

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт космических и информационных технологий  
Кафедра вычислительной техники

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ О.В. Непомнящий  
(подпись)  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019

## **БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

09.03.01 Информатика и вычислительная техника

(код и наименование направления)

Автоматизированная система контроля и учета энергоресурсов

жилого помещения

тема

Руководитель

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

профессор, зав.  
каф. ВТ, к.т.н  
должность, ученая  
степень

О.В. Непомнящий  
инициалы, фамилия

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Д.О. Белянин  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

доцент, к.т.н.  
должность, ученая  
степень

В.И. Иванов  
инициалы, фамилия

Красноярск 2019



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	2
1 Анализ существующих методов и систем контроля.....	5
1.1 АСКУЭ "РЕСУРС".....	5
1.2 АСОДУЭ Телеканал.....	8
1.3 АСОДУЭ "#JUST-Energy".....	10
1.4 Вывод по главе.....	13
2.Обзор и выбор устройств сбора данных.....	14
2.1 Разработка функциональной схемы системы.....	14
2.2 Поквартирный прибор учета.....	18
2.3 Реализация подъездного учета.....	21
2.3 Решение задачи измерения тепла.....	24
2.4 Вывод по главе.....	27
3. Разработка лабораторной модели.....	27
3.1 Выбор электронных компонент.....	27
3.2 Компоненты квартирного прибора учета.....	37
3.3 Подъездный и домовый контроллер.....	35
3.4 Разработка лабораторного стенда.....	37
3.5 Вывод по главе.....	39
Заключение.....	39
Список использованных источников.....	40
Приложения.....	42

## ВВЕДЕНИЕ

По данным Росстата, более 70% многоквартирных домов (МКД) были построены до 2000г. Они возводились по старым нормам СНиП, который на сегодняшний день утратил свою актуальность [1]. Среднестатистические МКД в РФ и СНГ расходуют значительно больший объем энергоресурсов, относительно современных МКД, возведенных по новым законам учитывая все современные требования, применяемые к возведениям МКД [2].

Типовые застройки подразумевали дешевое, оптимальное и быстрое расселение коммунальных квартир. Панельные дома собирались быстро из готовых блочных железобетонных конструкций. Новые микрорайоны буквально росли, отапливаемые дешевым низкокалорийным газом. Изначально такие МКД подразумевались как временные, но после распада СССР большинство стало постоянными, а энергоресурсы подорожали в разы.

В некоторых частях России отопительный сезон длится до полугода. При сегодняшних ценах на энергоресурсы [3] затраты на них становятся иррациональными. Тем более, когда за перетопы в домах приходится платить именно жильцам, которым это идет в надбавку к оплате собственных коммунальных услуг. По аналитическим данным, преобразование и реформы, в плане подхода к экономии, может способствовать снижению затрат ориентировочно на 30%.

Модернизация системы учета энергоресурсов актуальна, но не реализуется из-за бездействия со стороны управляющей компании [1]. Причиной этого является сложность оплаты всеми жильцами единовременной суммы на покупку дорогостоящей аппаратуры, что окупается в течении ближайших лет при оплате коммунальных услуг. Кроме того государство никак не планирует поспособствовать продвижению этой идеи и оказать помощь ЖКХ в реализации. Следуя из этого для реализации учета энергоресурсов в МКД, требуется решить следующие проблемы:

- управляющие компании (УК) не спешат реализовывать проекты, окупаемость которых имеет большой срок;
- фактор большого процента неплатежей слишком сильно влияет на возможности финансирования «нововведений»;
- для реализации таких проектов на глобальном уровне нужны большие деньги, которые просто так у ЖКХ не появятся;
- возможно, и сами руководители УК не видят всю возможную выгоду от данных проектов;
- все предписания, как и всегда, остаются лишь только бумажками а не напутствием к началу.

Оптимизация оплаты коммунальных расходов, переход к оплате «по факту», [4] при рациональном энергопотреблении приведет к экономии ресурсов, предварительно до 45%, а проект должен окупиться ориентировочно за 16 месяцев.

Если заменить старые счетчики на новые, автоматизированные, хотя бы в помещениях общего назначения, то в перспективе выгода может достигать 40%, что поможет достаточно быстро окупить такие нововведения.

Вопрос экономии воды не так актуален для управляющих компаний и ТСЖ. За исключением случаев, когда технологические потери на ОДН приближаются к потреблению на личные нужды собственников помещений.

Потребление электричества на общедомовые нужды не так заметны, особенно исходя из того, что многие подъезды оснащаются датчиками движения для регулирования освещения. Даже 10 одновременно включенных ламп накаливания не сравнятся с одним квартирным кондиционером. Поэтому мероприятия по сбережению электроэнергии не входят в проект. При этом установка в подъездах светодиодных ламп, датчиков движения в старые дома и фотодатчики, реагирующие на уровень освещения в подъездах, перспективно и способствует популяризации экономии электроэнергии в быту. Следовательно, это самые распространенные действия УК, которые применяются на сегодняшний день.

Тепловая энергия и горячая вода составляет большую часть от общего потребления энергоресурсов, примерно 60-70%, значительным фактором является длительность отопительного сезона, тип здания и состояние отопительной системы и труб подачи горячей воды. Это указывает на то, что мероприятия по сбережению тепловой энергии и горячей воды, наиважнейший аспект данной задачи.

Таким образом, задача проектирования и разработки системы учета ресурсов в жилом помещении, является актуальной.

## **1 Анализ существующих методов и систем контроля**

### **1.1 АСКУЭ «Ресурс»**

АСКУЭ «Ресурс» (Автоматизированная Система Контроля и Учёта Энергоресурсов) - то современная система для автоматизирования и систематизирования показаний с различных приборов учета энергоресурсов, к тому же позволяющая осуществлять работу удаленно. [5]

АСКОУЭ «Ресурс» от производителей ЗАО НВП «Болид» позволяет хранить, анализировать и передавать данные с различных приборов учета энергоресурсов в реальном времени. Достоверность показаний и их точность подкрепляет метрологический сертификат соответствия.

Также система может осуществлять контроль посредством возможности отключения при помощи контроллеров доступ к коммунальным услугам.

АСКУЭ «Ресурс» имеет возможность передавать информацию в любой надзорный за потреблением орган, поддерживает различные форматы отчетности, в том числе и интеграцию к 1С. Передача данных между приборами и контроллерами может осуществляться по протоколам: RS-232, RS-485, Meter-Bus, CAN, GSM, Ethernet и радиоканал.

Также АСКУЭ очень непривередлива в плане конфигураций помещения, в котором будет осуществляться монтаж. В основном используется для установки двух импульсных датчиков учета воды, а также цифровой счетчик электроэнергии. Также в ассортименте имеются счетчики газа и тепла.

Еще одним преимуществом этой системы является ПО, при помощи которого жилец может осуществлять контроль как за собственной квартирой, так и сотрудник ЖКХ может удаленно осуществлять контроль за всей системой в целом (весь дом). [5]

На рисунке 1 представлен вариант реализации АСКУЭ компанией «Болид» на котором можно заметить что разные по типу счетчики подключаются через разные контроллеры. Данная особенность в некоторых моментах может создавать лишние проблемы, а именно прокладка нескольких трас витой пары, что в масштабе большого МКД удорожит проект.

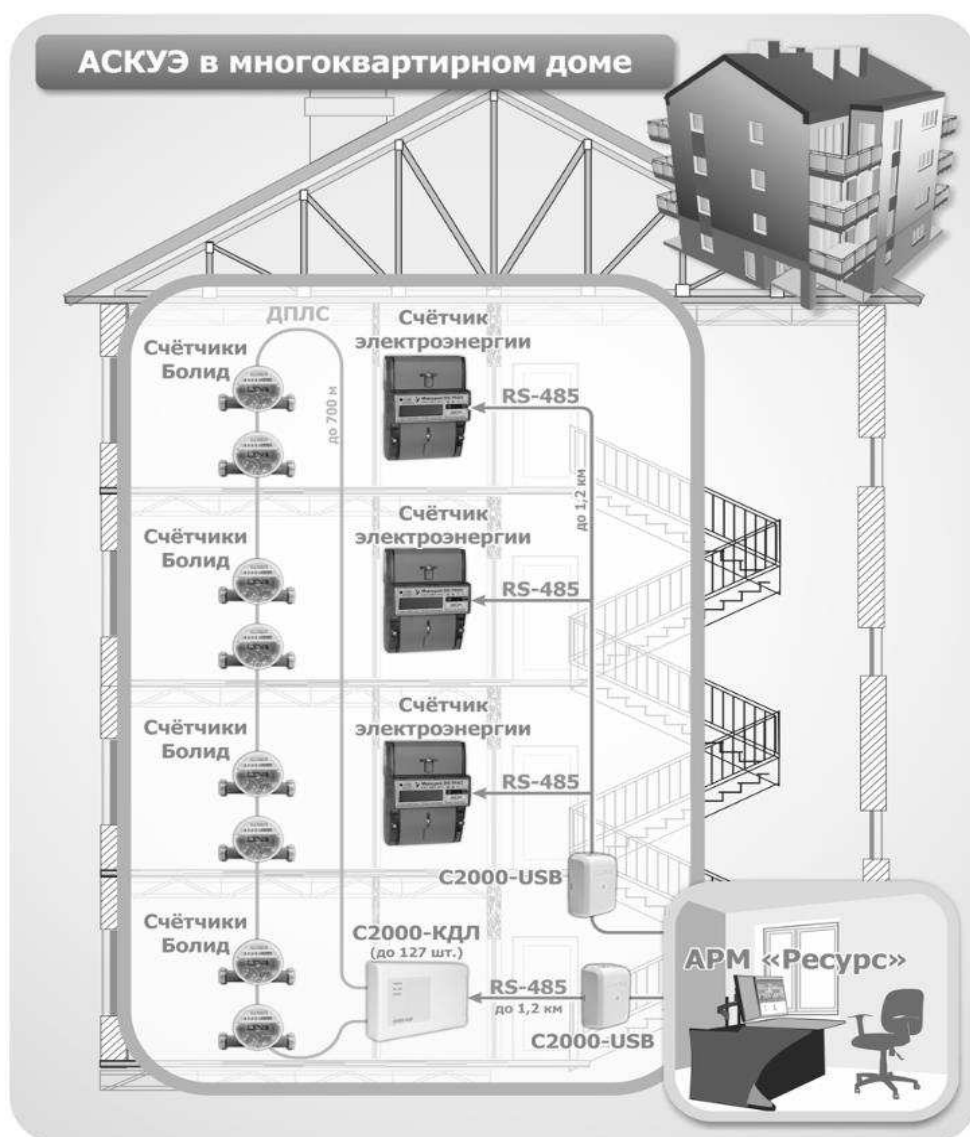


Рисунок 1 — Автоматизированная система контроля и учета энергоресурсов «Ресурс» на примере многоквартирного дома.



На рисунке 2 изображены схемы логики подключения приборов всеми имеющимися средствами компании НВП «Болид». Здесь можно увидеть одно из главных преимуществ данной системы – это преобразование интерфейсов на «любой лад». Такой функционал отлично подходит для проектов, где здания находятся в большом отдалении друг от друга. Преобразование шины RS-485 в Ethernet может ограничивать удаленность объектов одной системы только лишь задержкой Ethernet канала.

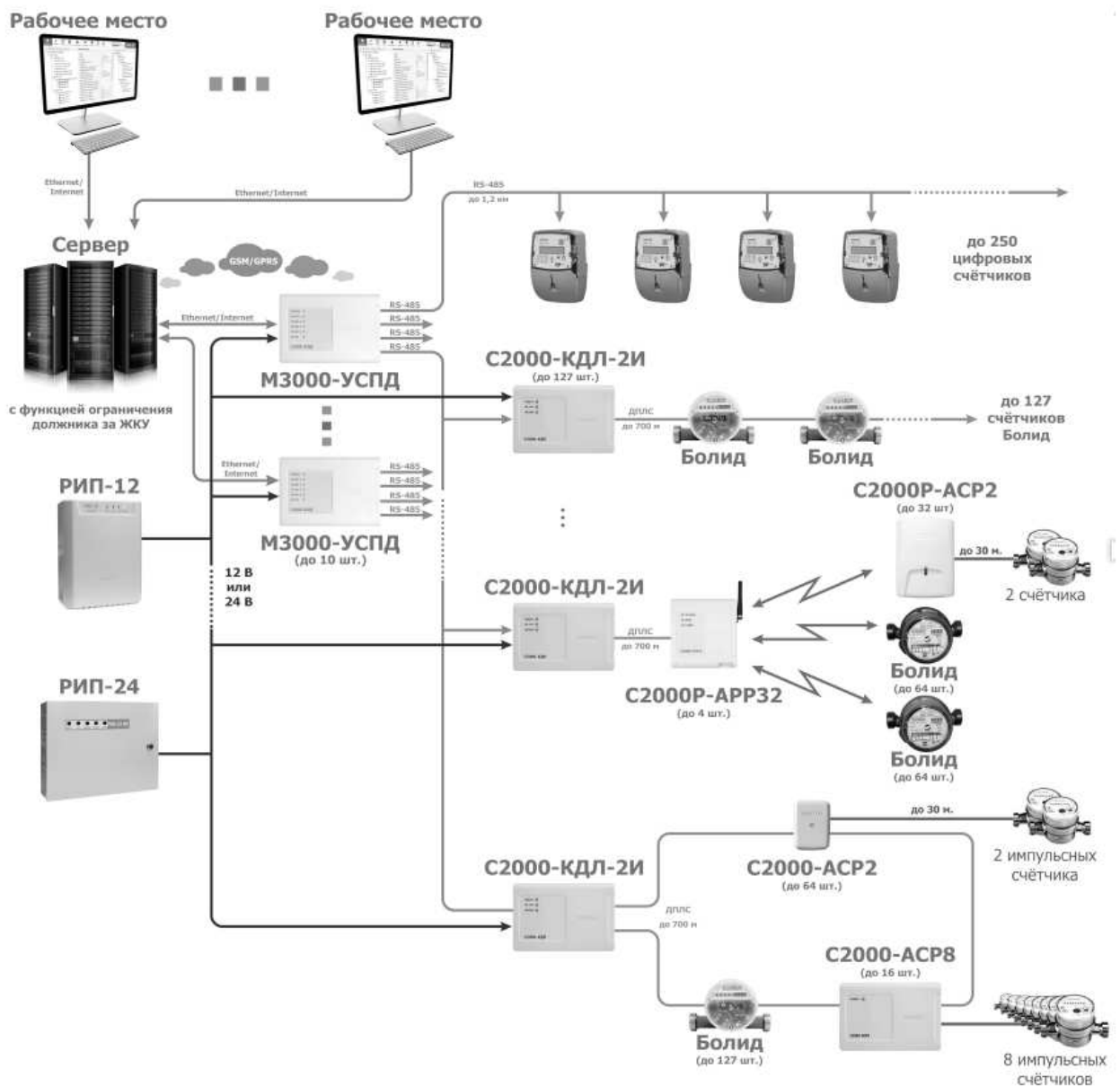


Рисунок 2 — Логика реализации системы Болид.

## 1.2 АСОДУЭ Телеканал

Данная система зарекомендовала себя на рынке, как гигантская и массивная система, реализуемая на больших предприятиях. Из чего следует то, что уровень точности измерительных приборов на высоте, чему свидетельствуют множество метрологических сертификатов, что позволяет реализовывать свои системы в государственных предприятиях. Широкий спектр собственно производства позволяет минимизировать необходимость работы со сторонним оборудованием.

Автоматизированная Система Оперативного Диспетчерского Управления и Энергоучета (АСОДУЭ) это разработка ЗАО «Системы связи и телемеханики». АСОДУЭ построена и проектируется на базе ПО «Телеканал» (рисунок 3) как уже упоминалось широко используется в электроэнергетике и промышленных предприятиях не только России, но и стран СНГ. [7]

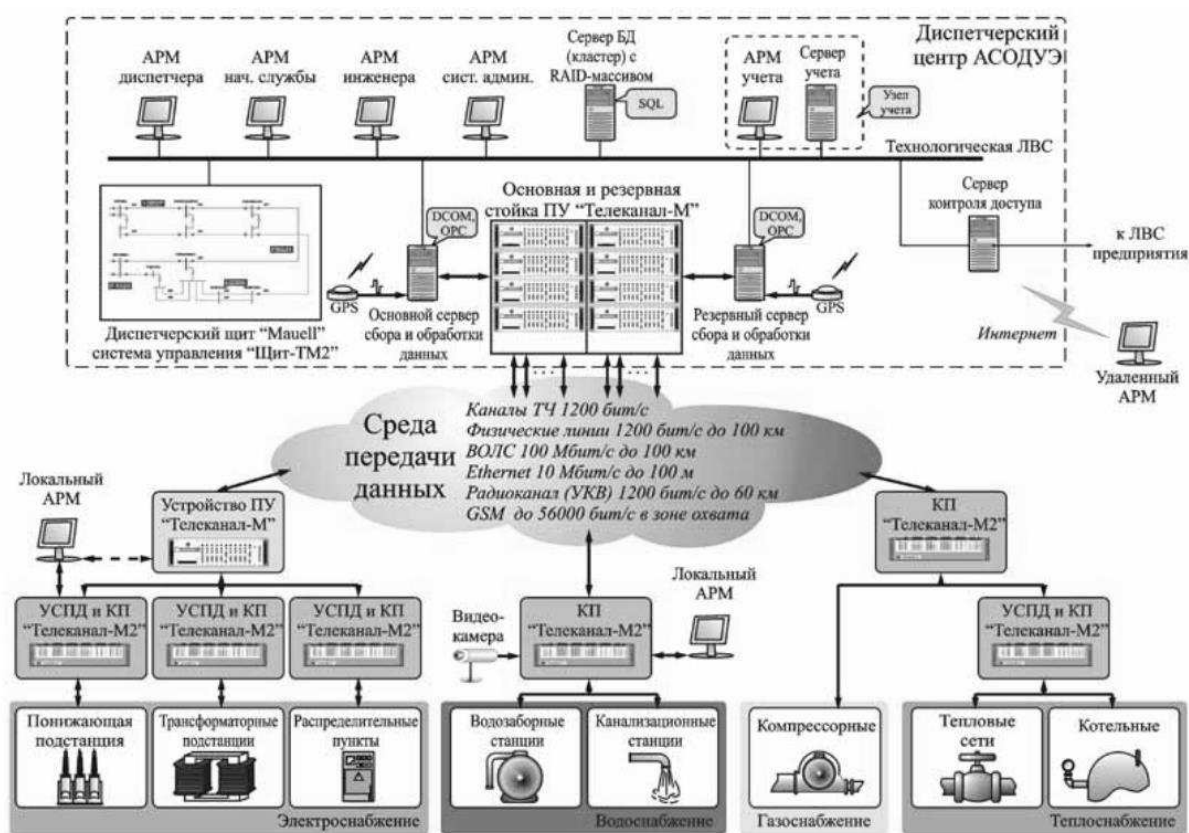


Рисунок 3 — Структура АСОДУЭ на базе комплекса "Телеканал".

АСОДЭУ имеет в себе множество подсистем диспетчеризации: коммерческий учет энергоресурсов, технический учет (целостность всех линий и оборудования) и системы видеонаблюдения. Также ПО позволяет делать более гибкие настройки для предприятия, возможны разделение процессов учета, которые будут проходить параллельно. Существует и многоуровневый подход, когда большие процессы разбиваются на маленькие, и конкретный сотрудник, следит конкретно за нужной ему информацией в ПО, уровни могут строиться в неограниченном количестве, зависит только от желания заказчика и реальной возможности разбития процесса на подпроцессы. Также позволяет работать с системой удаленно, не нужно находиться на объекте, чтобы собрать статистические данные по потреблением и обслуживающие фирмы, могут до выезда поставить «диагноз» системе, поняв, в чем именно неисправность при помощи ряда сервисных функций анализирующих состояние всех модулей.

Оператор автоматизированного рабочего места (АРМ) также может осуществлять контроль над всеми механическими вентилями, контролируя всю систему на своем рабочем месте.

В составе системы может быть внедрена подсистема видеонаблюдения с передачей данных по каналам системы сбора данных. Что еще больше улучшает качество контроля сотрудниками ситуации на объекте, т.к. при неисправности, оператор удаленно получает не только отчет об этой самой неисправности, но также он видит, что с ними происходит в реальном времени.

Но из этих всех плюсов выходят и большие минусы, такие как необходимость установки серьезного серверного оборудования способное работать с большим трафиком, учитывая то, что большинство информации будет преобразовываться при помощи преобразователей интерфейса, что еще сильнее увеличивает требования к серверной части. Опять же большие базы данных и большое количество одновременно подключенных АРМ также будет нагружать сервера.

Из этого всего следует, что хоть эта система и обладает лучшим функционалом в плане работы и обслуживания с системой, она не реализуема на мелких объектах, это будет не целесообразно.

### **1.3 АСОДУЭ «@JUST-Energy»**

Автоматизированная система оперативного диспетчерского управления и энергоучета АСОДУЭ «@JUST-Energy» от компании «Технолинк автоматизация» - это еще один «гигант» на рынке контроля и учета энергетических ресурсов. Это менее глобальное, но более распространенное по миру решение по контролю и сбору статистики о потреблении энергоресурсов.

Комплекс программно-технических средств (КПТС) "@JUST-Energy" специализируется на учете и статистики анализа данных по расходу энергоносителей, имеет возможность контроля их потребления, также может составлять сменные сводки и прогнозировать потребление энергии, опираясь на ранее собранных данных. [8]

Главным преимуществом здесь наверно можно указать их открытость в плане программного обеспечения и аппаратных средств системы обработки, сбора и передачи информации. Допускается использование различных технических средств с нестандартной архитектурой и множество способов передачи данных посредством LAN, Ethernet, радиоканал, ВЧ-связь по линиям электропередач и сухие контакты. [8]

При внедрении системы максимально использовались имеющиеся датчики, линии связи и т.д. в результате чего затраты на оборудование и стоимость монтажных работ сводятся к минимуму. [8]

Для реализации таких проектов компания предлагает проектировку и реализацию на базе программно-технических средств компании GE Fanuc Automation (США). Оборудование GE Fanuc имеет сертификацию в РФ, так что на всех основаниях может использоваться как в жилых домах, так и на более крупных организаций. Также предлагается для построения архитектуры

системы на базе контроллеров VersaMax, который работает на шине MODBUS/RTU. Серверная часть ложится на ПК с запущенным на ней АРМ сотрудника оператора. [8]

КПТС "@JUST-Energy" организован на базе программного продукта SIMPLICITY компании GE Fanuc Automation (США). Программное обеспечение SIMPLICITY HMI поддерживает стандарты ODBC, DDE, OPC, ActiveX и т.д. что опять же не создает препятствия для реализации системы на просторах РФ.

Данная система является полуавтоматическим комплексом и предназначается для:

- осуществления контроля за состояние сетей энергообеспечения и их технологическими параметрами в реальном времени;
- оповещение и предупреждение о критических или неисправных ситуациях, средствами сигнализации формирования аварийной и предупредительной сигнализации по состоянию оборудования;
- анализ заранее собранных данных и построение выводов по выработке ресурсов на их основе;
- может выполнять бытовой подсчет затрат энергоресурсов;
- составление планов и отчетностей по необходимым формам;
- предупреждение и предотвращение аварийных ситуаций.

Логические уровни системы:

- на самом верхнем уровне находятся сотрудники и их АРМ;
- далее происходит обработка данных поступивших с АРМ;
- аналого-цифровое преобразование;
- на самом нижнем уровне находятся сами датчики и счетчики.

Программирование и перепрограммирование контроллеров, осуществляется с помощью интегрированного софта. Программирование ведется на специализированном языке, определяемом выбором фирмы.

Программное обеспечение на АРМ и серверах основано на фирменной SCADA-системе [8]. SCADA-системы на базе ОС Windows и при этом

являются открытыми, что открывает простор для интеграции своих собственных модулей. Также присутствуют уже готовые модули от производителя, которые ставятся поверх базовой системы [8]

Модули напоминают нечто подобное на блочные компиляторы. Ядром является некое приложение, которое берет на себя функции оперативной задачи ядра. В ядре происходят объявление внутренних и внешних тегов, также объявляются и настраиваются протоколы передачи данных.

ЗАО "ТЕХНОЛИНК" является авторизованным дистрибьютором GE Fanuc Automation (США). [8]

На рисунке 4 показано окно программного обеспечения АСОДУЭ «@JUST-Energy»

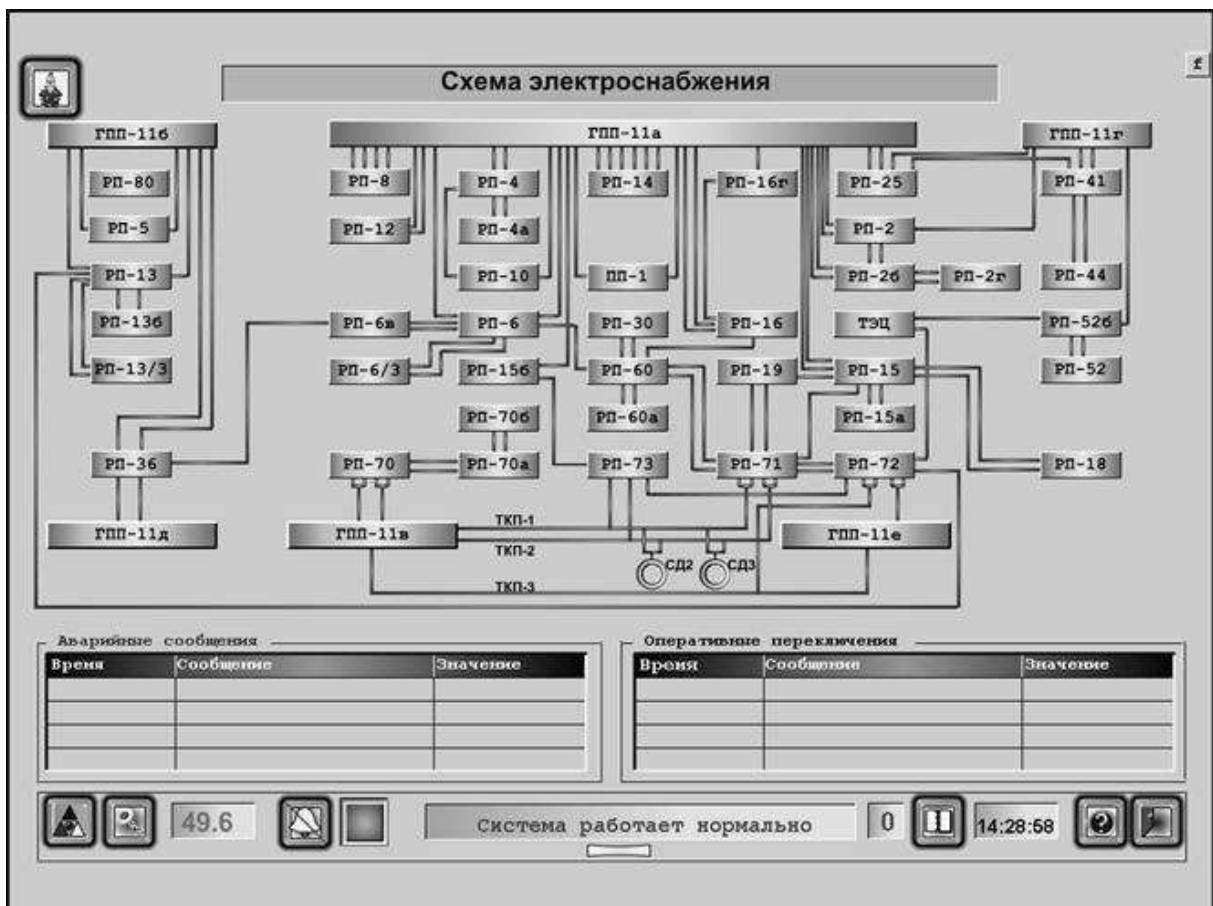


Рисунок 4 — Пример интерфейса АСОДУЭ «@JUST-Energy».

## 1.4 Выводы по главе

Рассмотрев современные решение по учету и контролю энергоресурсов, можно выделить плюсы и минусы таки

Проведенный анализ существующих систем и методов контроля энергоносителей позволяет сделать вывод о целесообразности применения метода промышленной сети при разработке системы.

Такая системы как АСОДУЭ «Телеканал» не подходит для проектирования в рамках жилых домов. Она предназначена более под промышленные реализации также, как и АСОДУЭ «@JUST-Energy» имеет очень высокую точность в измерениях и очень большой функционал поддерживаемого оборудования типов датчиков и контроллеров. Из этого и выходит слишком большая стоимость реализации и излишкам функциональности, на таком «маленьком уровне» как жилой дом. Тем временем как, АСКУЭ «Ресурс» вполне подходит под задачу, но сильно ограничивает в приборах и настройках, которых предоставлена только на высоком уровне, в заранее созданном производителем ПО, что сильно ограничивает «гибкость системы».

С целью снижения стоимости системы необходимо отказаться от использования дорогостоящих контроллеров сбора-передачи информации. Для упрощения реализации системы необходимо использовать цифровые устройства ввода, с возможностью сетевой поддержки. Для снижения стоимости следует использовать 1-проводную промышленную сеть (1Wire).

## 2 Разработка схем и алгоритмов системы

### 2.1 Разработка функциональной схемы системы

На рисунке 5 приведена структурная схема проектируемой системы контроля и учета энергоресурсов в многоквартирном доме. На которой ПК – это общеподъездный контроллер, ДК – это общедомовой контроллер.

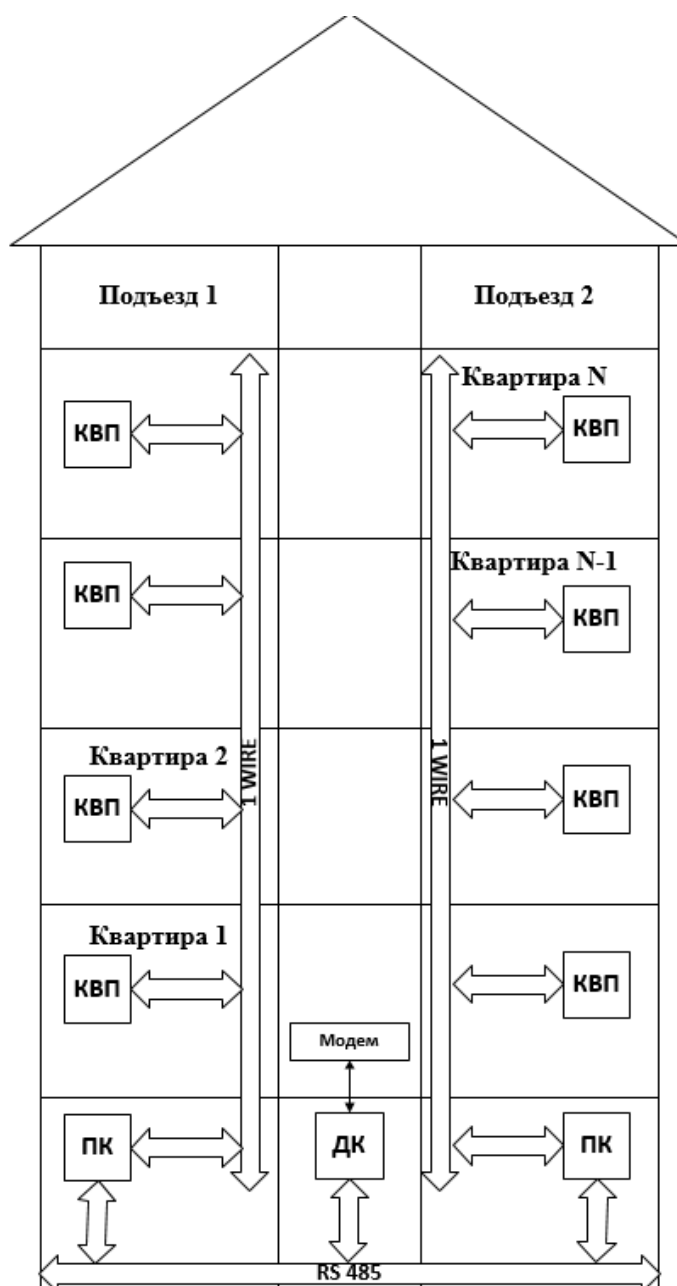


Рисунок 5 — Структурная схема системы.



Главный модуль проектируемой системы (Рисунок 6) — квартирный прибор учета (КВП). Модуль обеспечивает накопление данных о потреблении энергоресурсов в ПЗУ модуля, который хранит данные по одной квартире. Структура КВП приведена на рисунке 6.

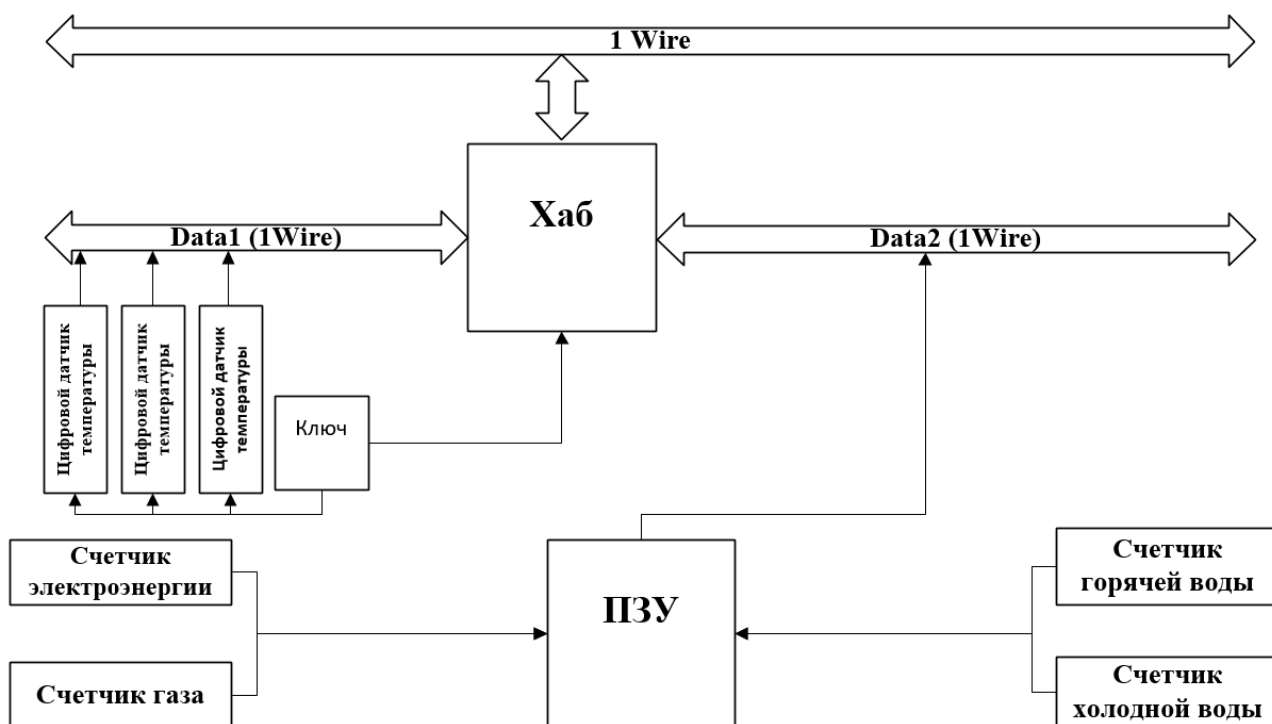


Рисунок 6 — Структура квартирного прибора учета.

Непосредственно в самом КВП главный элемент — это электронный переключатель двухпортовый сетевой хаб, коммутирующий либо шину Data1, либо шину Data2 с основной шиной передачи данных. Если контроллеру в данный момент не нужны показания с приборов учета конкретно этой квартиры, то все выходы хаба закрыты и все устройства отключены от главной шины. Таким образом, уменьшается количество приборов одновременно подключенных на линии, максимальное количество устройств на линии будет равно количеству квартир и измерительных приборов в одной квартире. Это позволит нам использовать стандарт 1 Wire даже в домах с большим количеством квартир. К выходу Data1 хаба подключен импульсный счетчик,

который ведет подсчет импульсов, поступающих с телеметрических выходов счетчика газа и счетчика электроэнергии.

Программируемое ПЗУ («флэш-память») подключается в этот же порт. ПЗУ хранит программу с помощью которой проводятся все нужные расчеты по расходу тепло энергии и данные с этих счетчиков и датчиков, а также расположение термодатчиков, типы и площади радиаторов центрального отопления, заводские номера и исходные показания счетчиков на расчетный период.

В порт CONNECTOR 1 подключаются такие же устройства, подсчитывающие импульс от счетчиков холодной и горячей воды.

Для измерения температуры подключаются цифровые датчики к выходу хаба Data2 для более быстрой передачи команды АЦП на все датчики, избегая большой задержки поочередного обращения, что существенно сократит время необходимое для опроса.

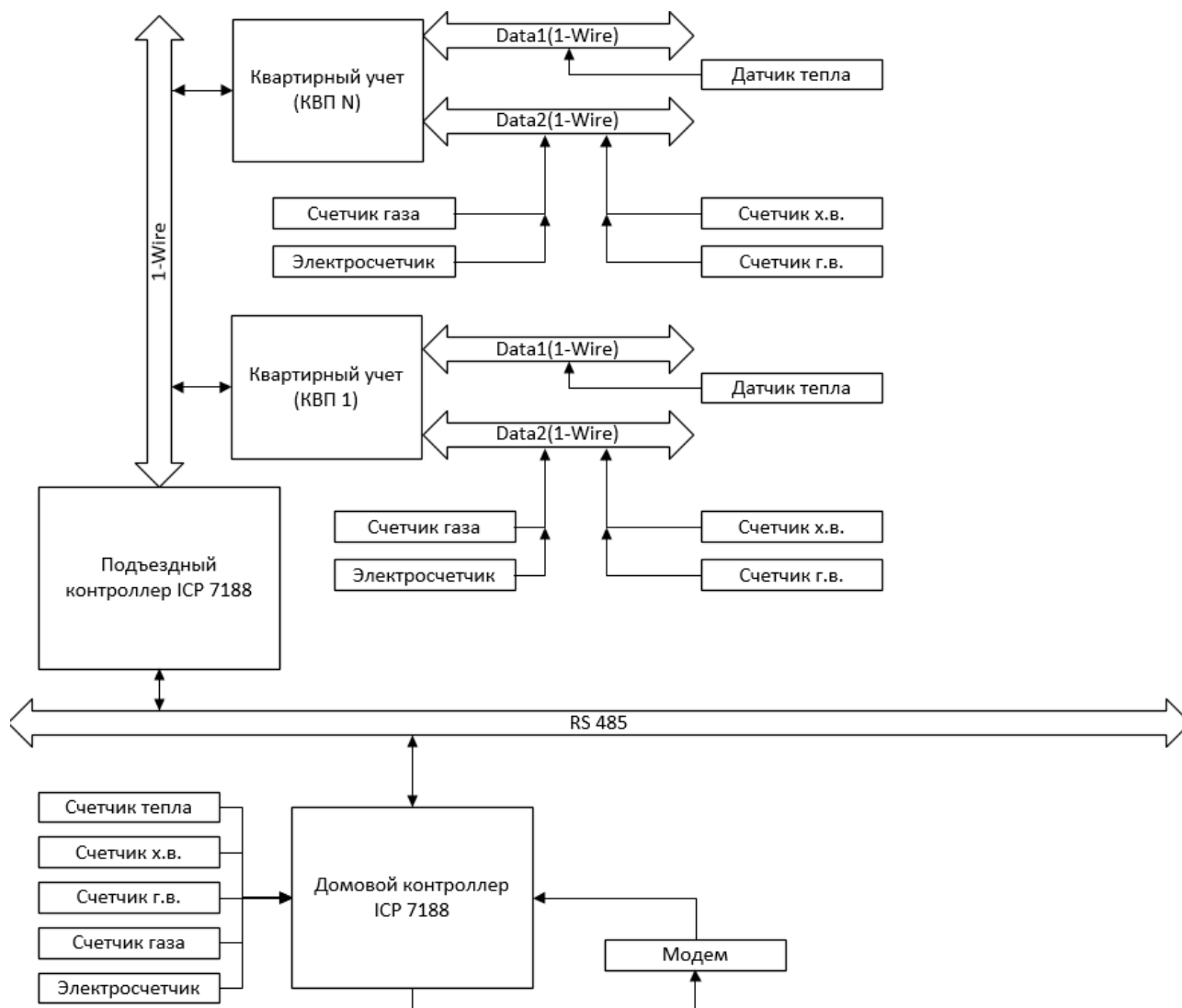
Электронный ключ, управляемый линией CONTROL хаба, решает задачу подачи питания на датчики, подавая постоянное напряжение питания на них. Линия CONTROL активируется автоматически, когда хаб коммутирует к шине DATA шину Data2.

Порт CONNECTOR 2 отвечает за подключение цифровых температурных датчиков КВП.

Структура подключения к общеподъездному и общедомовому контроллеру показана на рисунке 7, что в целом и формирует систему контроля и учета энергоресурсов, а благодаря протоколу 1 Wire протяженность может достигать 600м и состоять из сотни компонентов.

Недорогой промышленный контролер, который используется в качестве подъездного и домового контроллера, управляет всеми КВП своего подъезда. А Домовой контроллер управляет подъездным. Между собой контроллеры подключены по протоколу RS-485.

КВП имеет два электронных ключа, по средствам, которых осуществляется коммутация шин, сами ключи управляются подъездным контроллером. Эти две шины объединяются в одну витую пару. В определенный момент времени коммутируется именно та шина, которая нужна подъездному контролеру и только одна (рисунок 7).



Активат

Рисунок 7 — Структура системы сбора данных по дому.

## 2.2 Поквартирный прибор учета

При включении питания или после аварийного перезапуска системы происходит инициализация поквартирных приборов учета. С этой целью каждый подъездный контроллер производит поочередной опрос квартирных хабов. Хабы коммутируют на линию счетчики энергоносителей и температурные датчики.

При отказе хаба, который определяется по отсутствию отклика датчиков и счетчиков, управляющий контроллер заносит информацию о сбое КВП данной квартиры в журнал аварийных ситуаций. В журнале указываются серийные номера, показания счетчиков и датчиков и время аварии.

В процессе функционирования хабы выбираются контроллером, и происходит считывание исходных данных из ПЗУ КВП. После считывания контроллер поочередно опрашивает через хаб датчики, и производит запись в журнал текущей информации, по квартире предварительно произведя расчеты по расходу электроэнергии, учету воды и теплоэнергии.

Последние данные, полученные в результате опроса, сохраняются в ПЗУ КВП. Информация о состоянии датчиков и счетчиков, а также время и дата последнего опроса так же сохраняются в ПЗУ КВП.

На рисунке 8 приведен алгоритм функционирования квартирного прибора учета:

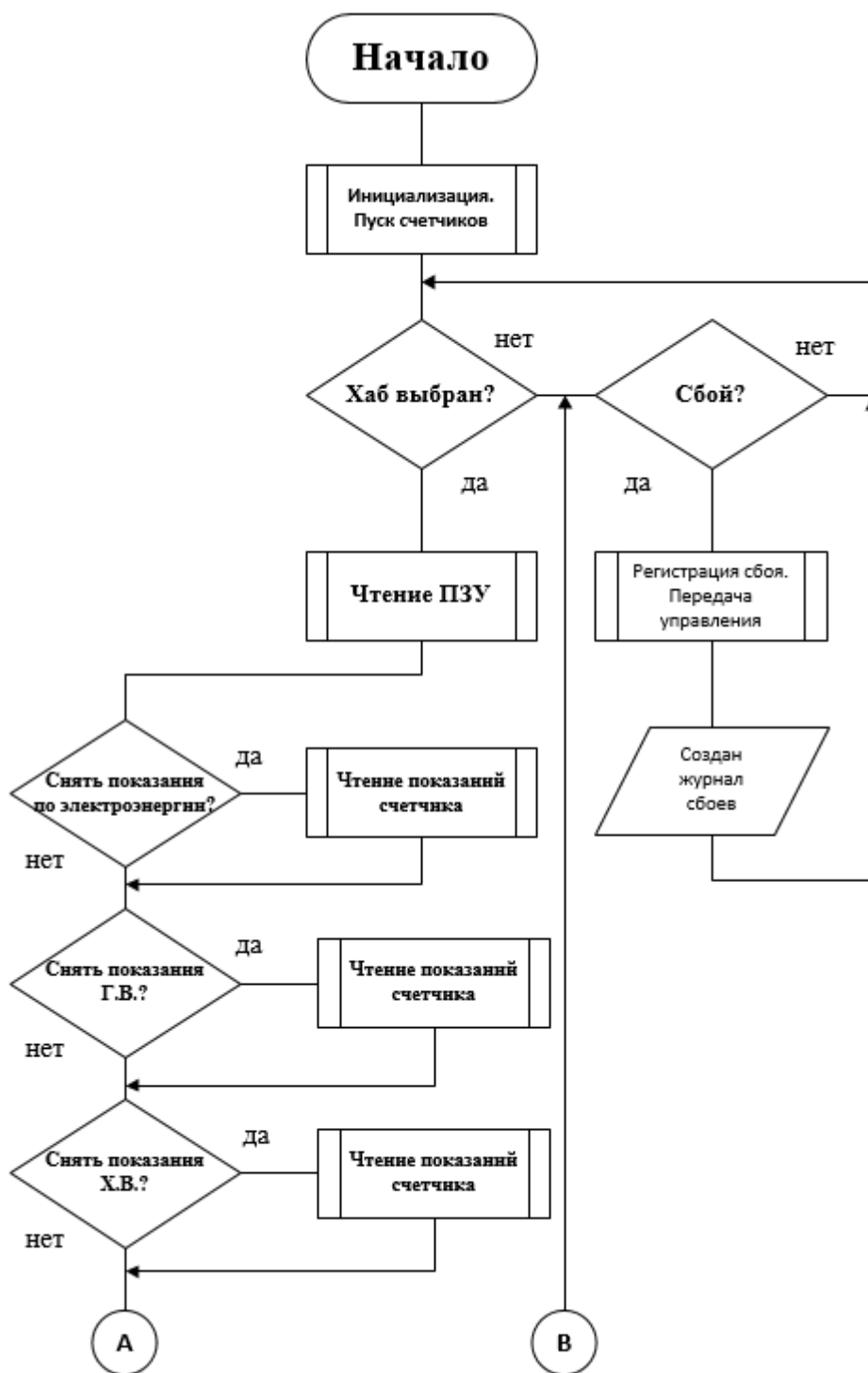


Рисунок 8 — Алгоритм функционирования КВП.

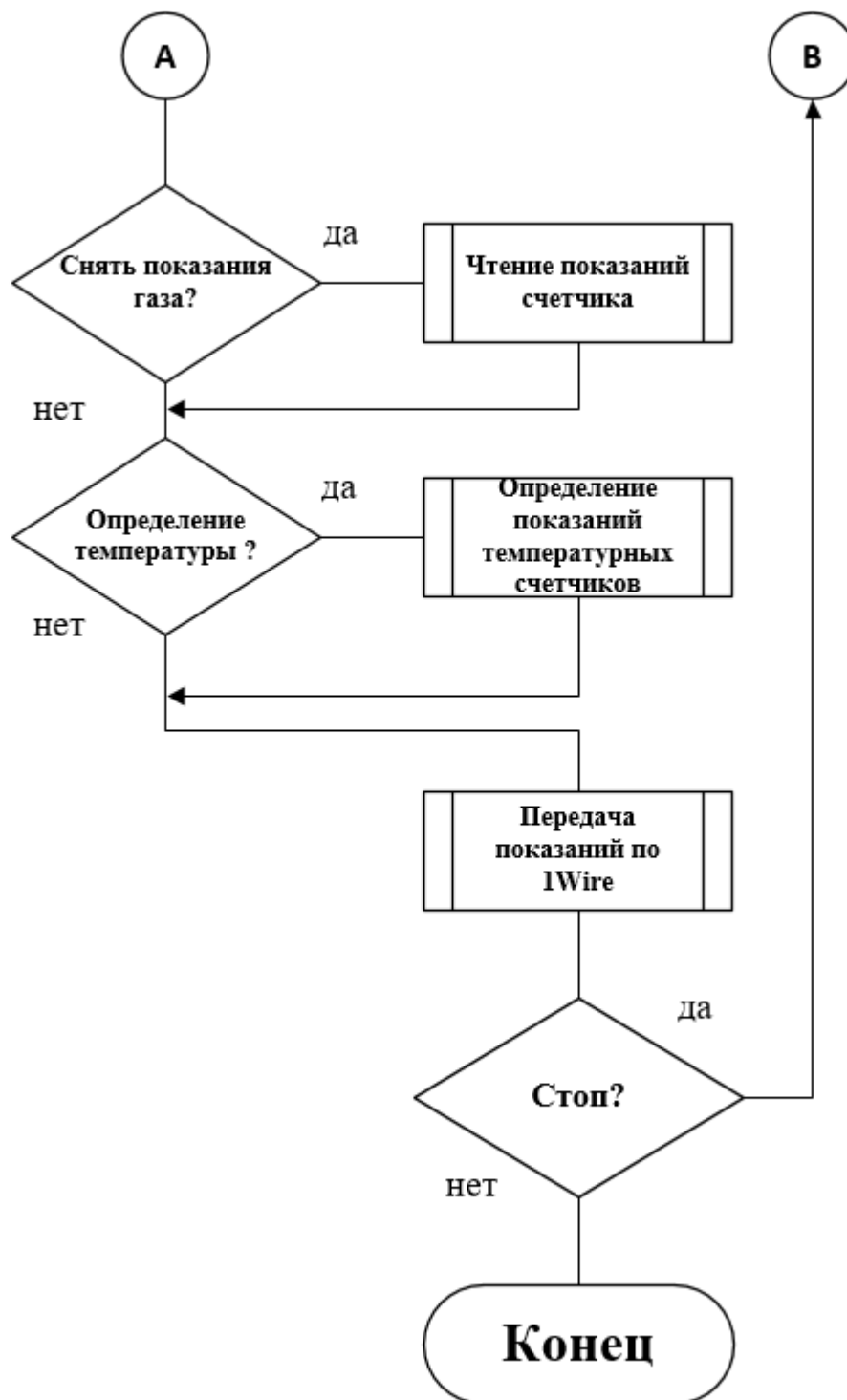


Рисунок 8, лист 2

### 2.3 Реализация подъездного учета

При включении питания или после аварийного перезапуска системы происходит инициализация контроллеров учета энергоносителей по подъездам.

Контроллер подключается к основной системе путем идентификации в ответ на запрос основного управляющего контроллера. Далее происходит опрос квартирных датчиков. Контроллер производит идентификацию датчиков, установленных в каждой квартире подъезда.

Идет построение журнала учета энергоносителей. По окончании построения журнала, информация о заголовках журнала, передается в основной контроллер.

Если в процессе идентификации обнаруживаются вновь подключенные квартиры или отсутствуют ранее подключенные, то создается журнал изменений конфигурации сети, который впоследствии будет так же передан на основной контроллер.

Журнал начальной и последней конфигурации сети хранится в flash ПЗУ контроллера.

По окончании пересылки журнала идентификации и топологии, контроллер входит в рабочий режим.

В рабочем режиме контроллер подъезда ожидает команд от основного контроллера. Команды основного контроллера переводят подъездный контроллер в требуемый режим: Опрос квартиры по требованию или передача расчетных данных и журналов топологий и результатов опроса.

В рабочем режиме контроллер опрашивает поочередно датчики квартир, производит расчет количества расхода по тому или иному энергоносителю, а также расчет потребляемого тепла по каждой из квартир согласно данным получаемым от домового контроллера по алгоритму, изложенному выше.

В ответ на неплановый перезапрос домового контроллера, подъездный контроллер запускает процедуру опроса той или иной квартиры, и вновь

сформированные результаты опроса и расчета передаются в основной контроллер.

Процессом восстановления системы при аварийных ситуациях руководит основной контроллер, по его команде происходит перезапуск той или иной квартиры, подъезда или всей системы в целом (Рисунок 9).

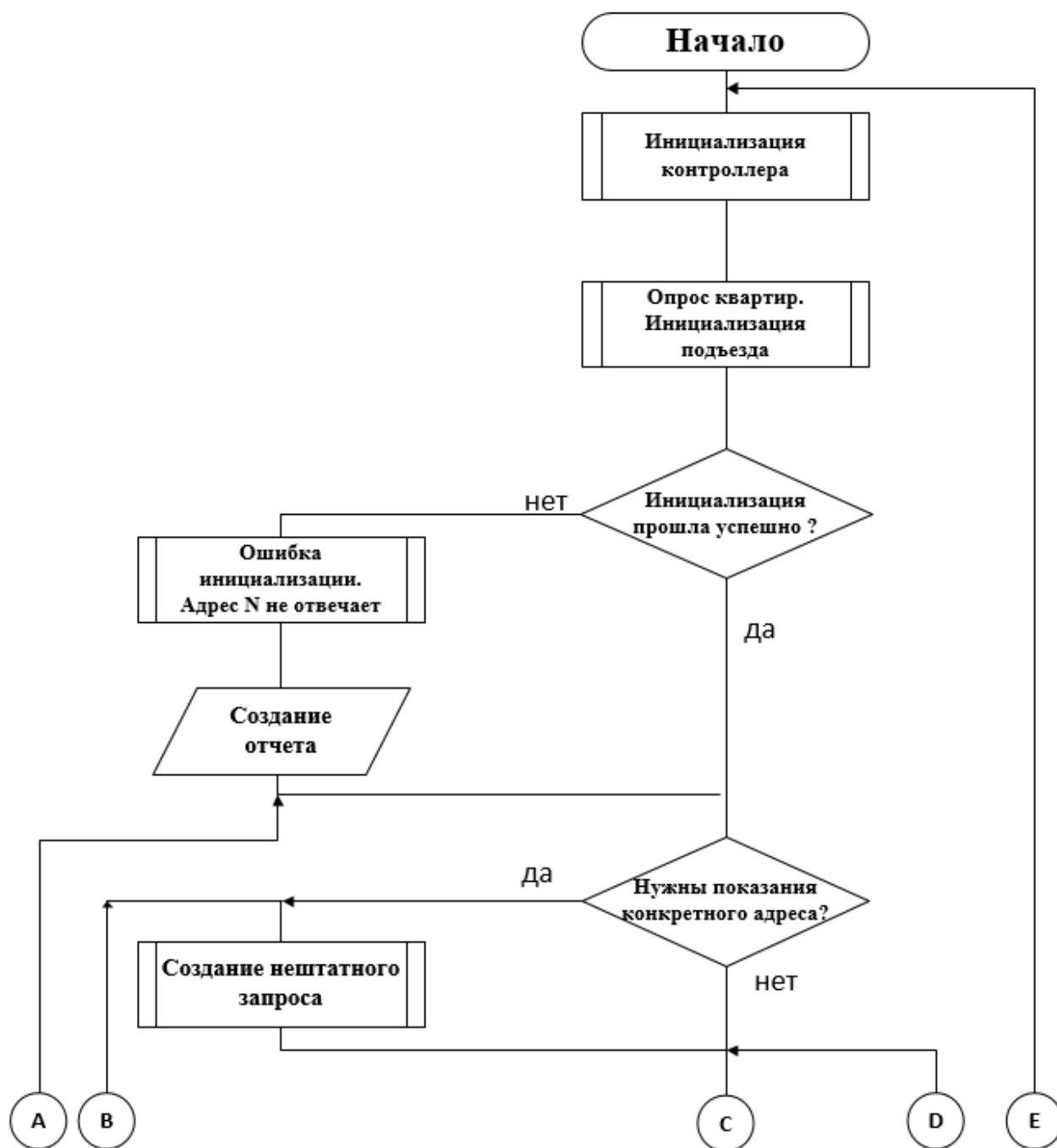


Рисунок 9 — Домовой учет.



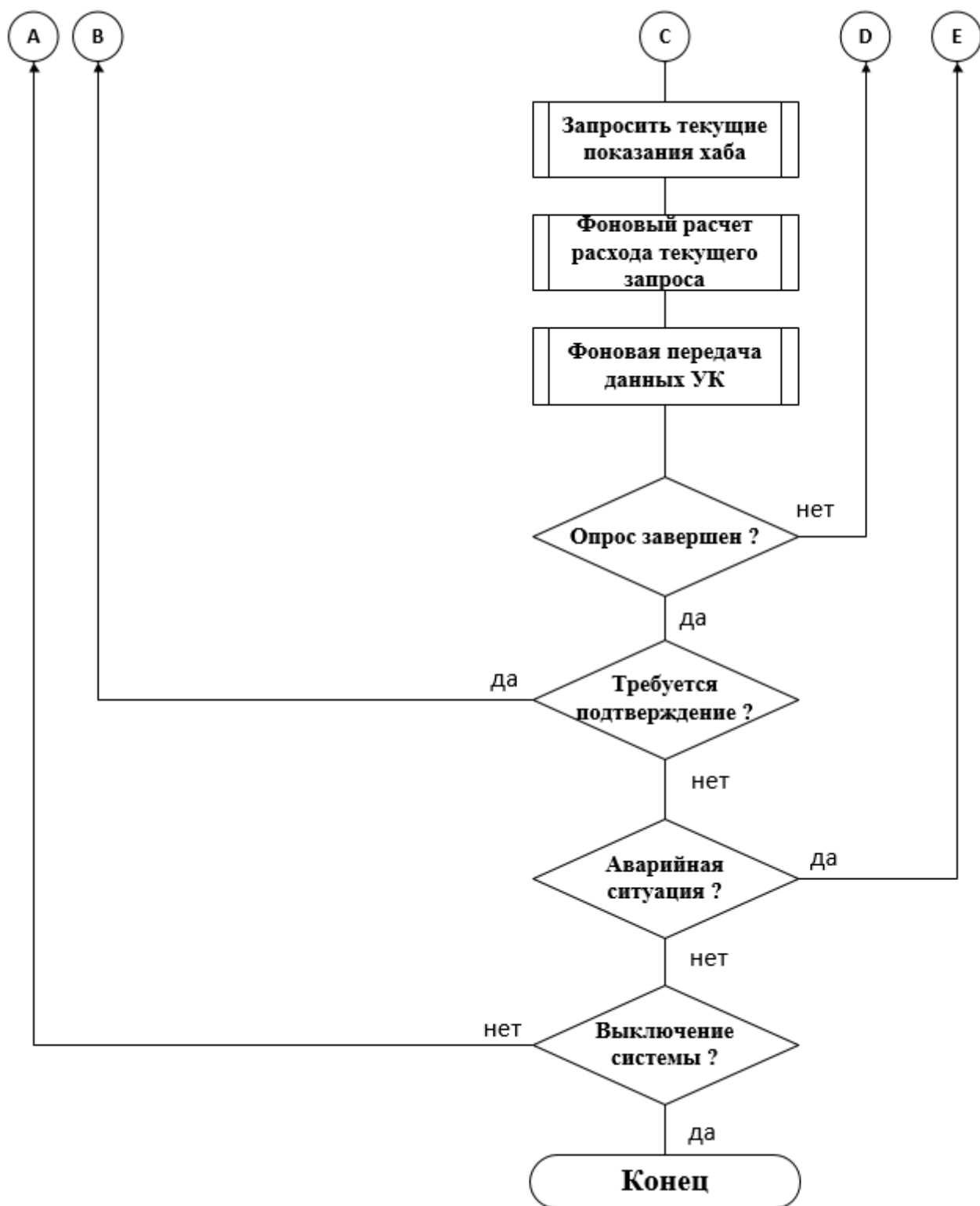


Рисунок 9, лист 2

## 2.4 Решение задачи измерения тепла.

Для измерения тепла в каждой конкретно квартире МКД нужно использовать такой метод, который при учете не будет зависеть от разводки труб теплоснабжения.

В каждой квартире будет установлено по несколько датчиков, по одному на каждую батарею и по одному контрольному датчику в квартире на уровне пола, для измерения разности температур. Датчики подключаются к шине Data2 КВП (рисунок 5 и 6). Зная площадь батарей и разность температуры, можно вычислить величину тепловой энергии [9].

Для определения количества тепла используется закон Ньютона – Рихмана, согласно которому:

$$Q = a \times S \times (T_1 - T_2) \times t, \quad (1)$$

где: Q — количество тепла, использованное потребителем тепла;

a — коэффициент теплоотдачи;

s — площадь поверхности теплоотдачи объекта;

T<sub>1</sub> — температура поверхности теплоотдачи объекта;

T<sub>2</sub> — температура охлаждающей среды;

t — время потребления тепла.

Для расчета расхода тепла, для конкретной квартиры в МКД с любой разводкой труб отопления, сначала вычисляют расход тепла для всего дома, потом смотрят показания на домовом тепловом счетчике.

В ДК хранится вся необходимая для вычислений информация, показания температуры получаются на прямую от датчиков. ПК отправляет ДК с определенными интервалами данные о разности температур. ПК через КВП постоянно регистрирует и записывает показания температуры на поверхности теплоотдачи батарей и охлаждающую температуру (датчик, расположенный у пола).

Узнав расход тепла по дому за определенный промежуток времени (по показаниям домового теплового счетчика), ДК вычисляет средний коэффициент теплоотдачи в системе потребителей тепла. Полученный коэффициент ДК отправляет всем ПК. С помощью этих данных каждый ПК вычисляет расход тепла по конкретной квартире. Необходимая величина вычисляется как произведение среднего коэффициента теплоотдачи по общедомовой системе потребителей тепла и площади теплоотдачи батарей на этом участке, умноженного на разницу температур источника тепла и охлаждающей среды нужной квартиры потребителя и на промежуток времени, за которое был учтен расход тепла по объединенной системе.

Благодаря этому, можно определить потребления тепла в любой необходимой квартире, за необходимый промежуток времени.

На схеме оборудования (рисунок 6) видно, что к домовому контроллеру подключается лишь один счетчик тепла. А из каждой квартиры передаются значения разности температур, передаваемые при помощи КВП к ПК.

Используемый метод расчета затрат тепла энергоносителями предлагает подсчитать следующим образом. Показания отправленные с датчиков к домовому контроллеру о количестве затрат тепла, израсходованное всем домом на определенный промежуток времени, очевидно будет соответствовать суммарным потерям тепла всего дома, включая потери в доме:

$$Q = \sum Q_i, \quad (2)$$

где:  $Q$  — общие потребления теплоэнергии израсходованное всем домом на определенный промежуток времени;

$Q_i$  — потребления теплоэнергии в одной конкретной квартире;

$i=1 - n$ , где  $n$  — количество батарей.

В следствии равенству баланса теплоэнергии, ДК вычисляет средние значение потери теплоэнергии по всему дому, будем использовать следующую формулу:

$$a = \frac{Q}{t \times \sum S_i \times \Delta T_i} \quad (3)$$

где:  $a$  — средние значение потери теплоэнергии;

$S_i$  — площадь батареи в конкретной квартире;

$\Delta T_i$  — разница тепла между батареей и полом;

$t$  — рассчитываемый промежуток.

На основе полученного среднего значения теплоэнергии по целому дому, все ПК вычисляют количество потери теплоэнергии в каждой конкретной квартире определенного подъезда. Для примера для квартиры I потери теплоэнергии за определенный промежуток времени ( $t$ ) составит:

$$Q = a \times S_i \times \Delta T_i \times t. \quad (4)$$

После итоговых расчетов, значение потери тепла по каждой определенной квартире ПК передает ДК.

Основываясь на соотношениях, заметим, что потери тепла пропорционально зависят от площадей энергоносителей и разнице показаний температурных датчиков каждой квартиры.

Данный способ вычисления тепла в квартирах и домах легко можно автоматизировать. В автоматизированной системе имеются аппаратные и программные средства предотвращения возможного несанкционированного доступа к приборам и датчикам.

## **2.5 Вывод по главе**

1. Разработана структурная схема квартирного прибора учета и структура системы сбора данных по дому.

2. Построены алгоритмы функционирования КВП и алгоритм подъездного учета, которые демонстрируют последовательность действий выполняемого квартирным прибором учета, а также общедомовым прибором.

3. Приведен способ измерения тепла, что позволяет перейти к сборке опытного образца и разработки программного обеспечения.

Это позволило перейти к разработке лабораторного стенда.

## **3 Разработка лабораторной модели**

### **3.1 Выбор электронных компонент**

Рассмотрен ряд номенклатурных изделий, производимых по технологии 1Wire.

Среди производителей имеющих большой ряд электронных компонент для сетей 1Wire обработки и сбора данных, является Dallas Semiconductor Inc [10]. На сегодняшний день компания Dallas Semiconductor Inc имеет большой ассортимент элементов систем сбора данных: датчиков, электронных ключей, счетчиков и т.п. работающих по интерфейсу 1Wire. Сеть 1Wire Net (MicroLAN) – оптимальная и дешевая сеть, позволяющая подключать ПК к промышленным контроллерам при помощи преобразователей интерфейса (USB – 1Wire/COM – 1Wire).

Существует три основных сферы для применения однопроводного интерфейса 1Wire:

- специальные приборы в корпусах MicroCAN для работы в сфере идентификации, преобразования или переноса информации (СКУД считыватели протокола Dallas Touch memory);

- программирования ПЗУ и ОЗУ интегрированных компонентов;
- системы автоматизации (технология сетей 1-Wire-сетей).

В передаче данных по средствам 1Wire ведущим является всего один узел, остальные – это ведомые.

Все узлы посредством подключения неэкранированной витой пары образуют шину. Главный узел посредством транзистора с открытым коллектором подключается к шине. Коллекторное сопротивление соединяет шину с источником постоянного напряжения – 5 В. Устройства, контроллер сети и провода – это то, на чем основывается сеть.

Главное преимущество представленной сети – простота управления. Пока к нему не поступит запрос от ведущего узла, никакое сетевое устройство не может передавать данные. Обмен данными возможен только через ведущий узел между устройствами. Типичная диаграмма сигналов со стандартными задержками сети 1-Wire приведена на рисунке 10.



Рисунок 10 — Диаграмма сигналов на шине сети 1-Wire.

Протокол передачи данных 1-Wire разности напряжению на линии, если напряжение  $< 0.8$  В, то это логический ноль, а если напряжение на линии  $> 2,2$  В – то это логическая единица. Для корректной работы линии, на ней должно быть напряжение от 2.8 до 6 В. Оба узла (ведущий, ведомый) обладают

двунаправленными шинными формирователями, но в любой промежуток времени данные по шине могут передаваться только в одном направлении, следовательно, шина 1Wire работает в полудуплексном режиме (последовательные битовые передачи). Целесообразней использовать неэкранированную витую пару для передачи данных по шине.

Ведущий узел поддерживает 5 В на шине во время отсутствия сигнала, соответственно ведомые узлы продолжают получать питание. Импульс более 15 мкс передаст единицу, а импульс в 60 мкс передаст ноль. Нет надобности в передаче синхроимпульса, из-за того, что сами устройства обладают своим генератором, синхронизируемым каждым отрицательным фотонном, поступающим по шине от главного узла.

Сетевой адрес каждого устройства состоит из: 48-бит, забитым в прожигаемом во время производства 64-битном ПЗУ. А адрес самого ПЗУ – это 8-бит (тип), 8-бит циклический контрольный код, составленный по последним 7ми байтам кода.

На рисунке 8 показано, способ передачи данных по шине. Во-первых, импульс сброса отправляется главным узлом составляющий не менее 480 мкс. Каждое устройство правильно регистрирует этот сигнал и сбрасывает внутренние цепи и отвечает по шине импульсом подтверждения. Получив этот сигнал, ведущий узел начинает передачу кода команды адресации, который составляет 8 бит, а также адрес необходимого устройства.

Устройства на шине, чей адрес не совпал с запрашиваемым, логически выключаются от сети. Необходимое устройство получает свой код операции передачи данных и все сопутствующие данные, если необходимо считать это устройство. Далее главный узел повторяет цикл сброса и передает данные уже следующему устройству.

Как упоминалось ранее, все ведомые узлы питаются от шины передачи данных. Таким образом, каждое устройство на этой шине можно представить как на рисунке 11.

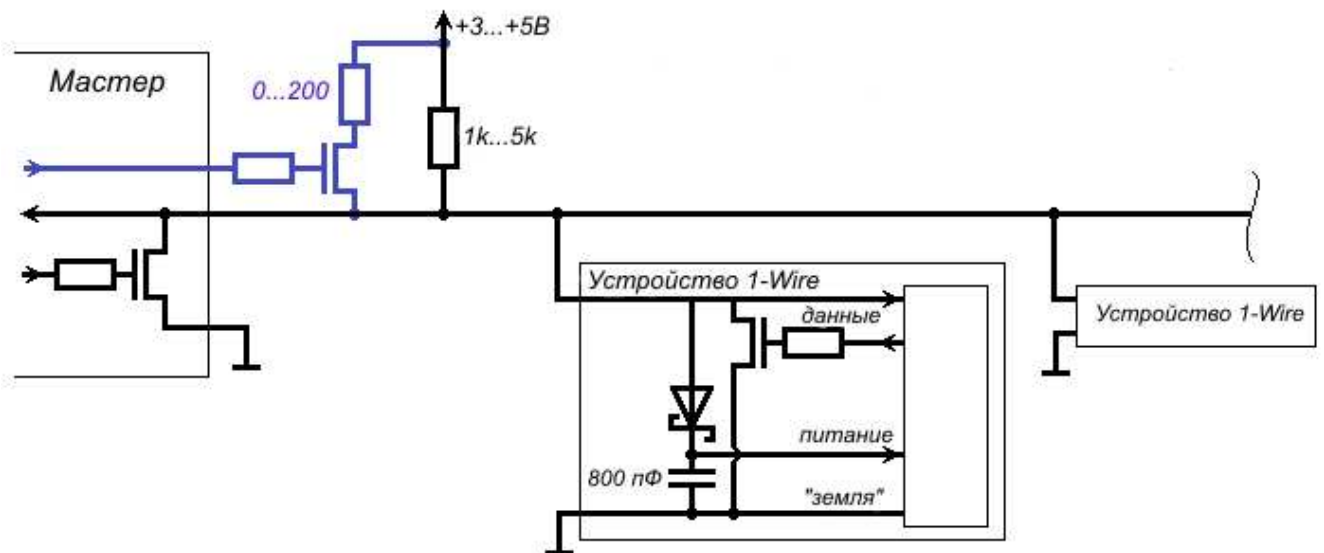


Рисунок 11 — Эквивалентная схема устройства сети 1-Wire.

Пока к прибору на шине никто не обращается, происходит заряд конденсатора 800 пФ. Если вдруг напряжение на шине станет равным нулю, то диод не допустит разрядки конденсатора. Из-за отсутствия отдельного провода питания, шина и получила названия «однопроводная»

Большое значение при прокладке интерфейса 1Wire играет реализация той однопроводной шине данных. Обычно можно выделить три проводника:

- data – линия по которой осуществляется передача данных;
- ret – земля;
- ext\_power – внешнее питание (при необходимости).



Исходя из выбранного способа укладки, контакта с ведомыми приборами и заложенных материалов (таблица 1), есть три основных способа правильно пробросить интерфейс, каждый отличается использованием своей технологии при реализации

Таблица 1 - Линии 1- Wire

Классификация	Топология	Мастер линии	Макс. количество устройств на шине	Используемый кабель	Макс. длина, м
Длинные линии	Общая шина с единым стволом	Активная подтяжка с учетом тока в линии	300	IEEE1394 (Firewire)	300
Средние линии	Общая шина	Активная подтяжка (DS2480, DS2490 или специальное схемное решение)	200	Кабель 5-й категории	100
Короткие линии	Свободная	Пассивная подтяжка (резистор)	50	4-х жильный (телефонный)	30

При организации либо слишком длинных, либо слишком специфических сетей, возможно придется уменьшать длину сети или понижать электрическую нагрузку благодаря уменьшению одновременно активных в шлейфе приборов. Для этого можно использовать ветвление. Реализовать это можно при помощи DS2406 (обычный ключ) или же ветвиться DS2406, который осуществляет коммутацию дальше по шине, тем самым уменьшая количество одновременно подключенных приборов.

### 3.2 Компоненты квартирного прибора учета

Исходя из анализа компонентов, произведенных компанией Dallas, возможно спроектировать и собрать АСУЭ для МКД используя датчики и счетчики производства Dallas. Также данные компоненты поддерживают необходимый интерфейс (1Wire). А именно, будут использованы следующие приборы: цифровой температурный датчик, импульсные счетчики для воды и газа, также ПЗУ для программирования выполняемых задач КВП.

Главный модуль проектируемой системы, приведенного на рисунке 6, является КВП, функция которого заключается в вычислении разницы тепловых показаний, а также сбор и обработка данных, полученных со счетчиков газа, электричества и воды.

Основной домовой контроллер функционирует в двух режимах: автономном и режиме удаленного доступа. В режиме удаленного доступа контроллер управляется командами, поступающими с внешней линии через модем. В автономном режиме контроллер осуществляет управление контроллерами подъездов, протоколирование и передачу информации по запросам через модем.

В таблице 2 представлен ассортимент продукции производимой компанией Dallas Semiconductor Corp., для организации устройств сбора и обработки информации на основе сети 1 – Wire.

Таблица 2 - Компоненты 1 – Wire.

Тип	Описание	Особенности
DS9503	диод электростатической защиты с резистором	-
DS9502	диод электростатической защиты	-
DS2770	Контроллер заряда и монитор батареи	Измерение температуры с разрешением 0.125°C 16 байт памяти SRAM общего назначения

Окончание таблицы 2.

Тип	Описание	Особенности
DS2761	Высокопрецизионный контроллер Li+ батареи	16 байт памяти SRAM общего назначения
DS2740	Высоко точный измеритель заряда	-
DS2890	цифровой потенциометр	-
DS2506	EPROM с однократной записью	65536 бит EPROM
DS2505	EPROM с однократной записью	16384 бит EPROM
DS2502	EPROM с однократной записью	1024 бит EPROM
DS2490	преобразователь USB в 1-Wire сеть	-
DS2450	четырёхканальный АЦП	-
DS2433	1-Wire EEPROM	4096 бит EEPROM
DS2430A	1-Wire EEPROM	256+64 бит EEPROM
DS2423	1-Wire RAM with Counters	4096 бит RAM
DS2502	EPROM с однократной записью	1024 бит EPROM
DS2417	часы реального времени с прерыванием	-
DS2406	Сдвоенный адресуемый ключ с памятью	1024 бит EPROM
DS2405	Адресуемый ключ	-
DS2404	Двухпортовое ОЗУ + часы	4096 бит RAM
DS2401	Кремниевый серийный номер	-
DS18S20	Высокоточный цифровой термометр	точность 0.5 C, 16 бит EEPROM
DS18B20	Цифровой термометр с программируемым разрешением	точность 0.5 C, 24 бит EEPROM
DS1822	Цифровой термометр с программируемым разрешением	точность 2.0°C

Проведенный анализ позволил выбрать устройства необходимые для реализации поквартирного прибора учета:

- сетевой хаб – DS2409;

- двухпортовое ОЗУ с функциями счета – DS2423;
- энергонезависимое ПЗУ – DS2433;
- датчики температуры – DS1820.

### **3.3 Подъездный и домовый контроллеры.**

При анализе и выборе управляющего контроллера были сформулированы основные требования к выбираемому устройству:

- однотипные контроллеры для подъездного и домового управления;
- промышленный контроллер;
- наличие интерфейсов RS 485/RS 232;
- наличие дополнительных пользовательских линий ввода/вывода;
- поддержка SCADA (учитываются возможности создания мощного программного обеспечения);
- наличие таймера реального времени;
- достаточная вычислительная мощность;
- низкая стоимость;
- нечувствительность к питающему напряжению;
- функции защиты от перебоев по питанию.



- COM3: RS-232;

- COM4: RS-232.

Индикатор: светодиодный 5-разрядный семисегментный.

Питание: +10...+30В.

Потребляемая мощность: 2.2 Вт максимум.

Рабочая температура: от -20°C до +70°C.

### 3.4 Разработка лабораторного стенда.

В качестве лабораторного демонстратора реализована работа подъездного контроллера, которая способна продемонстрировать все основные варианты взаимодействия подъездного, домового, и квартирного контроллера.

Были подключены: датчик температуры, жидкокристаллический индикатор и имитатор силовой схемы управления задвижкой.

На рисунке 13 приведен лабораторный макет системы, на котором демонстрируется механизм частичного перекрытия отопления исходя из показаний датчика температуры и заданной в программном обеспечении значение температуры, при котором должно произойти перекрытие трубы.

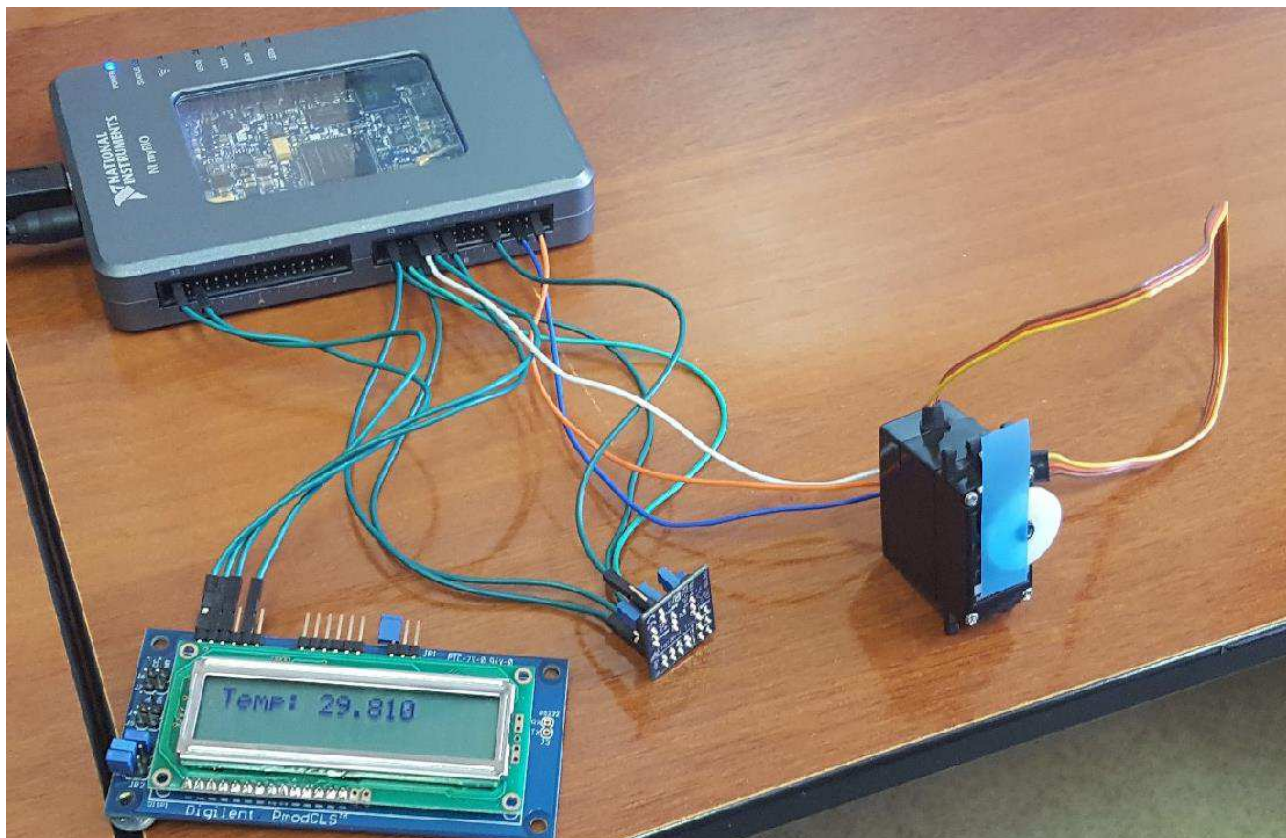


Рисунок 13 — Лабораторный стенд

На рисунке 14 приведен интерфейс разработанного программного обеспечения в среде NI LabView 2015:

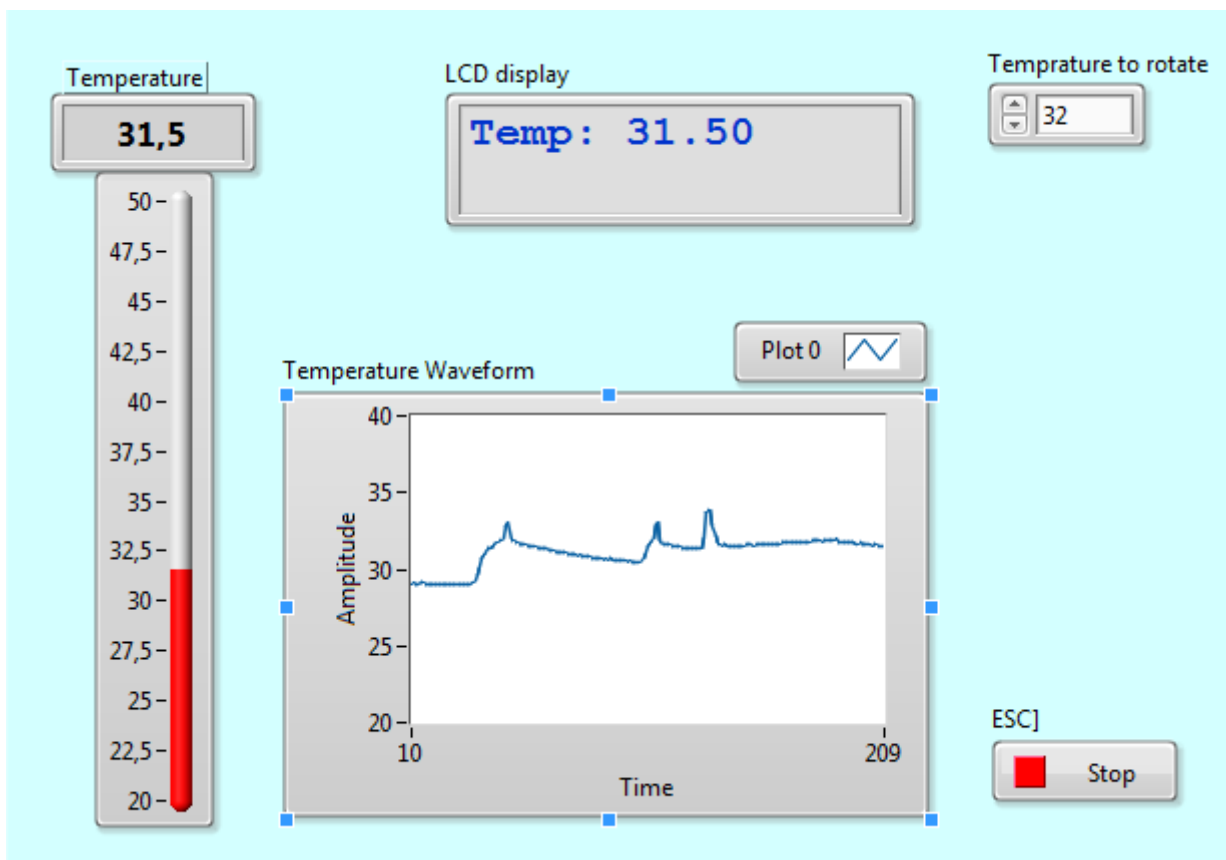


Рисунок 14 — Интерфейс заработанного программного обеспечения.

### 3.5 Вывод по главе

1. В ходе анализа комплектующих, подходящих под техническое задание, был выбран необходимый аппаратный состав, а также используемые протоколы передачи информации.

2 Собран лабораторный стенд для тестирования функциональных возможностей, а именно контроль тепловой энергии и горячей воды в помещении.

3 Проведено тестирование лабораторного стенда.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы вследствие изучения предметной области, разработана система контроля и учета энергоресурсов в жилом помещении. Которая должна вести учет по каждой квартире в многоквартирном доме, рассчитывать и передавать в управляющую компанию показания. Также есть возможность автоматической регулировки отопления.

Были выбраны аппаратные средства для создания лабораторного стенда, для последующей сборки и демонстрации работы системы. В пояснительной записке описан программно-аппаратный инструментарий, использованный для проектирования системы.

На основании проведенных экспериментов сделан вывод, что данная система на сегодняшний день является актуальной. Кроме того разработка подобных систем довольно гибко и позволяет подстраивать системы под разные нужды и условия работы. Именно поэтому есть еще очень много пространства для доработки и совершенствования системы.



## Список использованных источников

1. Закон об энергосбережении в жилых домах [Электронный ресурс]: Официальный сайт системы безопасного учета энергоресурсов в многоквартирных домах. – Режим доступа : <https://uchet-jkh.ru/publikacii/zakon-ob-energoberejenii-v-jilyh-domah.html>
2. Закон об отоплении многоквартирных домов [Электронный ресурс]: ПравоБест юридические услуги и документы. – Режим доступа: <http://royallawyer.ru/zakon-ob-otoplenii-mnogokvartirnyh-domov-2017-46186/>
3. Тарифы на электроэнергию для населения России на 2019 год [Электронный ресурс]: Электроэнергетика, нефть, газ, сайт для поставщиков. - Режим доступа: <https://energybase.ru/tariff/electricity/2019>
4. «В Красноярске предложили платить за тепло по факту» [Электронный ресурс]: Новостной портал Красноярского края. – Режим доступа: <https://dela.ru/news/238469/>
5. АСКУЭ – Учет энергоресурсов ЖКХ – АСКУЭ [Электронный ресурс]: Официальный сайт НВП «БОЛИД». – Режим доступа: <https://resurs.bolid.ru>
6. Комплексы устройства телемеханики «ТЕЛЕКАНАЛ» [Электронный ресурс]: Официальный сайт ЗАО «Системы связи и телемеханики». – Режим доступа: [http://ctsspb.ru/userfiles/file/Telekanal%20rus%20doc/RE\\_M\\_izm5.pdf](http://ctsspb.ru/userfiles/file/Telekanal%20rus%20doc/RE_M_izm5.pdf)
7. Общая информация о АСОДУЭ «Телеканал» [Электронный ресурс]: Автоматизированные системы и комплексы коммерческого учета электроэнергии. Системы связи и телемеханики. АИИС, КУЭ, АСКУЭ (АИИСКУЭ). – Режим доступа: <http://ctsspb.ru/>
8. АСОДУЭ «@JUST-Energy@» [Электронный ресурс]: Официальный сайт «Технолинк». – Режим доступа: <http://technolink.spb.ru>
9. Теплопроводность [Электронный ресурс]: И.В. Яковлев / «Материалы по физике». – Режим доступа: <http://mathus.ru/phys/newrilaw.pdf>

10. Интерфейс 1-Wire [Электронный ресурс]: Сайт по электронике и электротехнике «Радиокот». – Режим доступа: <https://www.radiokot.ru/articles/13/>

11. Концепция энергосбережения и повышения энергетической эффективности в муниципальных учреждениях муниципального образования [Электронный ресурс]: Энерго, энергоэффективность, энергосберегающие технологии. – Режим доступа: <http://www.energsovet.ru/npb1178.html>

12. Энергосбережение и энергоэффективность в Бюджетной сфере [Электронный ресурс]: Административный сайт энергетики республики. – Режим доступа: <http://energsovet18.ru/energsovetberezhenie/propaganda/publikaczii/energsovetberezhenie-i-energoeffektivnost-v-byudzhetnoj-sfere-ur.html>

13. Современная энергетика, ее проблемы и перспективы развития в научных проектах школьников [Электронный ресурс]: Российская академия естествознания. – Режим доступа: <https://www.expeducation.ru/ru/article/view?id=9377>

14. Лекция «Современная энергетика и ее перспективы» [Электронный ресурс]: Культура РФ. Портал культурного наследия, традиций народов России. – Режим доступа: <https://sochisirius.ru/obuchenie/project/smena110/480>

15. Современная энергетика – Большая энциклопедия Нефти и Газа [Электронный ресурс]: Большая энциклопедия нефти и газа. – Режим доступа: <https://www.ngpedia.ru/id617403p1.html>

16. Считывание показаний счетчиков с помощью 1-Wire и Raspberry Pi [Электронный ресурс]: Дом в проводах. Умный дом своими руками. - Режим доступа: <http://dom-v-provodah.ru/post/50>

17. Домашняя автоматизация [Электронный ресурс]: крупнейший в Европе ресурс для IT-специалистов, издаваемый компанией «ТМ». – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/194402/>

18. Проектирование АСДУ [Электронный ресурс]: Официальный сайт ООО «СМИС-Эксперт». – Режим доступа: <http://www.smis-expert.com/pages/uslugi/proektirovanie/proektirovanie-asdu.html>

19. Создание АСКУЭ [Электронный ресурс]: Официальный сайт «ЭАК» энергоаудитконтроль. – Режим доступа <http://www.ackye.ru/activities/sozдание-askue/>

20. Перспективы развития АСКУЭ [Электронный ресурс]: Официальный сайт Астра-Энергоучет. – Режим доступа: <http://www.astraelectra.ru/perspektivi-razvitiya-astra-electroucheta.aspx>

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Космических и информационных технологий  
институт

Вычислительная техника  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
О.В.Непомнящий  
подпись      инициалы, фамилия  
«01»      08 2019 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

09.03.01 Информатика и вычислительная техника  
код и наименование направления

Автоматизированная система контроля и учета энергоресурсов жилого  
помещения  
тема

Пояснительная записка

Руководитель

  
подпись, дата  
01.07.19.

профессор, зав. каф. ВТ,

канд.техн.наук  
должность, ученая степень


О.В.Непомнящий  
инициалы, фамилия

Выпускник

  
подпись, дата  
01.07.19.

Д.О. Белянин  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

  
подпись, дата  
02.07.19

доцент, канд.техн.наук  
должность, ученая степень

В.И. Иванов  
инициалы, фамилия

Красноярск 2019