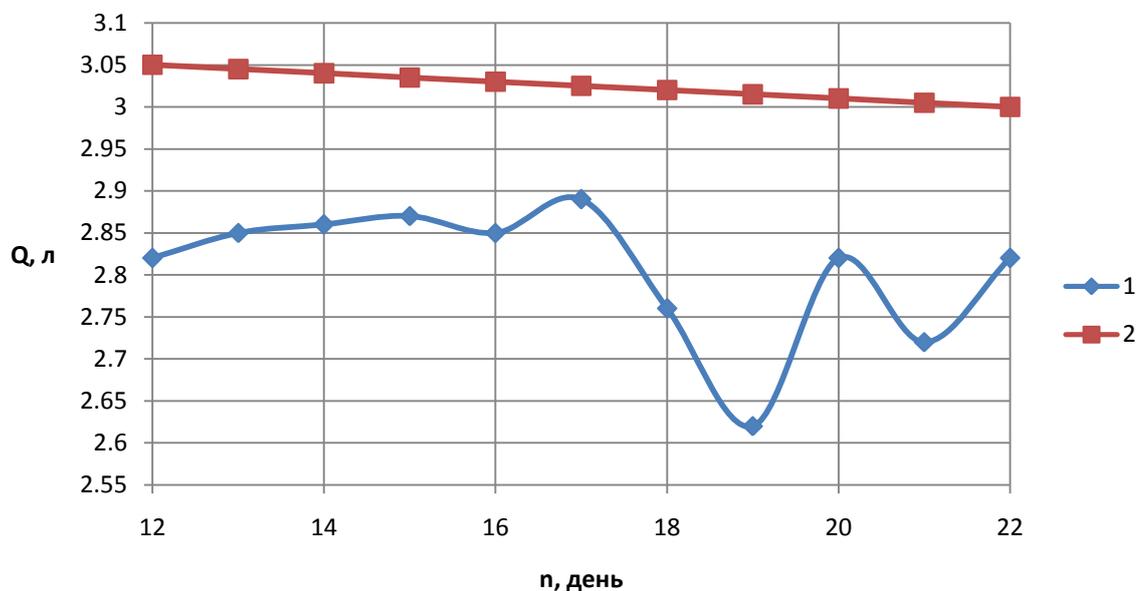


Рис. 5.4. Производительность солнечной опреснительной установки с устройством слежения, полученная расчетным путем – 1 и опытным путем – 2

В ходе сравнения результатов, полученных при экспериментальных исследованиях и при теоретических расчетах, пришли к выводу, что математическая модель дает максимально точный результат в дни, в которых облачность минимальна и интенсивность солнечного излучения максимальна течение всего дня. Различие в показаниях для установки без устройства слежения составляет 0,1 л (4 %) с устройством слежения 0,15 л (5 %). Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности использования математической модели для расчета производительности солнечной опреснительной установки.

Конечный результат производительности солнечной опреснительной установки с устройством слежения за солнцем зависит во многом от погодных условий, облачности и температуры окружающей среды.

5.2 Использование солнечных батарей в качестве источника электрической энергии

В разработанном устройстве слежения за солнцем используется электрическое оборудование: электрические приводы, электромагнитные клапаны и др. – все это заметно повышает производительность установки, но при этом накладывает ряд ограничений. Установка теряет в автономности и становится зависимой от наличия источника электрической энергии.

Решением проблемы является использование в качестве источника электрической энергии солнечных батарей, что обусловлено рядом факторов:

- солнечная батарея имеет возможность устанавливаться на опреснительную установку;
- использование устройства слежения увеличивает эффективность солнечной батареи;

– солнечные батареи работают, как и опреснитель, на энергии солнца, что исключает возможность отсутствия электрической энергии при работе опреснителя.

Схема опреснительной установки с солнечной батареей в качестве источника питания электрической энергии показана на рис. 5.5.

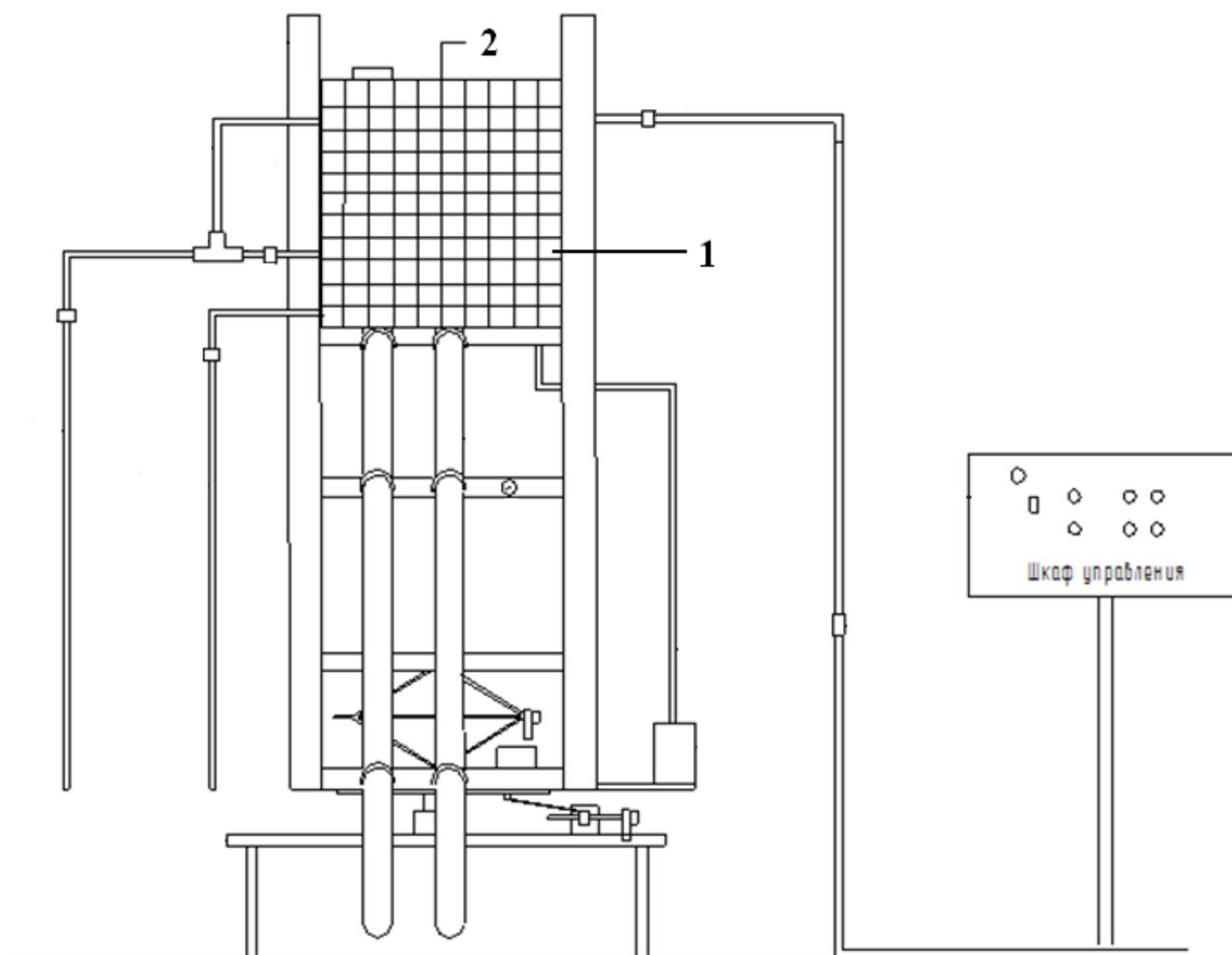


Рис. 5.5. Общий вид солнечной опреснительной установки: 1 – солнечная батарея; 2 – опреснитель

Принцип действия установки остается аналогичен принципу, описанному в главе 3.

Сдерживающим фактором установки солнечной батареи на опреснитель является дефицит свободного места, т. к. при штатной работе солнечного опреснителя необходимая площадь солнечных батарей превышает площадь

опреснителя, что делает невозможным установку батареи на опреснитель. Для реализации этого действия разработан специальный алгоритм, целью которого является уменьшение потребления электрической энергии и, как следствие, размеров солнечной батареи.

Автоматизацию производственного процесса можно осуществить при помощи программируемого реле или контроллера. В разработанной установке предлагается произвести автоматизацию процесса без использования программируемых элементов. Для этого используется релейная логика в электрической схеме.

Потребление электрической энергии солнечной опреснительной установкой рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{pr} = P_{az} + P_{zen} + P_{mk} + P_{klap} \text{ Вт}, \quad (5.1)$$

где P_{az} – мощность электрического домкрата для передвижения солнечного устройства по азимуту; P_{zen} – мощность электрического домкрата для передвижения солнечного устройства по зениту; P_{mk} – электрическая энергия потребляемая микроконтроллером; P_{klap} – электрическая энергия, потребляемая электромагнитными клапанами.

Мощность электрического привода составляет 50 Вт. Необходимая площадь солнечной батареи может быть рассчитана по следующей формуле [154]:

$$F_{cm} = F_{c3} \cdot n \cdot K_{зан} \text{ м}^2, \quad (5.2)$$

где F_{c3} – площадь одного солнечного модуля 125x125 мм; n – количество солнечных элементов в модуле; $K_{зан}$ – коэффициент заполнения солнечными элементами площади солнечного модуля 0,97.

Выработка электрической энергии солнечным модулем в i месяце определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_i = \mathcal{E}_{вал} \cdot F_{cm} \cdot m \cdot n_k \cdot K_i \cdot \eta_{Др} \cdot \eta_{ДЭ}, \quad (5.3)$$

где $\mathcal{E}_{вал}$ – валовый удельный приход солнечной радиации на рассматриваемую площадку, кВт ч / м²; m – количество модулей в солнечной батарее; n_k – КПД

кремниевого солнечного элемента; K_t – коэффициент учитывающий влияние температуры на КПД; $\dot{\eta}_{др}$; $\dot{\eta}_{дэ}$ – соответственно потери мощности, определяемые последовательным соединением элементов и передачей энергии до потребителя.

На рис. 5.6 представлена схема использования солнечных батарей в солнечной опреснительной установке.



Рис. 5.6. Схема использования солнечных батарей в солнечной опреснительной установке

С учетом лабораторных испытаний и расчетов повышения производительности при использовании электрического нагревателя, для производства 4 л в сутки в условиях южного Урала достаточно 2-х солнечных вакуумных коллекторов и солнечной батареи размером 425 мм × 300 мм × 42 мм.

В качестве электрического нагревателя могут применяться индукционные нагреватели и др. типы нагревателей [185, 195, 196, 197,].

5.3. Система контроля заряда энергии электрического аккумулятора солнечной опреснительной установки

Избыток солнечной энергии, который неизбежно будет накапливаться в электрическом аккумуляторе. Решено использовать для нагрева воды в емкости для опреснения при помощи индукционного нагревателя.

Величину заряда на электрическом аккумуляторе осуществляет микроконтроллер DW01-P. При достижении необходимого заряда аккумулятора микроконтроллер через транзистор T2 и электромагнитное реле КМ 2 подает напряжение на электрический нагреватель РМ1, при этом заряд на аккумуляторе начнет уменьшаться, и при достижении нижней уставки произойдет отключение электрического нагревателя [201].

Для контроля заряда электрического аккумулятора используется микроконтроллер DW01-P, функциональная схема показана на рис. 5.7.

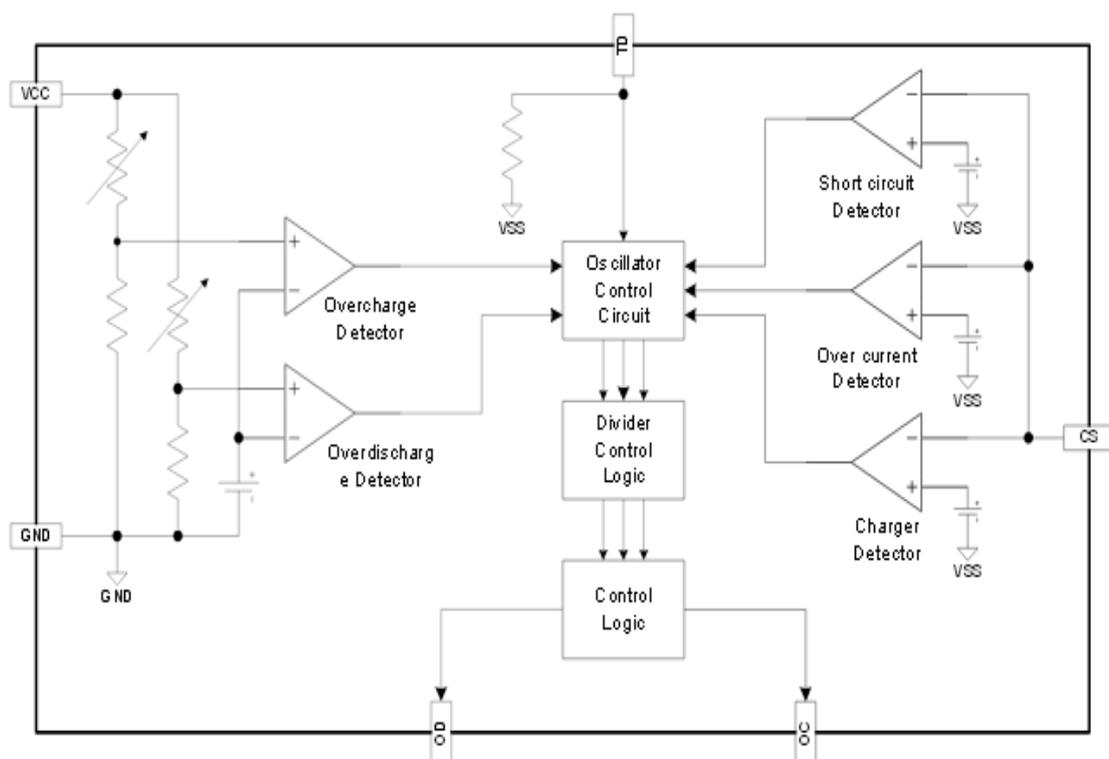


Рис. 5.7. Функциональная схема DW01-P

Функциональная схема показывает возможности микроконтроллера. Учет величины напряжения осуществляется на входах VCC и GND, управляющие сигналы расположены на выходах OD и ОС.

Принцип действия разработанного алгоритма для управления электрической энергией при помощи микроконтроллера показана на рис. 5.8, на котором приведена зависимость времени работы устройства слежения за солнцем и электрического нагревателя от заряда электрического аккумулятора.

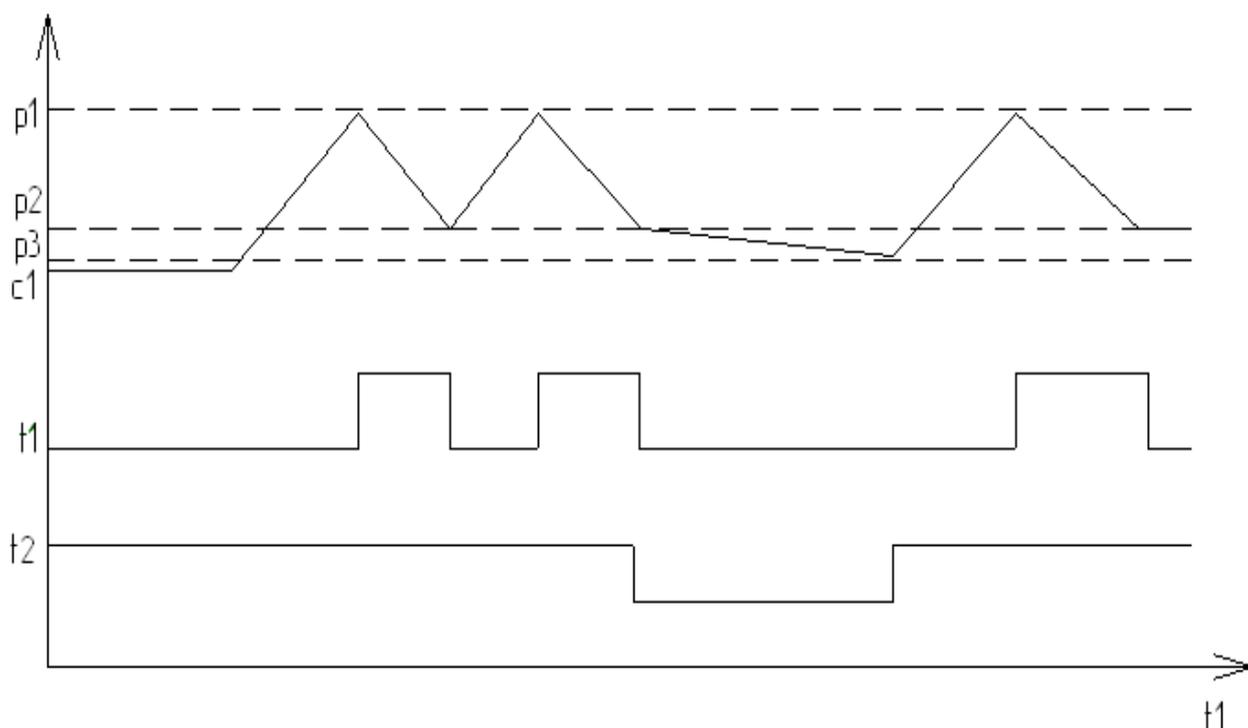


Рис. 5.8. Зависимость времени работы устройства слежения за солнцем и электрического нагревателя от заряда электрического аккумулятора: $p1$ – уставка включения электрического нагревателя по напряжению от аккумулятора; $p2$ – уставка отключения электрического нагревателя; $p3$ – уставка включения/отключения устройства слежения за солнцем; $c1$ – величина заряда электрического нагревателя; $t1$ – время работы электрического нагревателя; $t2$ – время работы устройства слежения за солнцем

Исходя из графика видно, что точно рассчитать эффективность использования электрического нагревателя в солнечной опреснительной установке не представляется возможным, так как продолжительность работы

- химическая очистка, различные реагенты, например уксусная кислота;
- электронная водоподготовка.

Предлагается использовать электрическую энергию, вырабатываемую солнечными батареями для питания генератора электромагнитных импульсов, что позволит производить смягчение воды для уменьшения накипи на нагревательных элементах [193, 194].

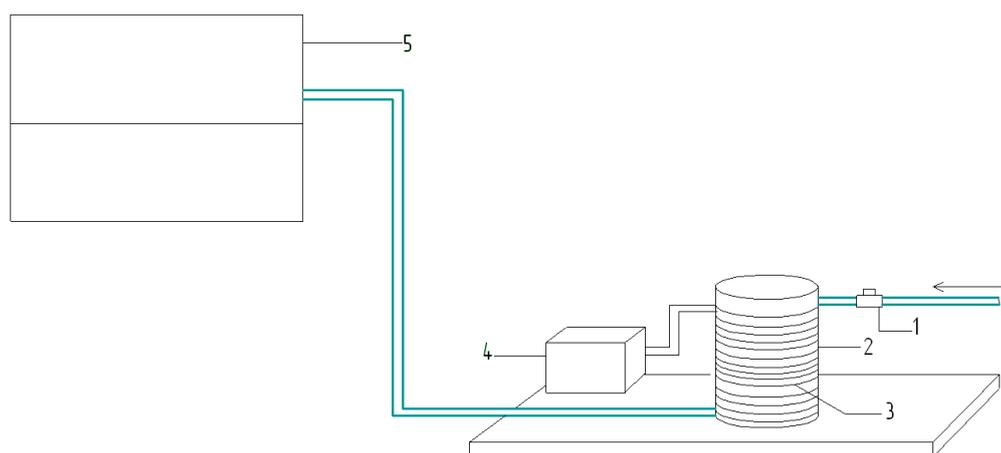


Рис. 5.10. Схема использования генератора электромагнитных импульсов в составе солнечной опреснительной установки: 1 – электромагнитный клапан; 2 – емкость; 3 – обмотка; 4 – генератор электромагнитных импульсов; 5 – опреснитель

Микроконтроллер управляет генератором электромагнитных импульсов, время работы которого зависит от объема опресняемой воды. Микроконтроллер включает генератор при включении датчика наличия воды в емкости для предварительной обработки и работает по внутреннему таймеру, который запускает после закрытия клапана подачи воды в емкость для предварительной обработки.

Источник электромагнитных излучений состоит из источника питания, генератора импульсов, коммутирующего элемента и электромагнита. Питание обмотки электромагнита (индуктора) с помощью блока управления осуществляется импульсным током. Индуктор жестко крепится на внешней стороне емкости для предварительной обработки.

Основные результаты и выводы по главе 5

1. Приводная часть созданного устройства слежения работает корректно как по азимуту, так и по высоте.

2. Устройство слежения за солнцем работает согласно заданному алгоритму.

3. Производительность опреснительной установки с устройством слежения за солнцем в солнечную погоду возрастает на 1 л. Экспериментальные исследования показывают эффективность использования устройства слежения в солнечной опреснительной установке.

4. Разработанная математическая модель адекватно описывает процесс очистки воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена важная научно-техническая задача, а именно разработана солнечная опреснительная установка с устройством слежения за солнцем для использования в регионах с умеренным климатом.

В результате выполненных теоретических и экспериментальных исследований были получены следующие выводы.

1. Анализ существующих конструкций опреснительных установок показал, что на сегодняшний день не существует энергоэффективных установок опреснения воды, подходящих для автономного использования в местах с дефицитом электроэнергии. С учетом проведенного анализа разработана электрическая схема солнечной опреснительной установки, позволяющая полностью автоматизировать процесс очистки воды, при минимальных затратах и потреблении электрической энергии.

2. Результаты теоретических исследований солнечного потенциала показали возможность использования солнечной энергии для опреснения воды

на территориях от 55 до 60⁰ северной широты с поступлением солнечной радиации 1300-1000 кВт·ч/м² в год.

3. Разработанная математическая модель позволяет рассчитать производительность установки при использовании ее в различных регионах. Разработанная конструкция солнечной опреснительной установки и проведенные экспериментальные исследования показали целесообразность использования в солнечной опреснительной установке вакуумных коллекторов с тепловыми трубками. Производительность солнечной опреснительной установки при использовании таких трубок в среднем составляла 2,5 л. в день при невысокой солнечной активности.

4. Экспериментально установлено, что производительность опреснительной установки с устройством слежения за солнцем возрастает в среднем на 1 л. в течение дня, при общей площади солнечных коллекторов 0,16 м².

5. Расчет технико-экономической эффективности использования разработанной солнечной опреснительной установки показал, что использование вакуумных солнечных коллекторов площадью 1 м² в опреснительной установке при потреблении электрической энергии в 10 Вт позволит получить 8 л чистой воды в солнечный день на Урале, использование устройства слежения позволит увеличить производительность до 12 л при потреблении электрической энергии в 60 Вт.

ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Кирпичникова, И.М. Экспериментальные исследования лабораторного опреснителя / И.М. Кирпичникова, **И.Р. Рахматулин** // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – №1. – С. 40 – 43.
2. Данилов, В.И. Глобальная проблема дефицита пресной воды / В.И. Данилов-Данильян // Век глобализации. – 2008. – Том 1. – С. 45 – 46.
3. Биологические аспекты качества питьевой воды / Л.В. Межуева, А.П. Иванова, Г.Б. Зинюхин, В.В. Гунько // Вестник государственного оренбургского университета. – 2006. – Том 2. – № 2. С. 148 – 151.
4. Калугин, О.А. Вода как важнейший фактор глобальной экономики / О.А. Калугин // Вестник Российского государственного гуманитарного университета. – 2010. – № 6. – С. 92 – 94.
5. Харлова, Ю.А. Анализ эффективности использования водных ресурсов / Ю.А. Харлова // Интерэкспо Гео – Сибирь. – 2007. – Том 2. – № 1. – С. 75 – 79..
6. Современный глобальный мир и его проблемы / Ж.А. Ермушко, Л.М. Борисова, В.И. Лившиц, Е.А. Таран // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Том 315. – № 6. – С. 21 – 23.
7. Бандурин, И.П. Экологические проблемы экономики водного хозяйства в РФ как необходимость рационального природопользования / И.П. Бандурина // Теория и практика общественного развития. – 2007. – № 2. – С. 12 – 15.
8. Савин, А.В. Проблемы мирового развития экономики, связанные с ограниченностью ресурсов / А.В. Савин // Российский внешнеэкономический вестник. – 2006. – № 10. – С. 12 – 22.
9. Куденева, Ю.С. Деятельность международных организаций в сфере использования чистой питьевой воды / Ю.С. Куденева // Вестник МГИМО Университета. – 2011. – № 2. – С. 38 – 41.

10. Швайнер, А.В. Мировые и национальные экологические стратегии: специфика России и новые подходы к защите водных ресурсов / А.В. Швайнер // Вестник славянских культур. – 2008. – № 3 – 4. – С. 195 – 199.
11. Главачек Иво. Глобальные проблемы: Вызовы и ответы / Главачек Иво // Научно – Аналитический журнал, ООО “РАУ – Университет. – 2012. – Том 256. – № 2. – С. 70 – 80.
12. Рябова, Е.В. Роль природных ресурсов в возникновение конфликтов / Е.В. Рябова // Современные исследования социальных проблем. – 2012. – № 8. – С. 38.
13. Жильцов, С.С. Борьба за воду / С.С. Жильцов, И.С. Зонн // Индекс безопасности. – 2008. – Том 14. – № 3. – С. 49 – 62.
14. Голицын, В.А. Конфликтный потенциал водных ресурсов. / В.А. Голицын // Власть. – 2009. – № 6. – С. – 78 – 81.
15. Назаров, В.П. О некоторых международных проблемах водопользования в мире и угрозах национальной безопасности России / В.П. Назаров // Право и безопасность. – 2010. – № 2. – С. 30 – 34.
16. Панкова, В.И. Влияние окружающей среды на состояние здоровья населения ставропольского края / В.И. Панкова, Л.А. Масленникова // Вестник Московского государственного областного университета. – 2010. – № 1. – С. – 52 – 55.
17. Петрова, Н.В. Гидроресурсы и здоровье населения республики Алтай / Н.В. Петрова // Интерэкспо Гео – Сибирь. – 2010. – Том 3. – № 1. – С. 13 – 17.
18. Мотовилова, Н.Ю. Гигиеническая оценка питьевой воды города Томска / Н.Ю. Мотовилова, Л.П. Волкотруб // Сибирский медицинский журнал. – 2012. – Том 27. – № 3. – С. 151 – 157.
19. Лось, Б.В. Дефицит пресной воды в мире и международное сотрудничество / Б.В. Лось // Социальные и гуманитарные науки, Отечественная и зарубежная литература. Серия 9. Востоковедение и Африканистика. Реферативный журнал. – 2002. – № 3. – С. 6 – 8.

20. Сорокодум, Е.Д. Экономическое обоснование разработки гидроэлектростанции с колеблющимся приводом / Е.Д. Сорокодум, И.И. Доулетов // Труды международной практической конференции “Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве”, 2010. – Том 4 – С. 259 – 264.
21. Калашник, Ж.В. Экологические проблемы водных ресурсов нижнего Поволжья и их влияние на здоровье населения / Ж.В. Калашник // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2005. – № 6. – С. 195 – 199.
22. Пагут, И.И. О воздействие хозяйственной деятельности на водные ресурсы Краснодарского края / И.И. Пагут, В.В. Жирма, А.В. Жирма // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2011. – № 4. – С. 109 – 113.
23. Слесаренко, В.Н. Опреснение морской воды / В.Н. Слесаренко. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 278 с.
24. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года // Экологический консалтинг. – 2009. – № 3. – С. 11 – 35.
25. Еськов, Е.К. Естественная биологическая очистка стока малой реки / Е.К. Еськов, М.А. Розенберг // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2010. – Том 4. – № 28, – С. 242 – 243.
26. Рязанцев, В.М. Очистка малых рек и ливневых стоков / В.М. Рязанцев // Мир транспорта. – 2013. – № 1. – С. 156 – 158.
27. Шварцев, С.Л. Качество речных вод и проблемы управления водопользованием в бассейне реки Томи / С.Л. Шварцев, О.Г. Савичев // Вычислительные технологии. – 2006. – Том 11. – № S6. – С. 67 – 78.
28. Стародубцев, В.С. Оптимизация техногенной нагрузки в системах водозаборов подземных вод для обеспечения качества питьевой воды / В.С. Стародубцев, С.А. Жуков // Перспективы науки. – 2011. – № 23. – С. 100 – 104.

29. Глобальная экологическая перспектива 2002; Вода для людей, вода для жизни. Доклад ООН о состоянии водных ресурсов мира. Обзор (Программа оценки водных ресурсов мира). 2003. – 32 с. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – [Электронный ресурс] URL: <http://www.grida.no/geo/geo3/russian/pdfs/prelims.pdf> (дата обращения 06.10.2013).

30. Постановление Правительства РФ от 22.12.2010 N 1092 "О Федеральной Целевой Программе "Чистая вода" НА 2011-2017 годы". [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_109553/?frame=1#p26 (дата обращения 06.10.2013).

31. Санжиев, Б.Ц. Проблема водоснабжения в сельском хозяйстве Калмыкии / Б.Ц. Санджиев // Экономический журнал. – 2009. – Том 16. – № 2. С. 77 – 84.

32. Габунщина, Э.Б. Проблемы водоснабжения северо-западного прикаспия / Э.Б. Габунщина // Вестник калмыцкого института гуманитарных исследований РАН. – 2011. – № 1. – С. 197 – 199.

33. Дефицит водных ресурсов – угроза устойчивому развитию. // Научно – Аналитический обозреватель Observer. – 2009. – Том 231. – № 4. – С. 80 – 88.

34. Нестерова, И.Е. “Водная карта” в глобальном мире / И.Е. Нестерова // Вестник Санкт – Петербургского университета. Серия 6: Философия. Культурология. Политология. Право. Международные отношения. – 2011. – № 3. – С. 53 – 62.

35. Фруммин, Г.Т. Проблема водообеспечения в республике Йемен: современное состояние и пути ее решения / Аль Мурейш Халед Абдо Саид Али, Г.Т. Фруммин // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2006. – № 2. – с. 136 – 152.

36. Фруммин, Г.Т. Направления совершенствования водообеспечения в странах Аравийского полуострова / Аль Майтами Валид Абдулвахид

Моххаммед, Г.Т. Фрумин // Современные проблемы науки и образования. – 2007. – № 6. – С. 39.

37. Алиев, А.Ф. Энергосберегающая технология пленочного обессоливания морской воды / А. Ф. Алиев // Энергосбережение и водоподготовка. – 2009. – № 1. – С. 28 – 32.

38. Литуев, В. Проблемы регулирования использования водных ресурсов / В. Литуев // Научно-аналитический журнал обозреватель – observer. – 2008. – № 1. – С. 111 – 117.

39. Борисова, Е.А. Особенности водного кризиса в центральной Азии / Е.А. Борисова // История и современность. – 2012. – № 1. – С. 138 – 146.

40. Фрумин, Г.Т. Направления совершенствования водообеспечения в странах Аравийского полуострова / Аль Майтами Валид Абдулвахид Мохаммед, Г.Т. Фрумин // Современные проблемы науки и образования. – 2007. – № 6. С – 39.

41. Бухарицин, П.И, Оценка современного состояния водных ресурсов континентальных регионов земного шара / П.И. Бухарицин, Куасси Куани Модест // Геология, география и глобальная энергия. – 2011. – № 1. – С. 121 – 132.

42. Жилина, И.Ю. Проблемы обеспечения населения земли водными ресурсами / И.Ю. Жилина // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Серия 2: Экономика. Реферативный журнал. – 2007. – № 3. – С. 162 – 167.

43. Попов, С.В. Государственная стратегия использования, восстановления и охраны водных объектов России / С.В. Попов, О.Г. Неграфонтова // Журнал: Известия Южного Федерального Университета. Технические науки. – 2002. – Том 29. – № 6. – С. 163 – 169.

44. Румянцев, И.С. Водное хозяйство в России – сегодня в и перспективе / И.С. Румянцев // Гидросооружения. – 2009. № – 3. – С. 32-43.

45. Шилова, Н.В. Инновационные процессы в преодолении дефицита природного ресурса / Н.В. Шилова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2010. – № 2. – С. 28 – 32.

46. Шубин, М.А. Эколого – экономические аспекты проблемы трубопроводной переброски части стока северных рек на юг / М.А. Шубин, А.М. Шубин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно – строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2011. – № 21. – С. 141 – 145.

47. Петрова, Н.В. Гидроресурсы Республики Алтай в становление и развитие рынка / Н.В. Петрова // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2007. – Том 2. – № 1. – С. 111 – 115.

48. Жарницкая, Н.Ф. Современное состояние и оценка эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве / Н.Ф. Жарницкая // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, Финансы и управление производством. – 2012. – № 3. – С. 92 – 100.

49. Кузнецов, С.Ю. Диоксиновое заражение Байкала / С.Ю. Кузнецова, М.И. Шестакова // Международный журнал экспериментального образования. – 2011. – № 7. – С. 15 – 16.

50. Постановление Правительства Курганской области от 16 декабря 2008 года №569 “О целевой программе Курганской области, Чистая вода на 2009 – 2013г” Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – [Электронный ресурс]: URL: http://www.gkh.kurganobl.ru/assets/files/zko/proekt%20pp_569_16_12_2008.pdf (дата обращения 06.10.2013)

51. . Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2011 г. Составители Антонов С.В., Барцев А.С., Белов В.С., и др. 26 с., 158 с. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – [Электронный ресурс]: URL: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/a76/gosdoklad2011.pdf> (дата обращения 06.10.2013)

52. Андрейчик, М.Ф. Оптимизация качества и уровень безопасности пресных вод республики Тыва / М.Ф. Андрейчик // Вестник Красноярского Государственного аграрного университета. – 2012. – № 1. – С. 81 – 87.

53. Литвин, В.Н. Проблема питьевого водоснабжения столичных городов и городов – курортов кмв южного федерального округа / В.Н. Литвин, И.А. Богуш, В.А. Земско // Геология, география и глобальная энергия. – 2009. – №3. – С. 40 – 45.

54. Алферова, Л.И. Оценка водно-ресурсного потенциала некоторых территорий сибирского региона и проблема питьевого водоснабжения населения на фоне их водохозяйственной деятельности / Л.И. Алферова, В.В. Дзюба // Вестник Томского государственного архитектурно – строительного университета. – 2007. – № 1. – С. 165 – 183.

55. Лукьянчиков, В.М. Подземные воды России: состояние, основные проблемы и пути развития ресурсной базы / В.М. Лукьянчиков, Р.И. Плотникова, Е.К. Орфаниди, В.С. Круподеров // Разведка и охрана недр. – 2006. – № 6. – С. 35 – 40.

56. Бочаров, В.Л. Проблемы изучения и использования ресурсов подземных питьевых вод воронежской области / В.Л. Бочаров, Л.Н. Строганова, Е.С. Овчинникова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2010. – № 1. – С. 243 – 251.

57. Цимбалей, Ю.М. Ландшафтно – бассейновый подход при оценке водных ресурсов / Ю.М. Цимбалей // Мир науки, Культуры, Образования. – 2008. – № 4. – С. 13 – 15.

58. Леванов, В.Н. Ресурсы пресных подземных вод республики Татарстан, состояние и проблемы их использования / В.Н. Леванов // Георесурсы. – 2002. – №2. – С. 4 – 5.

59. Аликин, Э.А. Оценка использования ресурсного потенциала пресных подземных вод Пермского края / Э.А. Аликин // Современные проблемы науки и образования. – 2007. – № 1. – С. 25 – 29.

60. Алексеев, С.В. Социальная крыта водоснабжения и проблема качества жизни / С.В. Алексеев, И.С. Смыков // Вестник Южно-Российского государственного технического университета. Серия: Социально-экономических наук. – 2011. – № 1. – С. 182 – 189.

61. Сайт правительства Челябинской области. [Электронный ресурс]. URL: <http://pravmin74.ru/chelyabinskaya-oblast/vizitnaya-kartochka> (дата обращения 06.10.2013)

62. Постановление правительства Челябинской области от 17 сентября 2009 г. N 217-П Об областной целевой программе "Чистая вода" на территории Челябинской области на 2010 - 2020 годы. [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/13550051/34858012/> (дата обращения 06.10.2013)

63. Чаусов, Ф.Ф. Новый способ защиты теплотехнического оборудования от накипеобразования / Ф.Ф. Чаусов, И.С. Казанцева // Экология и промышленность России. – 2007. – № 9. – С. 7 – 11.

64. Сайт правительства Челябинской области [Электронный ресурс]. URL: <http://pravmin74.ru/novosti/konstantin-tsybko-%25C2%25ABvodnaya-revolyuetsiya-nazrela%25C2%25BB> (дата обращения 06.10.2013)

65. Сайт правительства Челябинской области [Электронный ресурс]. URL: <http://pravmin74.ru/novosti/na-yuzhnom-urale-prinyali-programmu-po-razvitiyu-vodnogo-hozyaystva> (дата обращения 06.10.2013)

66. Сайт правительства Челябинской области [Электронный ресурс]. URL: <http://pravmin74.ru/novosti/v-chelyabinske-kontroliruyut-kachestvo-pitevoi-vody> (дата обращения 06.10.2013)

67. Курдюмов, В.И. Лабораторные исследования процесса обработки воды ультрафиолетовым излучением / В.И. Курдюмов, П.С. Твердунов // Вестник Ульяновской государственной сельско – хозяйственной академии. – 2013. – № 1. – С. 149 – 154.

68. Спуре, Ф.А. Дистиллятор с тепловым насосом / Ф.А. Спуре, Спуре А.Ф., Кушнаренок В.М // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2004. – № 4. – С. 150 – 152.

69. Разработка и исследование процессов теплонасосного опреснителя соленой воды: дис. ... канд. тех. наук: 05.04.03 / Жернаков А. С. – Москва, 2010 – 109 с.

70. Разработка и исследование низкопотенциальных солнечных установок для выпаривания и замораживания соленых вод: дис. ... канд. тех. наук: 05.14.05 / Кахаров С. – Ташкент, 1984 – 150 с.

71. Славинская, Г.В. Изменение качества питьевой воды при обеззараживании хлорированием / Г.В. Славинская // Научный вестник Воронежского Государственного архитектурно строительного Университета. Серия: физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. – 2008. – №1. – С. 119 – 126.

72. Кирсанов, В.В. Санитарно-гигиеническая характеристика возможного влияния на здоровье населения побочных продуктов хлорирования сточной и питьевой воды / В.В. Кирсанов // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – № 4. – С. 93 – 96.

73. Чепурной, М.П. Влияние ультразвука на снижение накипеобразования при выпаривании сахарных растворов / М.П. Чепурной // Известия высших учебных заведений. – 1990. – Том 197. – № 4. – С. 68 – 70.

74. Юрчевский, Е.Б. Применению обратноосмотической технологии обессоливания воды в энергетике – 20 лет / Е.Б. Юрчевский, А.Г. Первов, М.А. Пичугина // Энергосбережение и водоподготовка. – 2009. – № 5. – С. 2 – 8.

75. Мембранные методы очистки питьевой воды в сельской местности / А.А. Орлов, Т.Е. Долматов, А.В. Кошелев, Е.В. Скиданов // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4-5, – С. 1084 – 1088.

76. Кирсанов, В.В. Обеззараживание воды микрофлорой активного ила, как альтернатива реагентным способам обеззараживания / В.В. Кирсанов //

Вести Казанского Технологического Университета. – 2012. – № 4. – С. 78 – 81,.

77. Мацнев, А.И., Очистка сточных вод флотацией / А.И. Мацнев. – Киев.: Будивельник, 1976. – 132 с.

78. Рубинская, А.В. Влияние технологических параметров флотационной установки на эффективность очистки оборотных вод при производстве ДВП / Рубинская А.В., Чистова Н.Г., Алашкевич Ю. Д // Химия растительного сырья. – 2007. – № 2. – С. 95 – 100.

79. Официальный сайт компании водоочистительного оборудования “Гейзер” [Электронный ресурс]. URL: <http://geizer.com/welcome> (дата обращения 06.10.2013)

80. Официальный сайт компании водоочистительного оборудования “NOBEL S r.l” [Электронный ресурс]. URL: <http://nobel-ek.ru/pages/1-o-kompanii.html> (дата обращения 06.10.2013)

81. Официальный сайт компании водоочистительного оборудования Аквафор – URL: <http://www.aquaphor.ru/> (дата обращения 06.10.2013)

82. Официальный сайт компании водоочистительного оборудования “Prominet” [Электронный ресурс]. URL: <http://www.prominent.com/Home.aspx> (дата обращения 06.10.2013)

83. Официальный сайт компании водоочистительного оборудования “ОАО Свердловхиммаш” [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sverd.ru/production-services/produce/water/distillyacionnye-opresnitelnye-ustanovki-dou/> (дата обращения 06.10.2013)

84. Официальный сайт компании водоочистительного оборудования Акваметр [Электронный ресурс]. URL: <http://acvometr.ru/> (дата обращения 06.10.2013)

85. Харлова, Ю.А. Экономический механизм регулирования системы водопользования в рамках устойчивого развития / Ю.А. Харлова // Интэрэкспо Гео – Сибирь. – 2008. – Том 2. – № 2. – С. 45 – 48.

86. Дьякова, Н.П. Перспективные возможности хозяйственного освоения ресурсов мирового океана / Н.П. Дьякова // Камчатский государственный технический университет. – 2004. – № 3. – С. 8 – 17.

87. Бразновский, В. К. Получение экологически чистой питьевой воды на морских судах с использованием нанотехнологий / В.К. Бразновский // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2013. – № 1. – С. 21 – 25.

88. Создание новых ультрафильтров для очистки воды / Т.В. Алыкова, Л.В. Боронина, А.Е. Кудряшова, О.Е. Сулоева // Геология, География и глобальная энергия. – 2010. – № 4. – С. 111 – 115.

89. Галимов, Г.А. Изменение водородного показателя pH при водоочистки методом обратного осмоса / Г.А. Галимов, А.Н. Ключарев, А.Н. Королев // Известия Южного Федерального Университета. Технические науки. – 2001. – Том 19. – № 1. – С. 214 – 215.

90. Духин, С.С. Электрохимия мембран и обратный осмос / С.С. Духин, М.П. Сидорова, А.Э. Ярощук – Л.:Химия, 1991. – 192 с.

91. Оптимизация областей применения различных методов опреснения морской воды / Ю.С. Елисеев, В.А. Поклад, В.П. Вырелкин, Ю.А. и др. // Энергосбережение и водоподготовка. – 2007. – №1. – С. 2 – 7.

92. Оболенский, Н.В. Результаты исследований по выявлению наиболее энергосберегающей конструкции электрического нагревателя воды / Н.В. Оболенский, Е.Б. Миронов, С.Б. Красиков // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования “Московский государственный агроинженерный университет”. – 2012. № – 3 (54). – С.27 – 29.

93. Дорофеев, А.Л. Вихревые токи / А.Л. Дорофеев. – М.: Энергия, 1977. – 72 с.

94. Рахматулин, И.Р. Экология как основополагающий фактор при проектировании установок по очистке воды / И.Р. Рахматулин // Сборник

статей 12 международной научно – практической конференции МНИЦ ПГСХА. – 2012. – С. 107 – 111.

95. **Рахматулин, И.Р.** Возобновляемые источники энергии в экономике природопользования и охраны окружающей среды / И.Р. Рахматулин // Модернизация научных исследований: материалы 21 Международной научно – практической конференции по философским, филологическим, юридическим, педагогическим, экономическим, психологическим, социологическим и политическим наукам. – 2012. – С. 18 – 21

96. Кирпичникова, И.М. Опреснение воды с использованием энергии ветра и солнца / И.М. Кирпичникова // Вестник Южно – Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2012. – № 16(275). – С. 22 – 25.

97. **Rahmatulin, I.R.** Desalination using wind and solar energy / I.R. Rahmatulin, I.M. Kirpichnikova // Materialy VIII mezinarodni vedecko-prakticka conference «Aktualni vymozenosti vedy – 2012». - Dil 21. – Technicke vedy Praha. Publishing House «Education and Science». – 2012. – С. 27-32

98. Иванова, Е.В. Методы оценки потенциала ветроэнергетических ресурсов РФ / Е.В. Иванова, Д.В. Смирнов // Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Войкова. – 2009. – № 559. – С.113 – 120.

99. Обеспечение вибробезопасности вертикально-осевых ветроэнергетических установок: дис. ... канд. тех. наук: 05.26.01 / Соломин Е.В. – Челябинск, 2009 – 167 с.

100. Олеск, А.О. Фоторезисторы / А.О. Олеск. – М.: Энергия, 1966. – 128 с.

101. Свалова, В.Б. Комплексное использование геотермальных ресурсов / Свалова В.Б. // Георесурсы. – 2009. – № 3. – С. 17 – 23.

102. Кирюхин, А.В. Численное моделирование геотермальных процессов в связи с оценкой эксплуатационных запасов геотермальных месторождений /

А.В. Кирюхин // Вестник Камчатского государственного университета. – 2005. – № 4. – С. 66 – 75.

103 Берман Э. Геотермальная энергия / Э. Берман. – М.: Мир, 1978. – 208 с.

104. Агамалиев, М.М. Технология комбинированного опреснения морской воды с использованием вторичным энергоресурсов / М.М. Агамалиев // Энергосбережение и водоподготовка. – 2007. – № 4. – С. 14 – 16.

105. Гелиоопреснительная установка: пат. 2117634 Рос. Федерация: МПК C02 F1/14 B01 D 1/26/ авторы и заявители Потапов Ю. Ф. [и др.] Патентообладатель Шварц М.Э.

106. Стребков, Д.С. Расчет оптического КПД модулей с двусторонними фотоэлементами и концентраторами солнечной энергии / Д.С. Стребков, С.Н. Трушевский, И.В. Митина // Труды международной научно-технической конференции "Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве". – 2008. – Т. 4. – С. 203 – 210.

107. Грицута, А.Н. Разработка модели инфракрасного солнечного трекера / А.Н. Грицута, А.П. Щербаков, Б.А. Воронин // Вестник науки Сибири. – 2013. – № 1. – С. 106 – 110.

108. Карташев, А.Л. Исследование схем, конструкций, технических решений плоских солнечных термальных коллекторов / А.Л. Карташев, Е.В. Сафонов, М.А. Карташева // Вестник Южно-Уральского государственного университета Серия. Энергетика. – 2012. – № 16. – С. 4 – 10.

109. Автономная фотоэлектрическая энергетическая установка / Ю.А. Шиняков, Ю.А. Шурыгин, В.В. Аржанов и др. // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Том 320. – № 4. – С. 133 – 138.

110. Гременок, В.Ф. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов / В.Ф. Гременок, М.С. Тиванов, В.Б. Залесский. – Минск.: Центр БГУ, 2007. – 222 с.

111. Самарский, А.А. Вычислительная теплопередача / А.А. Самарский, П.Н. Вабищевич. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 784 с.
112. Солнечное излучение как источник энергии. // Георесурсы. – 2006. – № 4. – С. 30.
113. Слесаренко, В.Н. Опреснительные установки / В.Н. Слесаренко – Владивосток.: ДВГМА, 1999. – 244 с.
114. Фрумин, Г.Т. Направления совершенствования водообеспечения в странах Аравийского полуострова / Г.Т. Фрумин, Аль Майтами Валид Абдулвахид Мохаммед // Современные проблемы науки и образования. – 2007. – № 6. – С. 36 – 41.
115. Фрумин, Г.Т. Экологически безопасные технологии водообеспечения в странах Аравийского полуострова / Аль Майтами Валид Абдулвахид Мохаммед, Г.Т. Фрумин // Современные проблемы науки и образования. – 2008. – № 3. – С. 103 – 107.
116. Коваленко, В.М. Судовые водоопреснительные установки. Коваленко В.М., Лукин Г.Я. – Ленинград.: Судостроение, 1970. – 304 с.
117. Официальный сайт компании Augustin. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.augustin.net/> (дата обращения 06.10.2013)
118. Официальный сайт Monash Universityb [Электронный ресурс]. URL: <http://www.monash.edu.au/news/show/portable-solar-device-creates-clean-drinking-water> (дата обращения 06.10.2013)
119. Адрианова, Л.П. Солнечная электростанция с азимутальным слежения за солнцем / Л.П. Адрианова, А.Е. Тукбаева // Труды международной научно-технической конференции, “Энергообеспечение и Энергосбережение в сельской местности”. – 2010. – № 4. – С. 98 – 103.
120. Вакуумный водоопреснительный аппарат: пат. 2198846 Рос. Федерация: МПК 01D 3/10/ авторы и заявители Мухаметов М.М.; патентообладатель Мухаметов М.М.

121. Устройство для опреснения морской воды: пат. 2296715 С2 Рос. Федерация: МПК С92 F4/ авторы и заявители Черныш В.А., Крусиян А.Б.; патентообладатель Черныш В.А., Крусиян А.Б.

122. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.

123. Дьяконов, В.П. MATLAB 6.5 SP1 / 7 + Simulink 5/6. Основы применения / Дьяконов В.П – М.: Солон-Пресс, 2005. – 800 с.

124. **Рахматулин, И.Р.** Сравнительный анализ использования солнечного коллектора и солнечного концентратора для опреснения воды / И.Р. Рахматулин // Наука ЮУрГУ: материалы 65 – й научной конференции. Секции технических наук: в 2 т. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. – 2013. – Т.2. – С. 190 – 193.

125 Корнеева, Д.А. Адсорбционная очистка – эффективный метод очистки сточных вод и подготовки воды для хозяйственного – питьевого водопользования / Д.А. Корнеева, Л.Н. Куров // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 7. – С. 129.

126. Алиев, А.Ф. Обеззараживание каспийской воды в технологии ее опреснения / А.Ф. Алиев // Энергосбережение и водоподготовка. – 2008. – №3. – С. 13 – 14.

127. Танганов, Б.Б. Морская вода и проблема ее опреснения / Б.Б. Танганов // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 7. – С. 90 – 92.

128. Калнинь, И.М. Физическая модель теплонасосных опреснителей соленой воды / И.М. Калнинь, А.С. Жернаков, С.Б. Пустовалов // Вестник Международной академии холода. – 2010. – № 2. – С. 12 – 21.

129. К вопросу применения нанотехнологий в системах водоснабжения и водоотведения / А.Б. Адельшин, А.В. Бусарев, А.С. Селюгин, Л.Р. Хисамеева // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2009. – № 2(12). – С. 217 – 222.

130. Акимов, С.С. Перспективы разработки локальной опреснительной установки на основе замораживания / С.С. Акимов, С.Д. Угрюмова // – Научные труды Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета. – № 22. – С. 3 – 6.

131. Славинская, Г.В. Очистка природной и обессоленной воды от органических веществ / Г.В. Славинская // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно – строительного университета. Строительство и архитектура. – 2010. – № 1. – С. 81 – 91.

132. Очистка воды с применением механоактивации / В.И. Косинцев, А.И. Сечин, С.В. Бордунов и др. // Успехи современного естествознания. – 2010. – № 3. – С. 128 – 129.

133. Шевченко, А.И. Гидродинамическая очистка оборотной воды / А.И. Шевченко // Горный информационно – аналитический бюллетень. – 2013. – № 11. – С. 222 – 223.

134. Завражнова, Е.О. Автоматизированная система управления технологическим процессом очистки питьевой воды / Е.О. Завражнова, О.Л. Шестопалова // Научно – технический вестник Поволжья. – 2010. – № 1. – С. 78 – 81

135. Очистка воды для технологических и бытовых целей на предприятиях сельскохозяйственного производства / В.П. Коваленко, Е.А. Улюкина, В.Б. Бабко и др. // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования “Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина”. – 2008. – № 4. – С. 33 – 36.

136. Ларионов, М.В. Исследование возможностей применения инновационных методов очистки воды в условиях Нижнего и Среднего Поволжья. / Ларионов М.В, Ларионов Н.В. // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. – № 4. – С. 57 – 61.

137. Трифонова, Т.А. Автоматизированный комплекс очистки воды с возможностью дистанционного проведения лабораторных испытаний / Т.А. Трифонова, Е.В. Ковалева, К.В. Рябуха. // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – №5 – 2. – С. 296 – 297.

138. Очистка воды от ионов металлов электрохимическим воздействием, отстаиванием и коагуляцией / И.Я. Шестаков, О.В. Раева, Э.М. Никифорова, Р.Г. Еромасов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3. – С. 47.

139. Накипеобразование и теплообмен при кипении морской воды / В.Г. Добржанский, Б.Я. Карастелев, В.Н. Слесаренко, С.Ю. Олейник // Труды Дальневосточного Государственного технического университета. – 2004. – № 138. – С. 74 – 80.

140. Жмакин, Л.И. Емкостной солнечный коллектор из текстильных материалов / Л.И. Жмакин, И.В. Козырев // Труды международной научно-технической конференции “Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве” – 2012 – Том 4. – С. 256 – 261.

141. Установка автоматического слежения панели за солнцем: пат. 2482401 Рос. Федерация: МПК F24J 2/54/ Авторы и заявители Никитин Б.А. [и др.]; патентообладатель Государственное научное учреждение Всероссийской научно – исследовательской институт электрификаций сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемия).

142. **Рахматулин, И.Р.** Сравнительный анализ дистилляционных установок, использующих возобновляемые источники энергии / И.Р. Рахматулин // Отраслевые аспекты технических наук. – 2012. – № 7. – С.26 – 28.

143. Солнечный опреснитель парникового типа: пат. 2437840 Рос. Федерация: МПК C02F 1/14/ авторы и заявители Воронцов М.Ю. [и др.]; патентообладатель: “Технокомплект”.

144. Солнечный коллектор-опреснитель: пат. 115451 Рос. Федерация: МПК: F24G 2/04, F24J 2/34/ авторы и заявители Попов А.И. [и др.]; патентообладатель: УрФУ.

145. Солнечный опреснитель: пат. 2044692 Рос. Федерация: МПК: С 02 F 1/14/ авторы и заявители Ашурлы З.И. [и др.]; патентообладатель: ОАО “Астросолар”.

146. Солнечный комплекс: пат 239545 Рос. Федерация: МПК: С02 F1/14 A01G31/02/ авторы и заявители Саркисов С.К. [и др.]; патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Государственный университет по землеустройству (ГУЗ)

147. Солнечный опреснитель: пат 2004114066 Рос. Федерация: МПК С 02 F 1/14/ авторы и заявители Зюзин Ю.Б. [и др.].

148. **Рахматулин, И.Р.** Экспериментальные исследования влияния различных типов солнечных коллекторов на производительность солнечной опреснительной установки. *Problemele energeticii regionale* 1(24) 2014. [Электронный ресурс]. – URL: <http://journal.ie.asm.md/ru/contents/elektronnyij-zhurnal-n-124-2014> (дата обращения 29.04.2014).

149. Рудковская, Е.В. Оценка эффективности стабилизаторов накипеобразования для ресурсосберегающих водооборотных систем охлаждения / Е.В. Рудковская, Ю.А. Омельчук, Н.Д. Гомеля // Восточно – Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – Том 5. – № 6. – С.45 –47.

150. Калнинь, И.М. Физическая модель теплонасосных опреснителей воды / И. М. Калнинь, А.С. Жернаков, С.Б. Пуставалов // Вестник международной академии холода. – 2010. – № 2. – С. 11 – 21.

151. Система слежения за солнцем фотоэнергоустановки: пат. 2011132559 Рос. Федерация: МПК F24J 2/00/ авторы и заявители Андреев В. М. [и др].

152. Романова, М.И. Энергоэффективный метод использования излишек тепла солнечного коллектора / М.И. Романова, В.В. Шерстюков // Инженерный вестник Дона. – 2012. – Том 23. – № 4 – 2. – С. 84.

153. Романов, А.В. Моделирование интенсификации теплообмена в судовых опреснительных установках / А.В. Романов // Вестник астраханского государственного технического университета. – 2007. – № 2. – С. 130 – 135.

154. Энергосбережение сельскохозяйственных потребителей с использованием возобновляемых источников. дис. ... док. тех. наук: 05.20.02 / Саплин Л.А. Челябинск, 1999 – 318 с.

155. Пособие по проектированию и расчету гелиосистем RUCELF. – 32 с. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – URL: http://esco-ecosys.narod.ru/2011_10/art133.pdf (дата обращения 06.10.2013)

156. Официальный сайт компании производителей солнечных коллекторов Vaillant [Электронный ресурс]. URL: <http://www.vaillant.ru/produksiya/solnechnye-kollektory/primery-rascheta-geliosistem/> (дата обращения 06.10.2013)

157. Фотоэлектрический солнечный модуль для слежения за положением солнца: пат. 105724 Рос. Федерация: МПК F24J 2/42/ авторы и заявители Мороз А.И. [и др.]; патентообладатель ОАО Завод “Красное Знамя”. (не используется как то так)

158. Математическое моделирование процессов в системе “солнечный коллектор – аккумулятор тепла”: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.18, 01.04.14 / Трошкина Г.Н. Барнаул, 2006 – 193 с.

159. Солнечные энергетические установки с системой слежения за солнцем для энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей: дис. канд. тех. наук: 05.20.02 / Ярмухометов У.Р. – Уфа, 2008 – 178 с.

160. Аббасова, Т.С. Система наведения концентратора на солнце / Т.С. Аббасова // Мир транспорта. – 2012. – Том 41. – № 3. – С. 44 – 53.

161. **Рахматулин, И.Р.** Система ориентации солнечных коллекторов / И.Р. Рахматулин // Электротехнические системы и комплексы: междунар. сб. науч. трудов. – 2012. – С. 247 – 255.

162. Виссарионов, В.И. Солнечная энергетика /В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 276 с.

163. Система слежения за солнцем фотоэнергоустановки: пат. 2488046 Рос. Федерация: МПК F24J2/54 F16M11/12/ авторы и заявители Андреев В.М. [и др.].

164. **Рахматулин, И.Р.** Использование возобновляемых источников энергии для очистки воды. / И.Р. Рахматулин // Сборник материалов Всероссийской студенческой олимпиады, научно-практической конференции и выставки работ студентов, аспирантов и молодых ученых, Екатеринбург, УрФУ, 13-16 декабря. – 2011. – С. 458 – 460.

165. Безруких, П.П. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива / П.П. Безруких, В.В. Дегтярев, В.В. Елистратов. – М.: ИАЦ Энергия, 2007. – 272 с.

166. Поворотное устройство для солнечного энергомодуля: пат. 2381426 Рос. Федерация: МПК F24J 2/54/ авторы и заявители Адамов Д.Н. [и др.]; патентообладатель ОАО Завод “Красное Знамя”

167. Кирпичникова, И.М. Лабораторные исследования устройства слежения за солнцем с использованием фотоэлементов / И.М. Кирпичникова, **И.Р. Рахматулин** // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – №12. – С.10 – 14.

168. Чечик, Н.О. Фотоэлементы и их применение / Н.О. Чечик – М.-Л.: Госэнергоиздат – 114 с.

169. Малинин, Р.М. Резисторы / Р.М. Малинин. – М.: Энергия, 1969. – 80 с.

170. Аксененко, М.Д. Фоторезисторы / М. Д. Аксененко, Е.А. Красовский. – М.: Сов. радио, 1973. – 56 с.
171. Зайцев, Ю.В. Полупроводниковые резисторы в электротехнике / Ю.В. Зайцев, А.Н. Марченко, И.И. Ващенко. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 136 с.
172. Солнечный опреснитель: пат. 2126770 Рос. Федерация: МПК С 02 F 1/14/ авторы и заявители Ефремов Г.А. [и др.]; патентообладатель Научно производственное объединение машиностроения.
173. ГОСТ 28205-89 “Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Руководство по испытанию на воздействие солнечной радиации” Г
174. ГОСТ 28202-89 “Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Sa: Имитированная солнечная радиация на уровне земной поверхности”
175. Хоббс, С.Д. Усилители для фотодиодов на операционных усилителях / С.Д. Хоббс // Компоненты и технологии. – 2009. – № 3. – С. 46 – 50.
176. Кузнецов, Б.В. Асинхронные электродвигатели и аппараты управления / Б.В. Кузнецов, М.Ф. Сацукевич – М: Беларусь, 1982. – 222 с.
177. Автоматизированная фотоэлектрическая установка с повышенной энергетической эффективностью / Ю.А. Шиняков, Ю.А. Шурыгин, В.В. Аржанов и др. // Доклады Томского государственного университета систем управления радиозлектроники. – 2011. – № 2 – 1. – С. 282 – 287.
178. Авербух, В.Я. Разработка системы ориентации солнечных батарей унифицированной космической платформы / В.Я. Авербух, Д.М. Вейнберг, Э.А. Лещинский // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – 2001. – Том 100. – С. 97 – 103.
179. Система ориентации солнечных батарей и центрального радиационного теплообменника международной космической станции / А.Д.

Беленький, В.Н. Васильев, В.П. Курилович и др. // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ – 2001. – Том 100. – С. 104 – 114.

180. Системы слежения за солнцем / М.В. Китаева, А.В. Юрченко, А.В. Скороходов, А.В. Охорзина // Вестник науки Сибири. – 2012. – №3 (4). – С. 61 – 67.

181. Илюхин, Ю.В. Современные электропневматические следящие приводы в промышленности и робототехнике / Ю.В. Илюхин, А.Н. Харченко // Вестник МГТУ Станкин. – 2008. – № 4. – С. 101 – 106.

182. Соколов, М.М. Электропривод с линейными асинхронными двигателями / М.М. Соколов, Л.К. Сорокин. – М.: Энергия, 1974. – 136 с.

183. Адрианова, Л.П. Автономная солнечная электростанция малой мощности с азимутальным и зенитальным слежением за солнцем / Л.П. Адрианова, А.Е. Тукбаева // Вестник Башкирского Государственного аграрного университета. – 2013. – №1. – С. 75 – 77.

184. Гелиоопреснительная установка: пат. 127063 Рос. Федерация: МПК C02A / авторы и заявители Рахматулин И.Р., Кирпичникова И.М., Козин А.А., Соломин Е.В., патентообладатель Южно-Уральский государственный университет

185. Банчужный, В.В. Сравнительный анализ индукционных нагревателей с иными электронагревателями / В.В. Банчужный, В.В. Сулименко // Журнал. Новые идеи нового века: Материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. – 2010. – Том 2. – С. 134 – 138.

186. Предко М. PIC – микроконтроллеры: архитектура и программирование / Предко М. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 512 с.

187. Официальный сайт компании водоочистительного оборудования “Raifil” [Электронный ресурс]. URL: http://raifil.ua/sites/default/files/ro100-2000_pasport_na_russkom.pdf (дата обращения 13.12.2013)

188. Ежов, Ю.А. Защита оборудования тепловых сетей от накипеобразования и внутренней коррозии / Ю.А. Ежов, И.А. Мартынов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2006. – № 6. – С. 32 – 33.

189. Фотоэлектрический солнечный модуль для слежения за положением солнца и управления ориентацией солнечных фотоэлектрических модулей: пат. 2416767 Рос. Федерация: МПК F24J 2/42 F24J 2/46/ авторы и заявители Худыш А. И. [и др.]; патентообладатель Худыш А.И.

190. **Рахматулин, И.Р.** Экспериментальные исследования влияния устройства слежения на производительность солнечной опреснительной установки / И.Р. Рахматулин // Ползуновский Вестник. – 2013. – №4-2. – С.168 – 178.

191. Дорошенко, А.В. Солнечные плоские металлополимерные коллекторы. / А.В. Дорошенко, С.М. Титарь, Б.Е. Молчанский // Вестник Винницкого политехнического университета. – 2010. – № 4. – С. 32 – 35.

192. Минимизация энергопотребления электроприводами в фотоэлектрической энергетической установке / В.В. Аржанов, Ю.А. Шурыгин, Ю.А. Шиняков, К.В. Аржанов // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Том 322. – №4. – С. 146 – 150.

193. **Ildar Rakhmatulin.** International Journal of Engineering Research & Technology. In IJERT, Vol. 2 – Issue 12 (December - 2013). [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ijert.org/view.php?id=7056&title=the-use-of-electromagnetic-pulses-for-pre-softener-in-solar-desalination-plants> (дата обращения 01.03.2014).

194. **Рахматулин, И.Р.** Автоматизация технологического процесса работы солнечной опреснительной установки / И.Р. Рахматулин // Фундаментальные и прикладные проблемы науки. Материалы VIII Международного симпозиума. Том № 10. – С. 15 – 17.

195. Шувалов, А.М. Водонагреватель с полупроводниковыми нагревательными элементами / А.М. Шувалов, А.Н. Морозов, К.А. Набатов //

Труды международной научно-практической конференции “Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве”. – 2008. – Том 3. – С. 266 – 270.

196. Оболенский, Н.В. Исследования индукционного нагревателя жидких сред / Н.В. Оболенский, С.Б. Красиков, Е.Б. Миронов // Вестник НГИЭИ. – 2012. – № 10. – С. 70 – 81.

197. Оболенский, Н.В. Средства и программа экспериментальных исследований электродных подогревателей воды / Н.В. Оболенский, С.Б. Красиков // Вестник НГИЭИ. – 2011. – Том 2. – № 6. – С. 97 – 105.

198. **Рахматулин, И.Р.** Математическая модель солнечной опреснительной установки с устройством слежения за солнцем / **И.Р. Рахматулин** // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2014. – Том 14, №1. – С.110 – 115.

199. Курганская областная дума постановление от 25.12.2007 г. №2860 о целевой программе Курганской области «О неотложных мерах по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения Курганской области на 2008-2010 годы». – [Электронный ресурс]: URL: <http://www.zakonprost.ru/content/regional/33/294795> (дата обращения 26.11.2014)

200. Постановление Правительства Курганской области от 14.10.2013 № 483 "О государственной Программе Курганской области «Чистая вода» – [Электронный ресурс]: URL: <http://www.regionz.ru/index.php?ds=2369034> (дата обращения 26.11.2014)

201. Кирпичникова, И.М. Система контроля заряда электрической энергии в солнечной опреснительной установке / **И.Р. Рахматулин** // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2014. – Том 14, №4. – С.46 – 51.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Схема расположения электрического оборудования в шкафу управления

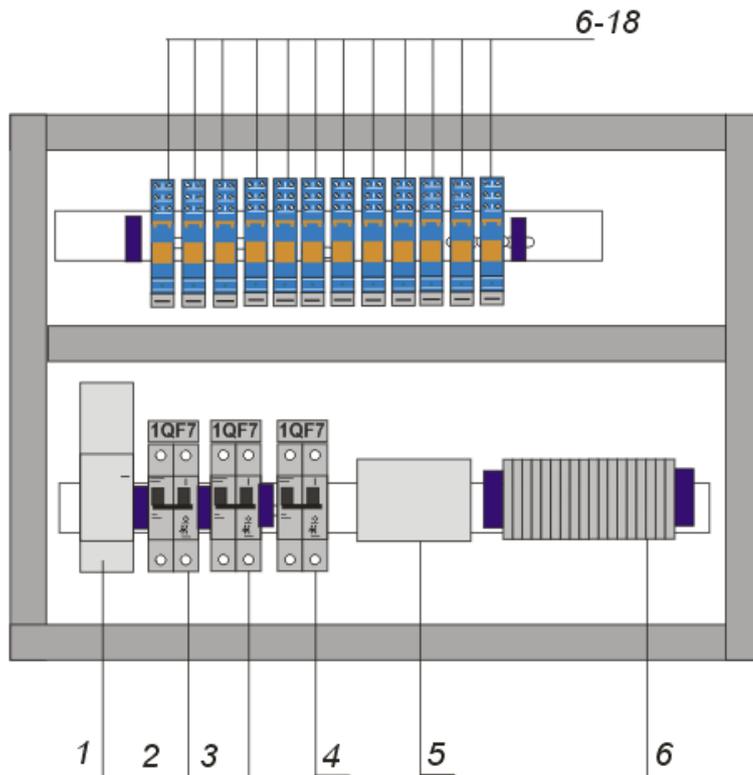


Рис. П1.1 Схема расположения кнопок на шкафу управления

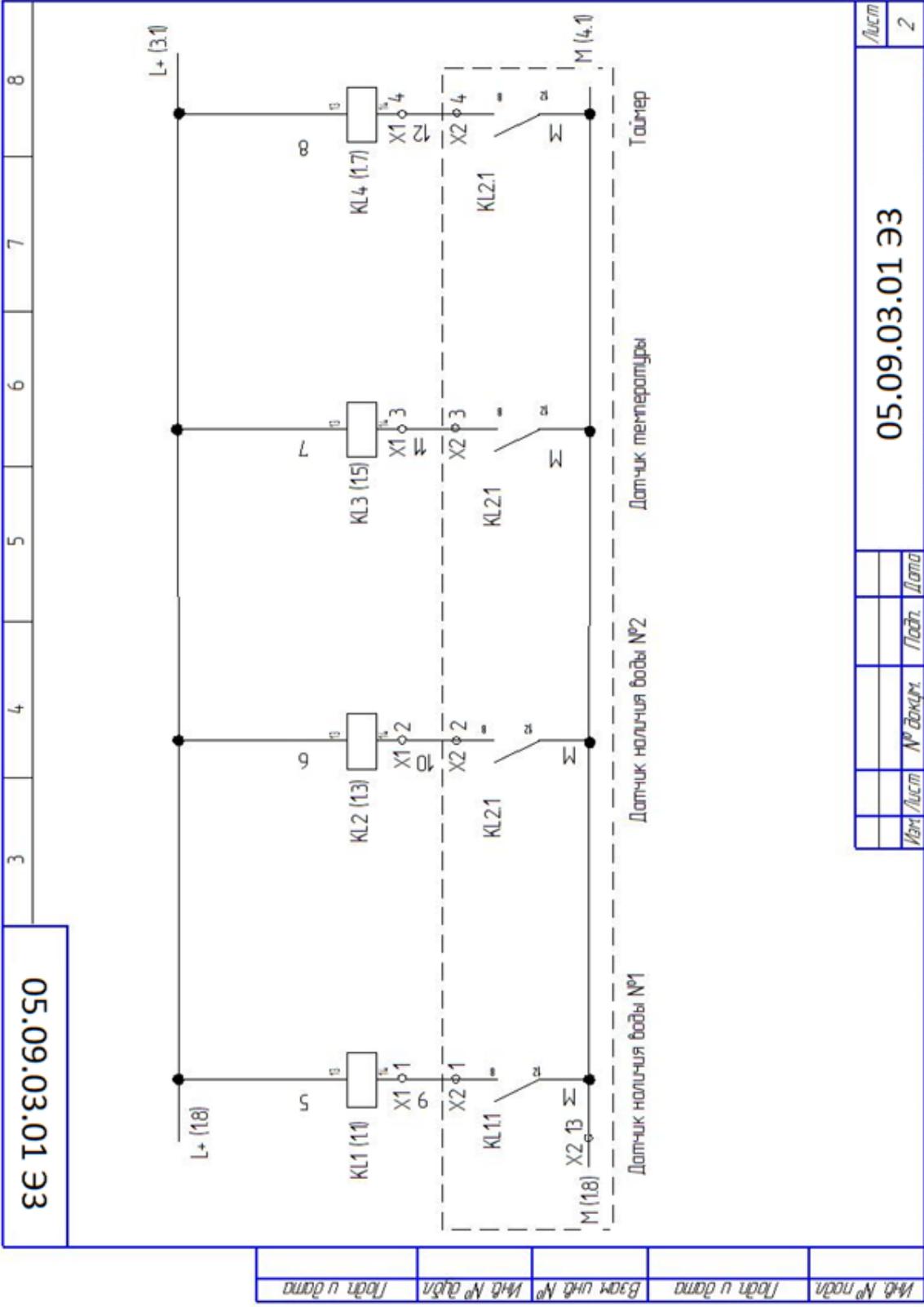
Внешний вид шкафа управления Рис. П1.2



Рис.П1.2 Внешний вид шкафа управления

Наименование элементов шкафа управления

№	Обозначение	Наименование
1		Блок питания, 12 В, DC, P _{ном} – 180 Вт
2		Автоматический выключатель, 2-х полюсный, IEK, I _{ном} – 5 А
3		Автоматический выключатель, 2-х полюсный, IEK, I _{ном} – 5 А
4		Автоматический выключатель, 2-х полюсный, IEK, I _{ном} – 15 А
5		Плата управления устройства слежения за солнцем
6		Клемма, ЗНИ-2,5, серый, 1,5 мм ² , I _{ном} – 24 А
7 – 19		Реле промежуточные модульной серии РЭК77, розеточный модульный разъем РРМ77, IEK
20		Кнопка ABLFP-22 зел.1з+1р, IEK
21		Кнопка ABLFP-22 зел.1з+1р, IEK
22		Кнопка ABLFP-22 зел.1з+1р, IEK
23		Кнопка ABLFP-22 зел.1з+1р, IEK
24		Кнопка ABLFP-22 зел.1з+1р, IEK
25		Кнопка ABLFS-22 d22 1з+1р, красный неон, ТДМ
26		Переключатель LAY5 – ВК2565, 2 положения
27		Светодиод DC-12 (синий), IEK

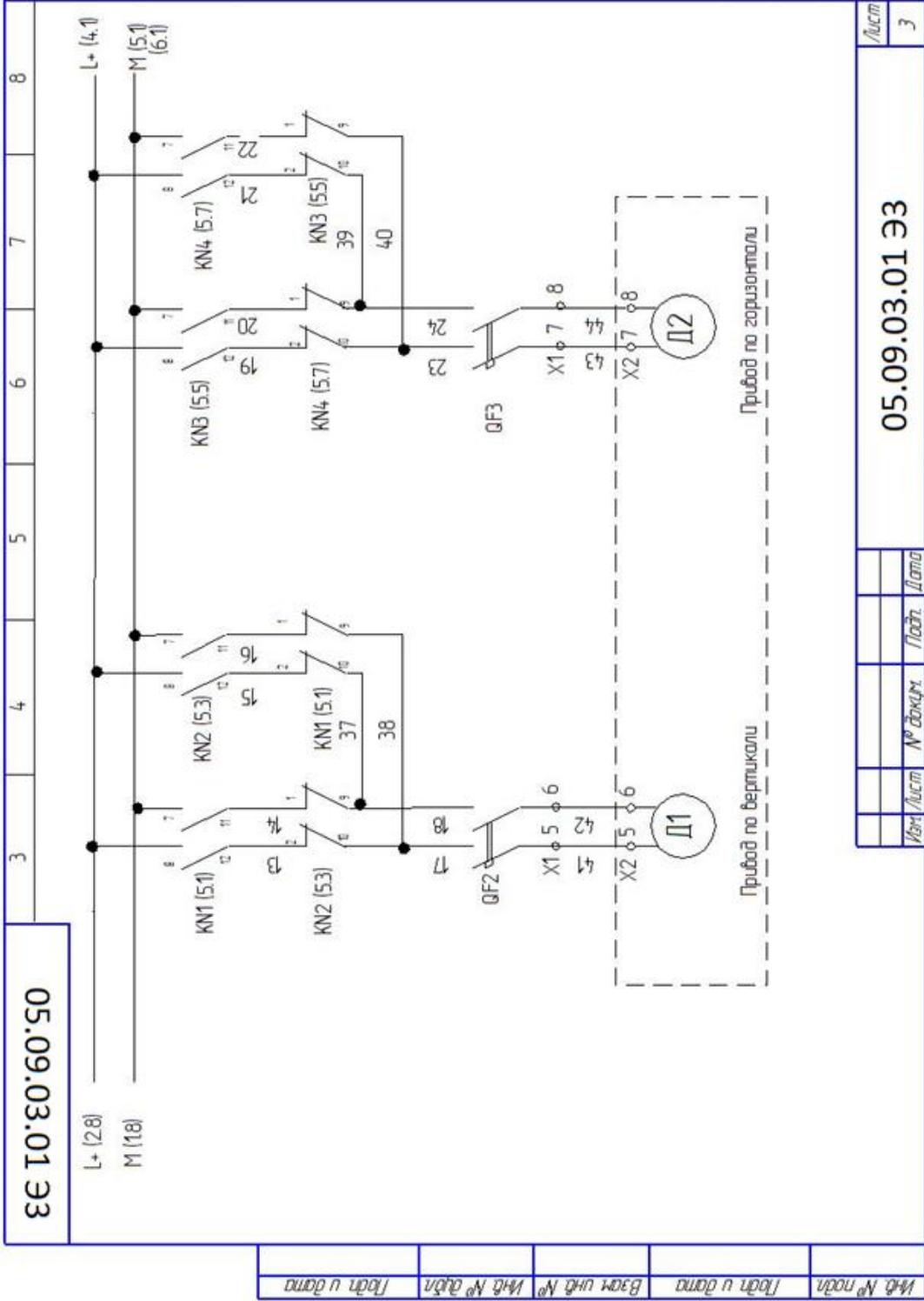


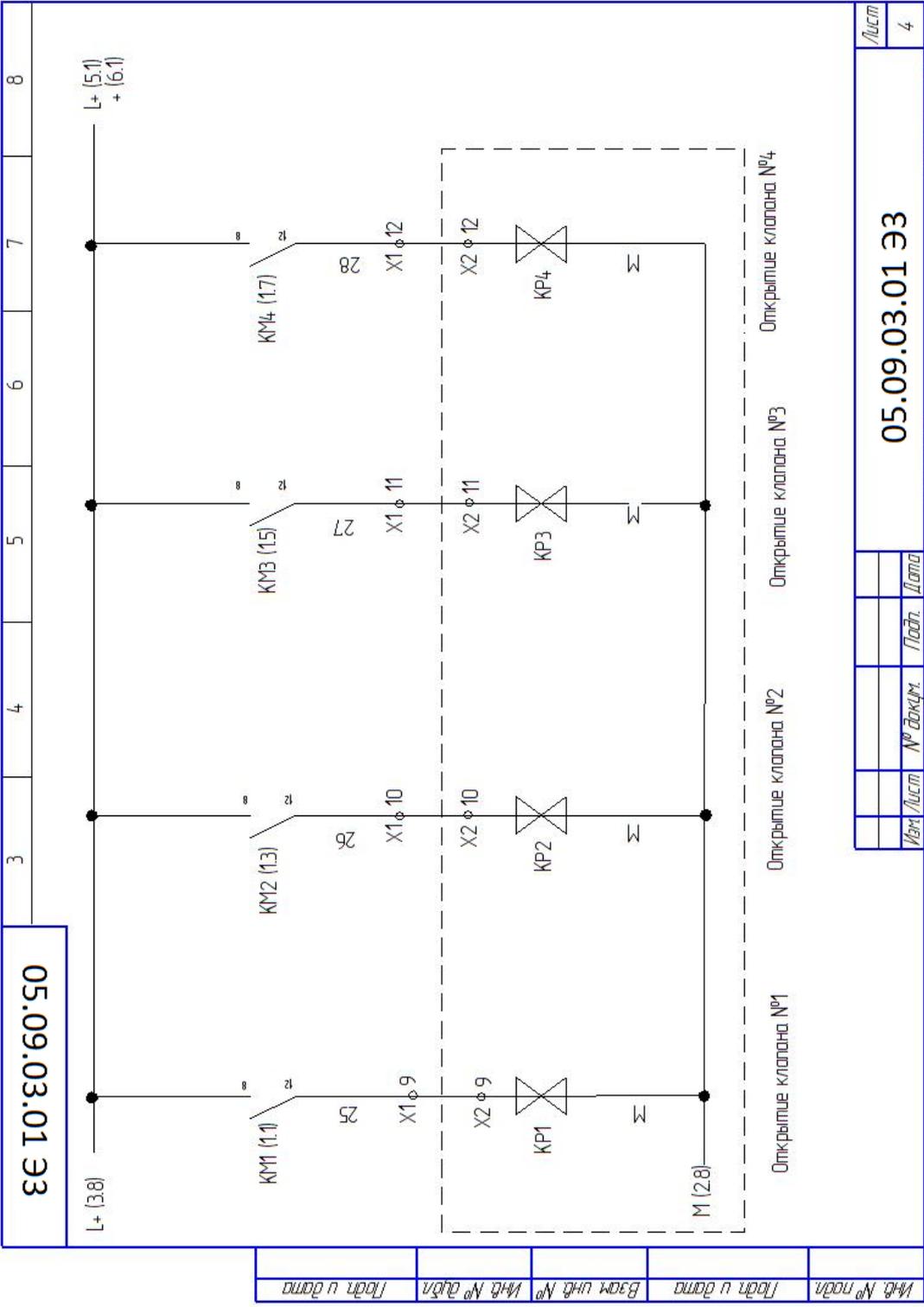
05.09.03.01 Э3

3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---

ИИЭ № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Подп. и дата
ИИЭ № инд. №	ИИЭ № докл.	ИИЭ № докл.	ИИЭ № докл.

ИИЭ № подл.	ИИЭ № инд. №	ИИЭ № докл.	ИИЭ № докл.	ИИЭ № докл.	ИИЭ № докл.
05.09.03.01 Э3					Лист
Копировать					2
Формат А4					





05.09.03.01 Э3

3 4 5 6 7 8

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № подл.	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	4

05.09.03.01 Э3

Калининград формат А4

№ строки	Обозначение	Наименование							
1	UA1	Блок питания							
2	QF1	Автоматический выключатель, 2-х , полюсный ном =							
3	KM1, KM2, KM3, KM4	Реле 12 В, 4 шт.							
4	KL1, KL2, KL3, KL4	Реле 12 В, 4 шт.							
5	KN1, KN2, KN3, KN4	Реле 12 В, 2 н.з., 2 н.о., 4 шт.							
6	QF2, QF3	Автоматический выключатель, 2 - х полюсный, 1 ном =, 2 шт							
7	SB1, SB2, SB3, SB4	Кнопка управления, н.о., 4 шт,							
8	KP1, KP2, KP3, KP4	Электромагнитный клапан, 12 DC							
9	D1, D2	Электрический домкрат							
10	SU1	Переключатель, ручн./авт.							
11	X1	Клеммы, 15 шт.							
12	X2	Клеммы							
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
05.09.03.01 ЭЗ									
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Солнечная опреснительная установка	Лит.	Лист	Листов	
Разраб.							7	7	
Проб.									
Н.контр.									
Утв.									

Копировал

Формат А4

Программный код платы управления устройства слежения за солнцем

```
Dim vm As Word
Define ADC_CLOCK = 3
Define ADC_SAMPLEUS = 50
ADCON1 = 0
'ANSELH = 0 'выключение аналоговых входов на Б
Hseropen 9600 'open hardware uart port for baud rate 9600
Dim tmr As Word
tmr = 45535
TMR1H = tmr.HB
TMR1L = tmr.LB
Dim yst1 As Word
Dim yst2 As Word
Dim zad1 As Word
Dim zad2 As Word
Dim ystmin1 As Word
Dim ystmin2 As Word
Dim ystmax1 As Word
Dim ystmax2 As Word
Dim min As Bit
ystmin1 = 46235
ystmin2 = 46235
ystmax1 = 47735
ystmax2 = 47735
Dim x As Byte
Dim m1 As Word 'ячейка памяти для результата
```

```

Dim m2 As Word 'ячейка памяти для результата
TRISB = 0
PORTB = 0
TRISD = 0
PORTD = 0
CCP1CON = 10
CCP2CON = 10
T1CON = %00001101 'включение TMR1
INTCON.7 = 1 'глобальное разрешение прерываний
INTCON.6 = 1
PIE1.0 = 1 'разрешено прерывание от TMR1
PIE1.2 = 1 'разрешено прерывание от CCP1
PIE2.0 = 1 'разрешено прерывание от CCP2
m1 = 0
m2 = 0
x = 0
yst1 = ystmin1
yst2 = ystmin2
main:
Select Case x
Case 0
Adcin 0, m1
WaitMs 1000
Adcin 0, m2
m2 = m2 + 2
If m1 > m2 Then 'если освещение уменьшилось, то двигаемся вправо
Hserout #m1, "go right", #m2, CrLf
x = 1
Endif

```

Case 1 'движение вправо

Adcin 0, m1

yst1 = yst1 + 21

WaitMs 1000

Adcin 0, m2

m2 = m2 + 2

If m1 > m2 Then 'если освещение уменьшилось, то двигаемся вверх

Hserout #m1, " go up ", #m2, CrLf

x = 2

Endif

Case 2 'движение вверх

Adcin 0, m1

yst2 = yst2 + 55

WaitMs 1000

Adcin 0, m2

m2 = m2 + 2

If m1 > m2 Then 'если освещение уменьшилось, то двигаемся вниз

Hserout #m1, " go down ", #m2, CrLf

x = 3

Endif

Case 3 'движение вниз

Adcin 0, m1

yst2 = yst2 - 55

WaitMs 1000

Adcin 0, m2

m2 = m2 + 2

If m1 > m2 Then 'если освещение уменьшилось, то двигаемся вниз

Hserout #m1, " wait ", #m2, CrLf

x = 0

```

Endif
Case Else
x = 0
EndSelect
Hserout #m1, " : ", #m2, CrLf
If yst1 > ystmax1 Then
yst1 = ystmax1
Hserout #m1, " go min ", #m2, CrLf
min = 1
'yst1 = ystmin1
Endif
If yst2 > ystmax2 Then
yst2 = ystmax2
Hserout #m1, " go down ", #m2, CrLf
x = 3
Endif
If yst1 < ystmin1 Then
yst1 = ystmin1
min = 0
Endif
If yst2 < ystmin2 Then
yst2 = ystmin2
Hserout #m1, " go up ", #m2, CrLf
x = 2
Endif
run_min:
zad1 = yst1
zad2 = yst2
If min Then

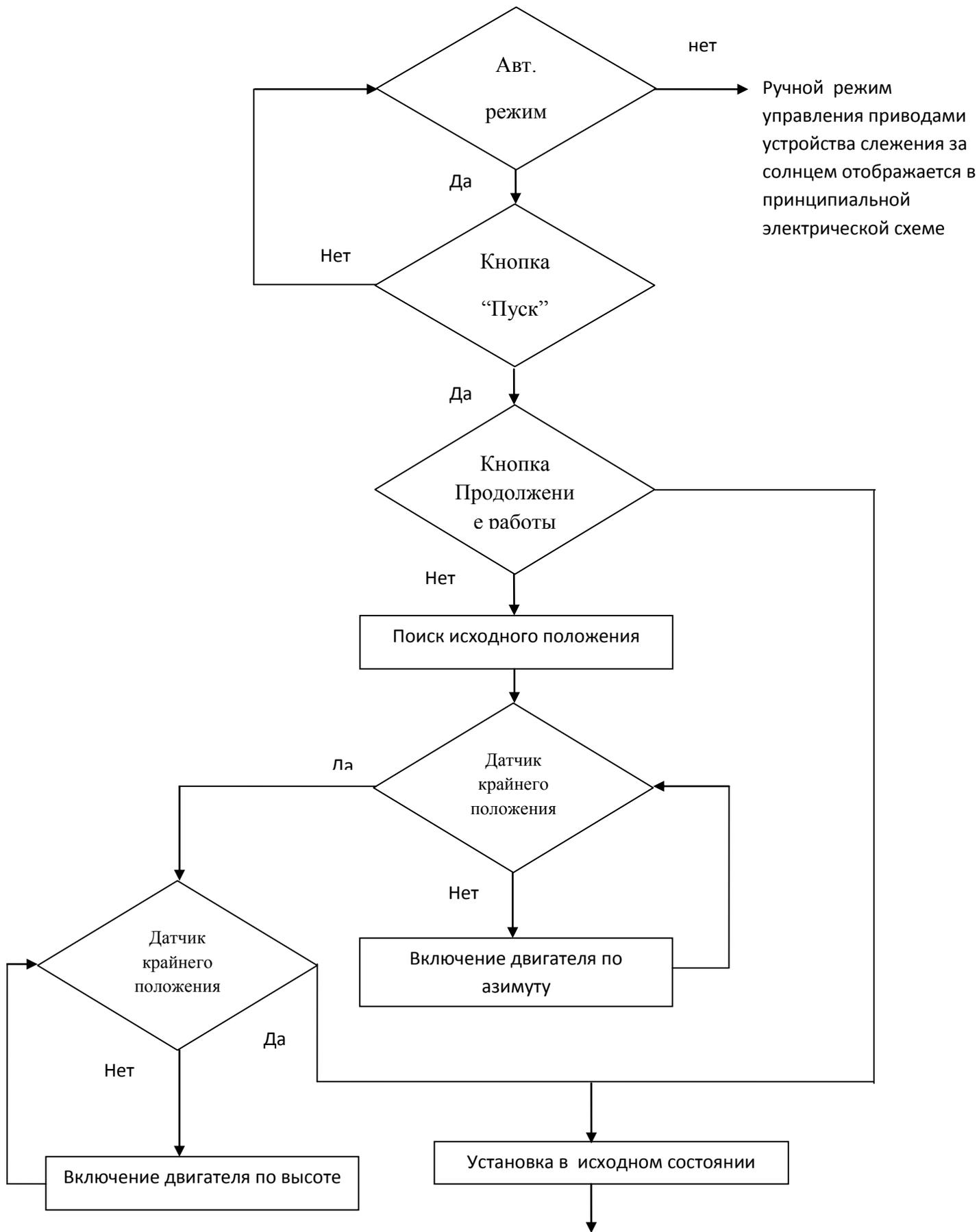
```

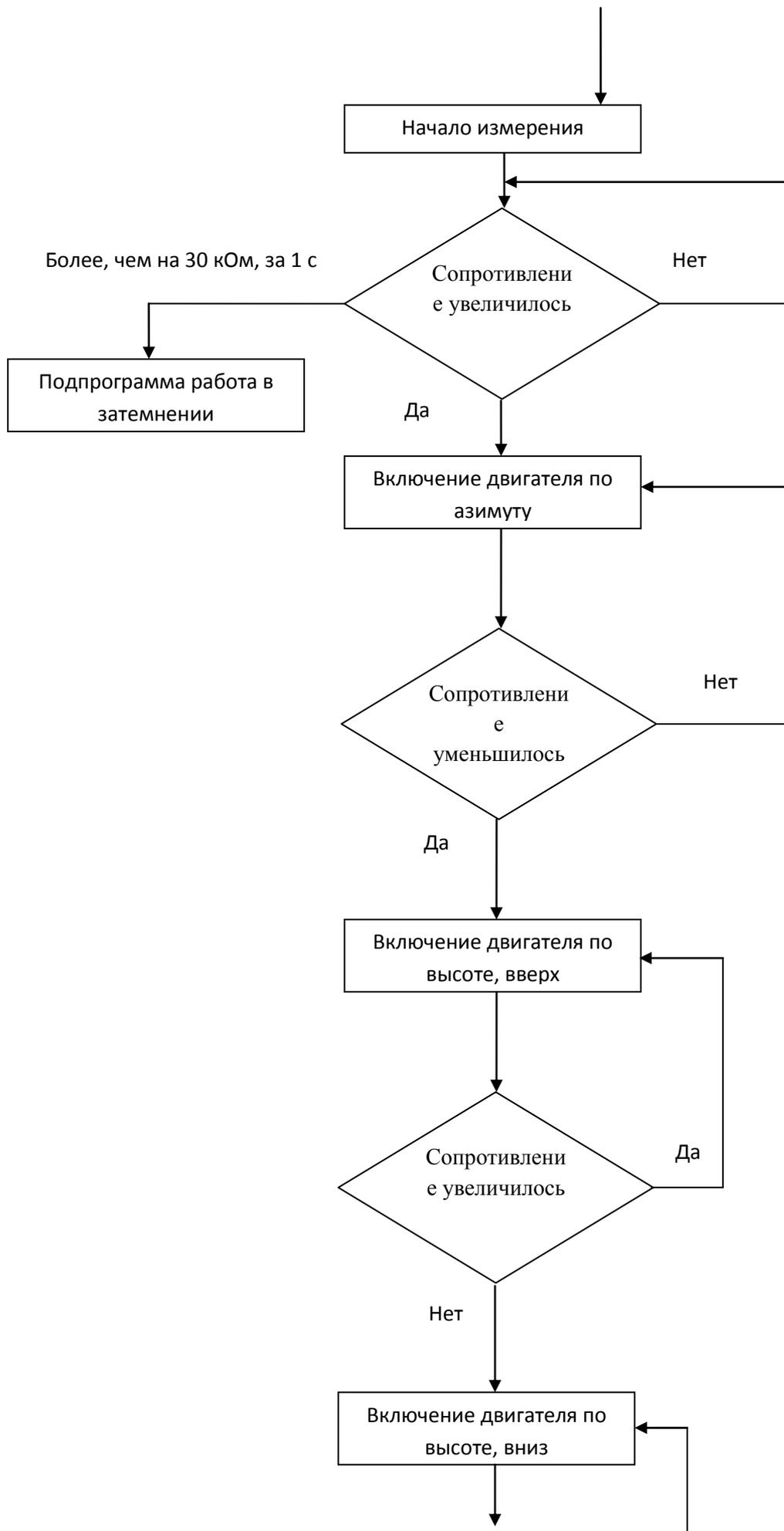
```

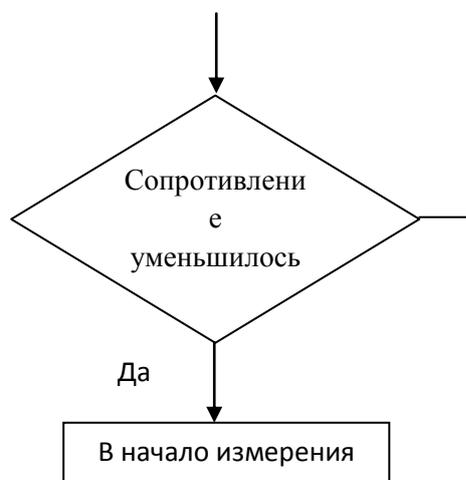
yst1 = yst1 - 550
Hserout #m1, " go minimum ", #m2, " ", #yst1, CrLf
'WaitMs 100
Goto run_min
Endif
Goto main
End
On Interrupt 'interrupt routine
If PIR1.0 Then 'если прерывание от TMR1
    T1CON.0 = 0 'выключаем TMR1
    PORTD.4 = 1
    PORTD.5 = 1
    CCPR1H = zad1.HB
    CCPR1L = zad1.LB
    CCPR2H = zad2.HB
    CCPR2L = zad2.LB
    TMR1H = tmr.HB
    TMR1L = tmr.LB
PIR1.0 = 0 'сброс прерывания от TMR1
T1CON.0 = 1 'включаем TMR1
Endif
If PIR1.2 Then 'если прерывание от CCP1
PORTD.5 = 0
PIR1.2 = 0 'сброс прерывания от CCP1
Endif
If PIR2.0 Then 'если прерывание от CCP2
PORTD.4 = 0
PIR2.0 = 0 'сброс прерывания от CCP1
Endif

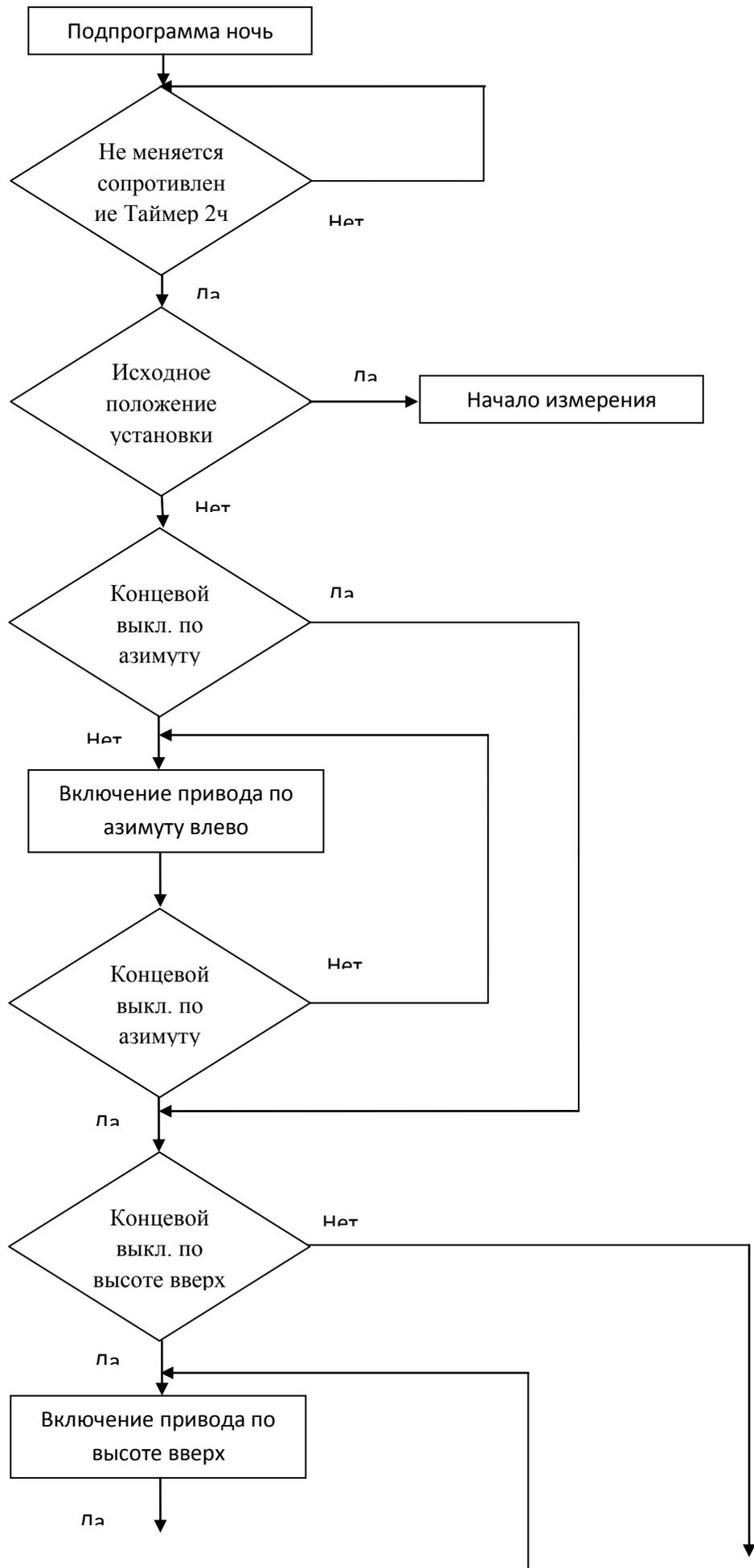
```

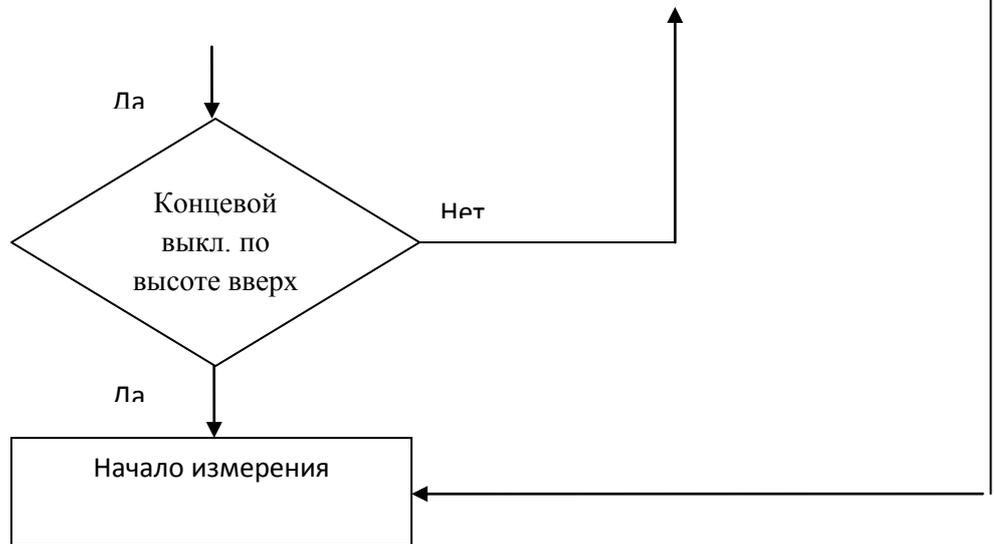
Алгоритм работы солнечной опреснительной установки

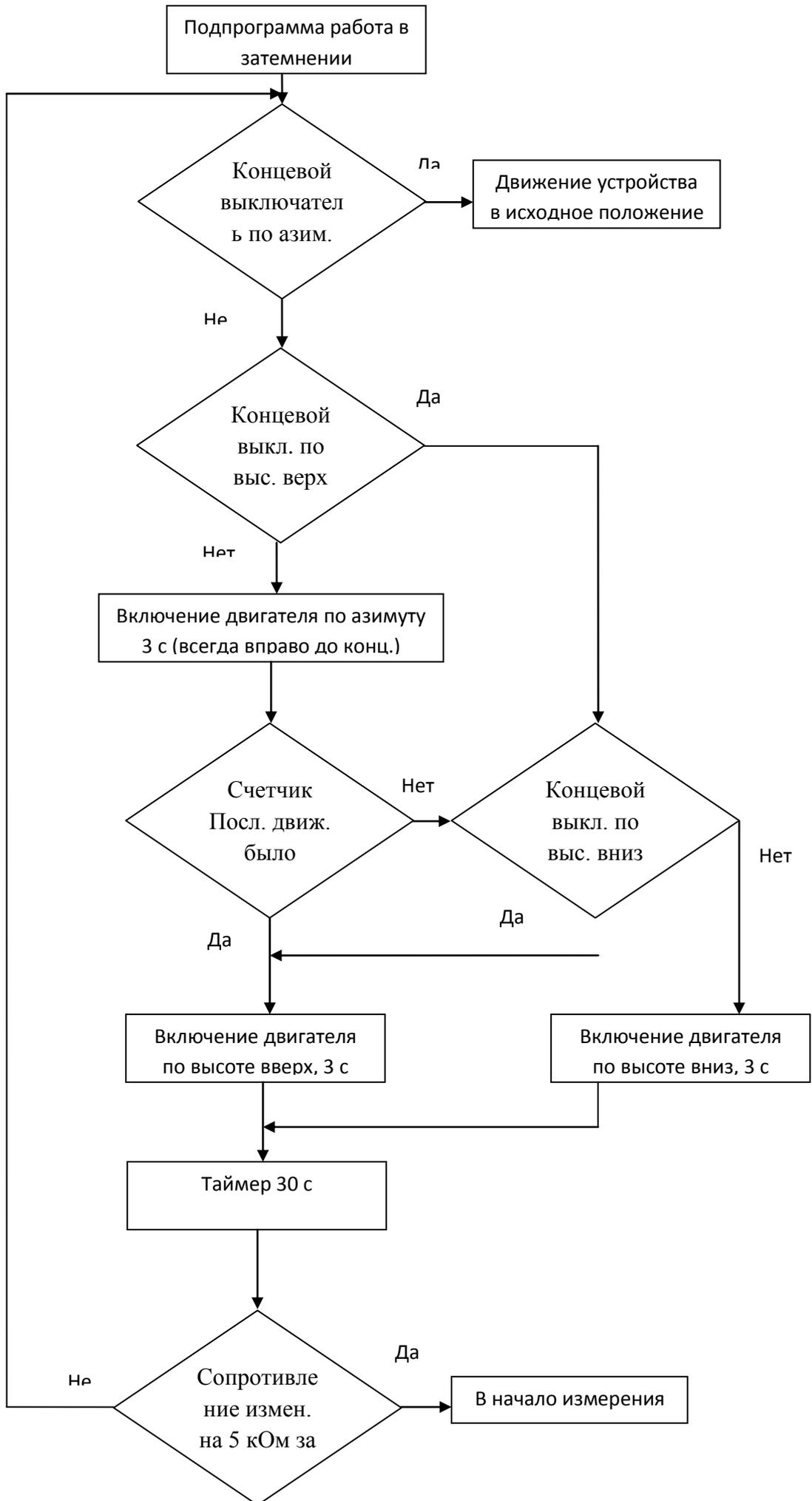












РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 135779

**УСТРОЙСТВО ОРИЕНТАЦИИ СОЛНЕЧНОГО
ЭНЕРГОМОДУЛЯ**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южно-Уральский государственный университет" (национальный исследовательский университет) (ФГБОУ ВПО "ЮУрГУ" (НИУ)) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2013132798

Приоритет полезной модели 15 июля 2013 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 20 декабря 2013 г.

Срок действия патента истекает 15 июля 2023 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 127063

ГЕЛИООПРЕСНИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южно-Уральский государственный университет" (национальный исследовательский университет) (ФГБОУ ВПО "ЮУрГУ" (НИУ)) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2012143904

Приоритет полезной модели 15 октября 2012 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 20 апреля 2013 г.

Срок действия патента истекает 15 октября 2022 г.



Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов





ДИПЛОМ

вручается

**Рахматулину
Ильдару Рафиковичу**

аспиранту ЮУрГУ

за лучший доклад

**на секции «НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ
ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ. МАЛАЯ ЭНЕРГЕТИКА»**

**Всероссийской научно-практической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых**

**«ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.
ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ.**

**НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ
ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ»**

(13-16 декабря 2011 г.)

Председатель Оргкомитета
проректор по учебной работе



С.Т. Князев

Екатеринбург – 2011



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Декан Энергетического факультета



(Signature) (А.Т. Белоножко)
«17» февраля 2014

АКТ

о внедрении результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс

Настоящий акт составлен о том, что результаты диссертационной работы Рахматулина Ильдара Рафиковича внедрены в учебный процесс кафедры “Электротехника и возобновляемые источники энергии” Энергетического факультета как раздел “Исследование влияния различных режимов работы солнечных коллекторов на производительность солнечной опреснительной установки и теплового котла” дисциплины “Энергетическое использование гелиоресурсов” для бакалавров, обучающихся по направлению 140400.62 – Электроэнергетика и электротехника, в количестве 9 часов (лабораторные работы).

Зав. кафедрой ЭВИЭ,
д.т.н., профессор



И.М.Кирпичникова

Общество с ограниченной ответственностью
 экспертное монтажно-наладочное предприятие «УМНЭКС»
 453700, РБ, г. Учалы, ул. Горнозаводская, 4
 Тел./факс (34791) 6-25-49; 6-08-51; 9-58-04
 ОКПО 26812072, ОГРН 1020202281175
 ИНН/КПП 0270012857 / 027001001
umnex@yandex.ru
<http://www.umneks.ru>

№ _____ от

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор предприятия
 ООО ЭМНП «УМНЭКС»

В.М. Феофанов

АКТ

о внедрении результатов
 диссертационной работы
 Рахматулина Ильдара Рафиковича

Мы ниже подписавшиеся: Загидуллин Ильгиз Камирович, главный инженер экспертно-монтажно наладочного предприятия ООО «УМНЭКС» с одной стороны, и разработчик Рахматулин Ильдар Рафикович, аспирант кафедры электротехники и возобновляемых источников энергии энергетического факультета Южно-Уральского государственного университета с другой стороны, составили настоящий акт о том, что научно-практические результаты диссертационной работы Рахматулина Ильдара Рафиковича «Разработка принципов средств управления энергетическими установками на примере солнечной опреснительной установки», на соискание ученой степени кандидата технических наук, будут использованы в проекте «Электроснабжение частного жилого дома с использованием солнечных батарей» экспертно - монтажно наладочным предприятием ООО «УМНЭКС в г. Учалы, пос. Буранцы, ул. М. Джалиля, дом 29.

Использование результатов полученных в ходе выполнения диссертационной работы, а именно, разработка устройства слежения за солнцем, позволит:

- повысить выработку электрической энергии солнечными батареями;
- повысить надежность устройства;
- снизить стоимость устройства;
- сократить время на проведение монтажных работ.

Разработанное устройство слежения за солнцем, рекомендуется для регулирования положения плоскости солнечных модулей на кровле жилого дома.

Сравнительные характеристики базового и внедренного устройства приведены в приложении 1 (табл. 1,2).

Представители ООО ЭМНП «УМНЭКС»

Главный инженер

Ответственный исполнитель

 Загидуллин И.К.
 Рахматулин И.Р.



Общество с ограниченной ответственностью
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА



Водгео
ГИДРОСЕРВИС

454021, г. Челябинск, Комсомольский проспект, 101 ИНН 7447198635, КПП 744701001, ОГРН 111 744 701 49 81,
р/с 40702810607180006144, ОАО «Челяббанк» г. Челябинск, к/с 30101810400000000711,
БИК 047501711, Тел./факс (351) 792-80-94, 236-52-18, 794-56-98 www.gidr74.ru, E-mail: gidr174@mail.ru

Утверждаю:



Директор Яковлев С.В.
«25» марта 2014 г.

ПРОТОКОЛ № 64
Экспресс-анализ питьевой воды

1. Наименование предприятия (заявитель) – Рахматулин Ильдар Рафикович 8-950-737-72-38
2. Место взятия пробы: Республика Башкортостан, Учалы
3. Время и дата отбора: 21.03.14г.
4. Доставлен в лабораторию: 25.03.14г.
5. Дополнительные сведения: скважина
6. НД, регламентирующие объем лабораторных исследований и их оценку: СанПиН 2.1.4.1074-01

№ п/п	Определяемые показатели	Единицы измерения	Результаты исследований		СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода
			до	после	
Органолептические показатели					
1	Запах при 20°C	баллы	0	2,0	2,0
2	Цветность	градус	0	0	20
3	Мутность	мг/л	0	0	1,5
Обобщенные показатели					
4	Водородный показатель	ед. рН	7,7	7,3	6-9
5	Окисляемость перманганатная	МгО ₂ /л	0,5	1,8	5,0
6	Жесткость общая	мг-экв/л	13,28	1,66	7,0
7	Общее содержание	мг/л	362,0	190,0	1000,0
Неорганические и органические показатели					
8	Железо (Fe)	мг/л	н/о	н/о	0,3
9	Марганец (Mn)	мг/л	0,08	0,02	0,1
10	Кремний (Si)	мг/л	3,0	н/о	10,0
11	Сульфаты (SO ₄)	мг/л	350,0	н/о	500,0
12	Фосфаты (PO ₄)	мг/л	0,4	н/о	3,5
13	Аммоний-ион (NH ₄)	мг/л	н/о	0,5	2,0
14	Нитраты (NO ₃)	мг/л	1,0	н/о	45,0
15	Нитриты (NO ₂)	мг/л	0,25	н/о	3,3
16	Щелочность	мг-экв/л	7,98	0,76	-----

Заключение:

Данная проба воды по исследуемым показателям до фильтра: жесткость не соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», после фильтра: запах не соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Лаборант

Фролова Е.С.

**Общество с ограниченной ответственностью
«Новые технологии теплоснабжения»**

454091, г. Челябинск, ул. Свободы, 22, оф. 4, тел./факс (351) 263-74-40, info@ntt-ural.ru

№ 201 от 08 октября 2014 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор предприятия

Самойлов А.Б.

08 октября 2014 г.



АКТ

**о внедрении результатов
кандидатской диссертационной работы
Рахматулина Ильдара Рафиковича**

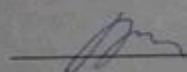
Мы нижеподписавшиеся: представители предприятия: директор компании «Новые технологии теплоснабжения» Самойлов А.Б., с одной стороны, и разработчик Рахматулин И.Р., с другой стороны, составили настоящий акт о внедрении результатов диссертационной работы «Разработка принципов средств управления энергетическими установками на примере опреснителя воды».

Элементы новизны: электрическая схема автоматизации процесса опреснения, уставки срабатывания датчиков уровня жидкости и датчика температура, схема передачи тепловой энергии от солнечного коллектора до опреснителя.

Внедрение результат диссертационной работы:
принято к опытному производству: в ООО «Новые технологии теплоснабжения» экспериментального образца гелиоопреснительной установки с общей площадью солнечных коллекторов 2 м²

Представитель предприятия,

ответственный за внедрение

 /А.С.Григорович/

Разработчик

 /Рахматулин И.Р./