

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

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Режимы работы электрических источников питания, подстанций, сетей и систем  
(направленность (профиль))

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Автоматизация учета потребления энергоресурсов жилого комплекса»

Студент(ка)

С.Г. Мартынова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный  
руководитель  
Консультанты

А.Н. Черненко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы д.т.н., профессор В.В. Вахнина

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Тольятти 2016

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Введение   | 3  |
| 1 Анализ обобщенной структуры систем АИИСКУЭ и характеристика объекта автоматизации                  | 8  |
| 1.1 Характеристика объекта автоматизации   | 8  |
| 1.2 Структура АИИСКУЭ города   | 10 |
| 1.3 Жилой сектор (частные дома, коттеджные поселки)  | 12 |
| 1.4 Мелкомоторный сектор   | 15 |
| 1.5 Промышленные предприятия   | 15 |
| 2 Выбор наиболее рационального варианта АИИСКУЭ жилого комплекса                                     | 20 |
| 2.1 Автоматизация контроля и учета электропотребления жилого дома на базе АИИСКУЭ «Текон-Автоматика» | 20 |
| 2.2 Автоматизация контроля и учета электропотребления жилого дома на базе АИИСКУЭ «МЗЭП-Энергия»     | 28 |
| 2.3 Автоматизация узла учета тепловой энергии  | 32 |
| 3 Оценка экономической эффективности внедрения АИИСКУЭ   | 67 |
| 3.1 Расчет капитальных вложений  | 70 |
| 3.2 Укрупненный расчет годовых эксплуатационных расходов   | 72 |
| 3.3 Расчет отчислений в ремонтный фонд   | 82 |
| 3.4 Расчет отчислений на охрану труда и технику безопасности   | 83 |
| 3.5 Составление годовой сметы затрат на ремонт и эксплуатацию  | 83 |
| Заключение   | 92 |
| Список использованных источников   | 94 |

## Введение

Автоматизированный учет электроэнергии и других ресурсов – это важная мера для оптимизации потребления, снижения потерь и увеличения экономической эффективности. Создание АИISKУЭ позволяет успешно решать такие задачи, как обеспечение достоверности и оперативности учета электроэнергии, автоматизация расчетов между поставщиками и потребителями, выявление потерь электроэнергии на определенных участках, многотарифный учет, хранение и обработка данных [3-5, 10].

Проанализировав данные учета на промышленном объекте или в жилом комплексе, можно обнаружить попытки хищения электроэнергии. Это поможет существенно снизить уровень потерь электроэнергии.

Каждый год увеличивается расход электроэнергии на бытовые нужды и растет количество бытовой техники в квартирах населения. Ввод новых генерирующих мощностей сопряжен с огромными финансовыми затратами. Поэтому энергосбережение становится одной из актуальнейших задач.

Каждый рубль, потраченный на энергосберегающие мероприятия, связанные с экономией электрической энергии, приводит к такому же эффекту, как два рубля, потраченные на увеличение генерирующих мощностей [14, 22]. На фоне продолжающегося и усугубляющегося экономического кризиса в нашей стране, при постоянном росте цен на импортное оборудование и комплектующие вопросы энергосбережения выходят на передний план. Коммунально-бытовое хозяйство в наши дни является одним из крупных потребителей топлива и электрической энергии, всего на него приходится примерно 20% топливно-энергетических ресурсов. Годовое электропотребление в жилом секторе превышает на сегодняшний день 100 млрд. кВт·ч или около 8% всей электроэнергии, вырабатываемой в стране, что в пять раз превышает производство электроэнергии за год Братской гидроэлектростанцией; из них примерно 40% электрической энергии расходуется на электробытовые приборы, приблизительно 30% на

электрическое освещение, а более чем 12% расходуется на приборы для приготовления пищи.

На рисунке 1 показано распределение потребления электроэнергии по отраслям за 2015 год.



Рисунок 1 - Распределение потребления электроэнергии по отраслям за 2015 год

Самыми крупными потребителями электроэнергии в коммунально-бытовом хозяйстве являются жилые дома. В них ежегодно расходуется в среднем 400 кВт\*ч на человека, из которых примерно 280 кВт\*ч потребляется внутри квартиры на освещение и бытовые приборы различного назначения и 120 кВт\*ч – в установках инженерного оборудования и освещения общедомовых помещений. Внутриквартирное потребление электроэнергии составляет примерно 900 кВт\*ч в год в расчёте на «усреднённую» городскую квартиру с газовой плитой и 2000 кВт\*ч – с электрической плитой. Среднее потребление электроэнергии бытовыми приборами (из расчёта на семью из 4 человек) приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Потребление электрической энергии бытовыми электроприемниками

| Электроприемник                   | Руст, кВт | Годовой расход электроэнергии, кВт·ч | Годовое время работы прибора, часов |
|-----------------------------------|-----------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Электрическая плита               | 5,8       | 8120                                 | 1400                                |
| Холодильник с морозильной камерой | 0,15      | 450                                  | 3000                                |
| Телевизор                         | 0,2       | 300                                  | 1500                                |
| Пылесос                           | 0,6       | 60                                   | 100                                 |
| Утюг                              | 1         | 200                                  | 200                                 |
| Стиральная машина                 | 0,35      | 42                                   | 120                                 |

Количество потребляемой электроэнергии неуклонно растет. Загрузка генераторов электростанций приближается к максимальной особенно в зимнее время года в часы максимума нагрузки 8-10 и 17-21 час. При этом до 20% электрической энергии бытовые потребители расходуют нерационально.

Доступность электрической энергии создала у людей впечатление о безграничности энергоресурсов и отсутствии необходимости их экономии.

В постановлении Правительства РФ №442 от 04.05.2012 «О функционировании розничных рынков электрической энергии...» четко определены классы точности для приборов учета (ПУ).

Согласно п. 138 из Постановления №442 граждане (физические лица) для учета потребляемой электрической энергии обязаны использовать приборы учета класса точности 2,0 и выше. На вводах многоквартирных жилых домов

должны использоваться приборы учета класса точности 1,0 и выше. Согласно п. 138 из Постановления №442 потребители с мощностью до 670 кВт при классе напряжения до 35 кВ включительно, также должны использоваться приборы учета класса точности 1,0 и выше. Потребители электроэнергии мощностью до 670 кВт напряжением 110 кВ и выше должны иметь электросчетчики с классом точности 0,5S и выше.

Потребители электроэнергии мощностью выше 670 кВт независимо от класса напряжения должны иметь расчетные электросчетчики с классом точности 0,5S и выше, но с возможностью замеров часовых объемов потребления и хранения их более 90 суток, или же подключенные в автоматизированную систему учета АСКУЭ (АСТУЭ).

При этом приборы учета класса точности ниже, чем указан в п. 138 Постановления №442, используемые гражданами в момент вступления в силу Постановления №442, могут использоваться гражданами-потребителями до истечения нормативного срока их эксплуатации.

Если по договору необходимо учитывать не только активную мощность, но и реактивную, то счетчики реактивной мощности должны иметь класс точности на одну ступень ниже, чем активные, но не ниже 2,0.

Класс точности (КТ) электросчетчика - это максимально-допустимая погрешность при измерении электрической энергии, которая выражается в процентах. Например, счетчик с классом 2,0 должен иметь погрешность не более  $\pm 2\%$ .

Под гражданами-потребителями понимаются физические лица, проживающие в своих квартирах, частных домах, коттеджах. В этих помещениях не ведется никакой предпринимательской или производственной деятельности.

Таким образом, для учета потребления электроэнергии в квартирах должны использоваться счетчики класса точности 2,0 и выше, в торгово-офисных помещениях счетчики класса точности 1,0 и выше, на вводе в жилой дом счетчики класса точности 1,0 и выше.

В состав средств автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии (АИИСКУЭ) входят [6-7]:

1) счетчики электрической энергии, способные передавать измеренные величины;

2) устройства сбора и передачи данных (УСПД), которые выполняют сбор, первичную обработку, хранение и передачу данных по внешним каналам связи в центры сбора и обработки информации (ЦСиОИ);

3) технические средства передачи данных от УСПД до ЦСиОИ, включая линии связи, модемы и т.д.;

4) вычислительные средства в ЦСиОИ для обработки поступающей информации и обмена ею между различными уровнями иерархии АИИСКУЭ.

Цель работы: повысить рентабельность объекта автоматизации.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- анализ обобщенной структуры систем АИИСКУЭ и характеристика объекта автоматизации;
- выбор наиболее рационального варианта АИИСКУЭ жилого комплекса;
- оценка экономической эффективности внедрения АИИСКУЭ.

# 1 Анализ обобщенной структуры систем АИИСКУЭ и характеристика объекта автоматизации

## 1.1 Характеристика объекта автоматизации

Объектом автоматизации учета электроэнергии была выбрана первая очередь жилого комплекса «Парковый». Первая очередь жилого комплекса «Парковый» представляет собой дом переменной этажности со встроенно-пристроенными нежилыми помещениями поз.16, который расположен южнее ул. Банькина в Центральном районе г.Тольятти. В восточном и южном направлении участок застройки ограничен лесным массивом, с севера улицей Банькина; с запада - территорией ЗАО «Тольяттистройзаказчик».

Расположение жилого комплекса «Парковый» показано на рисунке 2.

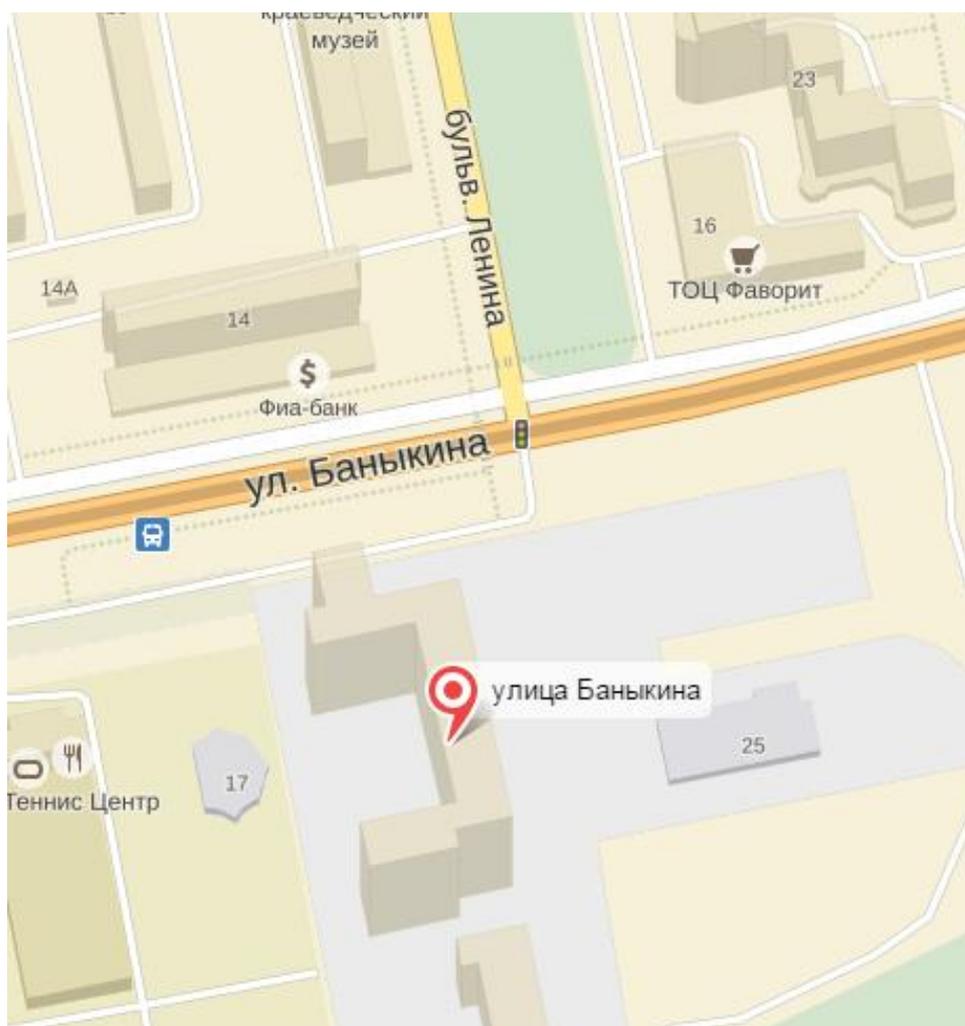


Рисунок 2 – Расположение жилого комплекса «Парковый»

В данный момент завершается I этап строительства жилого дома поз.16, расположенного в Центральном районе г. Тольятти на южной стороне улицы Баныкина на пересечении с бульваром Ленина - со стороны леса. Дом переменной этажности 18, 12, 9, 7 этажей, состоит из 5 подъездов.

Микрорайон, где строится жилой комплекс, обладает полностью развитой инфраструктурой: школы, д/сады, поликлиника, хорошая транспортная развязка.

Рядом располагаются спортивные и развлекательные сооружения: теннисные корты ОК «Тольятти Теннис Центр», аквапарк «Аква Лэнд», где можно воспользоваться услугами, открытого плавательного бассейна с водопадом и комплексом гидромассажа, детский плавательный бассейн, водные горки, площадки для игры в пляжный теннис, пляжный волейбол, аттракцион «мокрый футбол», кафе-бар, детский городок и др.

Срок сдачи дома и получения разрешения на ввод объекта в эксплуатацию I полугодие 2016г., конструкции дома выполнены из монолита, кирпичные стены, квартиры будут передаваться без отделки, с установкой приборов учета холодной и горячей воды, тепла, электросчетчиков., окна – 2-х камерные стеклопакеты, лоджии и балконы остеклены алюминиевым профилем, входная дверь – металлическая, полностью выполняется электроразводка по квартире и система отопления.

На первых этажах и в цоколе будут размещаться офисные помещения.

Система комплексного благоустройства предусматривает проезды для подъезда к жилому дому и пешеходные тротуары. Тупиковые проезды имеют разворотные площадки, что обеспечивает возможность разворота пожарных и мусоросборных автомобилей. Предусмотрена детская игровая площадка. Площадка оборудуется соответствующими элементами малых архитектурных форм.

Предусмотрено озеленение участков, свободных от застройки.

Земельный участок принадлежит Застройщику на праве аренды на основании договора аренды земельного участка № 2139 от 05.02.2010 г.,

заключенный с мэрией городского округа Тольятти. Общая площадь земельного участка 44133 кв.м, кадастровый номер земельного участка 63:09:0000000:783.

В основу конструктивной схемы 7-9-9-12-18 этажных блоков жилого дома заложен монолитный железобетонный каркас с монолитными железобетонными перекрытиями, монолитные железобетонные стены лестничных клеток и лифтовых шахт, самонесущие наружные стены с поэтажным опиранием на перекрытия.

Фундаменты под 18-этажный блок – плита на сваях; под 7-9-9-12-этажные блоки - железобетонные ростверки на сваях. Кровля с внутренним водостоком.

Жилой дом 5-ти подъездный: в каждом подъезде предусмотрены лестничная клетка, лифты, мусоропровод.

Жилой дом оборудуется всем необходимым инженерным оборудованием и коммуникациями в соответствии с действующими нормами и правилами.

Всего в жилом доме предусмотрено 260 квартир общей площадью 18110 м<sup>2</sup>, а также 11 офисных помещений общей площадью 1081 м<sup>2</sup>.

## **1.2 Структура АИИСКУЭ города**

Структурно АИИСКУЭ города (рисунок 3) должна представлять собой три уровня сбора и передачи данных и центр сбора и обработки информации [9, 11-12]:

1. Верхний уровень – уровень сбора и передачи данных от приборов учета на границах раздела с поставщиками электроэнергии.
2. Средний уровень – уровень сбора и передачи данных от балансовых приборов учета РП, ТП.
3. Нижний уровень – уровень сбора и передачи данных от приборов учета потребителей.
4. Центр сбора и обработки информации.

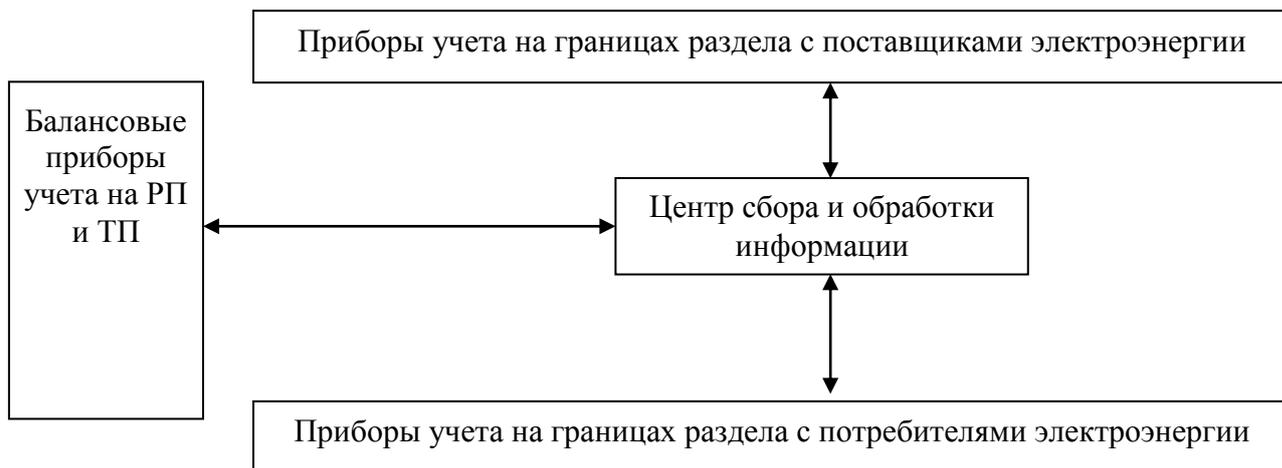


Рисунок 3 - Структурная схема автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии города

На рисунке 4 представлена структурная схема Центра сбора и обработки информации.

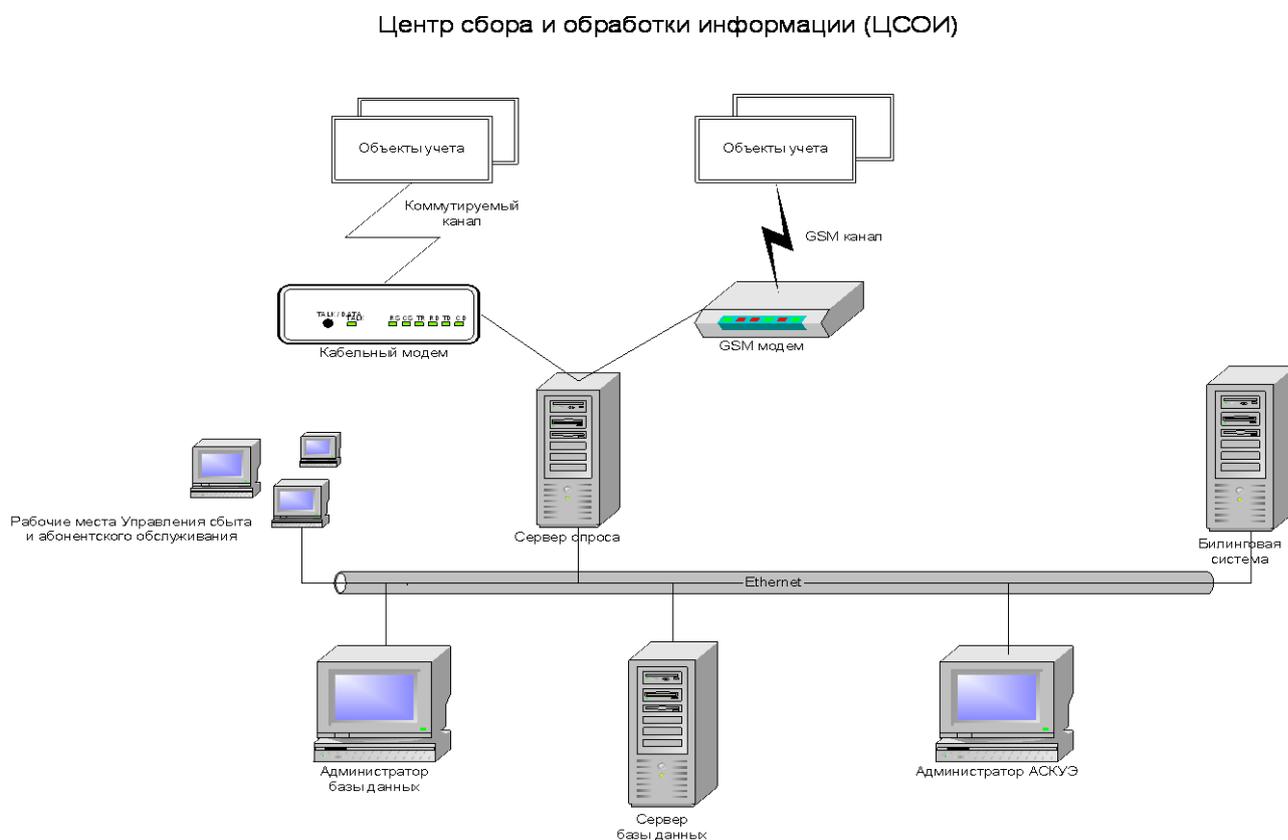


Рисунок 4 - Структурная схема Центра сбора и обработки информации

Все потребители электроэнергии могут быть разбиты на группы:

- Жилой сектор (многоэтажная застройка)
- Жилой сектор (частные дома, коттеджные поселки)
- Мелкомоторный сектор
- Промышленные предприятия

### **1.3 Жилой сектор (частные дома, коттеджные поселки)**

Наибольшее количество хищений происходит в домах частной застройки. Основные технические недостатки существующей системы построения распределительных сетей:

- приборы учета установлены в помещениях;
- проводка от изоляторов, установленных на зданиях, до узлов учета зачастую скрыта;
- линии, питающие строения, выполнены голыми проводами;
- счетчики подключены неверно и при использовании «хорошего» контура заземления не только позволяют пользоваться электроэнергией безучетно, но и «отматывать» показания счетчика назад;
- возможно использование скрытых безучетных розеток.

Надеяться сегодня на наличие пломбы госповерителя на счетчике и пломб энергоснабжающей организации на крышке клеммника счетчика вообще наивно, а верить классу точности счетчика безрассудно, даже если он опломбирован.

Рассмотрим существующее положение с правовой точки зрения. Статья 25 Конституции – Основного закона РФ – гласит: «Жилище неприкосновенно. Никто не вправе проникать в жилище против воли проживающих в нем лиц иначе как в случаях, установленных федеральным законом, или на основании судебного решения».

Отсюда вывод: гражданин имеет право не допустить инспектирующее лицо в свой дом. Любые другие правила, в том числе «Правила пользования электрической энергией» противоречат Конституции и могут не выполняться, а прекратить подачу электроэнергии потребителю невозможно согласно ст. 546 ГК РФ.

Таким, образом, те действия по отключению коммунальных и сельских неплательщиков, которые энергоснабжающие организации, часто производят, противозаконны. Подобное допустимо делать только по решению суда или выполняя предписание Ростехнадзора.

Отсюда можно сделать единственно правильный вывод – узел учета должен быть установлен вне жилья: или на стене здания, или на отдельной стойке. На мой взгляд, узел учета должен быть определенной конструкции и оборудован, кроме прибора учета – счетчика, и другими приборами, которые позволяют решить ряд вопросов.

Узел учета должен закрываться на спецзамок и пломбироваться. В нем должен находиться вводной автомат для защиты питающей сети и ограничения нагрузки. В качестве вводного провода следует применять только самонесущий изолированный провод. Стойка или сам узел учета должен иметь повторное заземление, нулевой провод должен также повторно заземляться. При такой схеме организации учета производить любые манипуляции по изменению схемы подключения счетчика практически невозможно.

В шкафу узла учета должен быть установлен электронный счетчик с импульсным выходом и контроллер, который по сети 0,4 кВ передает информацию на ТП-6(10)/0,4 кВ. Контроль открытия и закрытия узла учета должен производиться при помощи герконного реле и заноситься в память независимо от положения вводного автомата. Таким образом, независимо от наличия или отсутствия пломб, информация об открытии узла учета будет фиксироваться без возможности её изъятия.

Типовое решение АИИСКУЭ для данного типа потребителей представлено на рисунке 5.



Рисунок 5 - Структурная схема АИISKУЭ жилого сектора (частные дома, коттеджные поселки)

Принципиальным отличием от предыдущей группы потребителей является то, что счетчик электроэнергии вместе с устройством отключения и электросиловым модемом монтируются в отдельном шкафу с классом защиты не хуже IP65. Шкаф устанавливается на электрической опоре (столбе) рядом с домом. Данные со счетчиков передаются по сети 0,4 кВ на ЛБСД, расположенный в ТП. Оттуда по GSM-каналу данные передаются в Центр сбора и обработки информации (ЦСОИ).

#### **1.4 Мелкомоторный сектор**

К данному типу потребителей относят обычно различные киоски, небольшие магазины, кафе, парикмахерские и другие небольшие предприятия. Для группы мелкомоторных потребителей питающихся от одной ТП и территориально расположенных недалеко друг от друга, наиболее экономичным, является применение системы автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии «Континиум» с передачей информации по силовой цепи (PLC-технологии). Для отдельно стоящих, удаленных объектов лучший способ передачи информации - GSM-модем. Причем наиболее интересным и перспективным является счетчик со встроенным GSM-модемом и устройством отключения/включения нагрузки.

#### **1.5 Промышленные предприятия**

Данный вид потребителей характеризуется тем, что их энергоснабжение осуществляется по сетям 6 или 10 кВ. Приборы учета расположены на границе балансовой принадлежности (обычно на РП). Учет таких потребителей удобнее всего реализовать путем внедрения автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии на РП. На всех фидерах РП (входящих и отходящих) устанавливаются счетчики. Причем на

фидерах, к которым подключены потребители, устанавливаются микропроцессорные счетчики (типа ЦЭ6850М-Ш31), а на остальных для технического учета можно устанавливать счетчики с телеметрическим выходом (типа СЕ301-S31). Данные со всех счетчиков по интерфейсу RS-485 собираются в УСПД расположенному на том же РП, а оттуда по GSM-каналу или коммутируемому телефонному каналу поступают в Центр сбора и обработки информации (ЦСОИ). Пример такого решения приведен на рисунке 6.

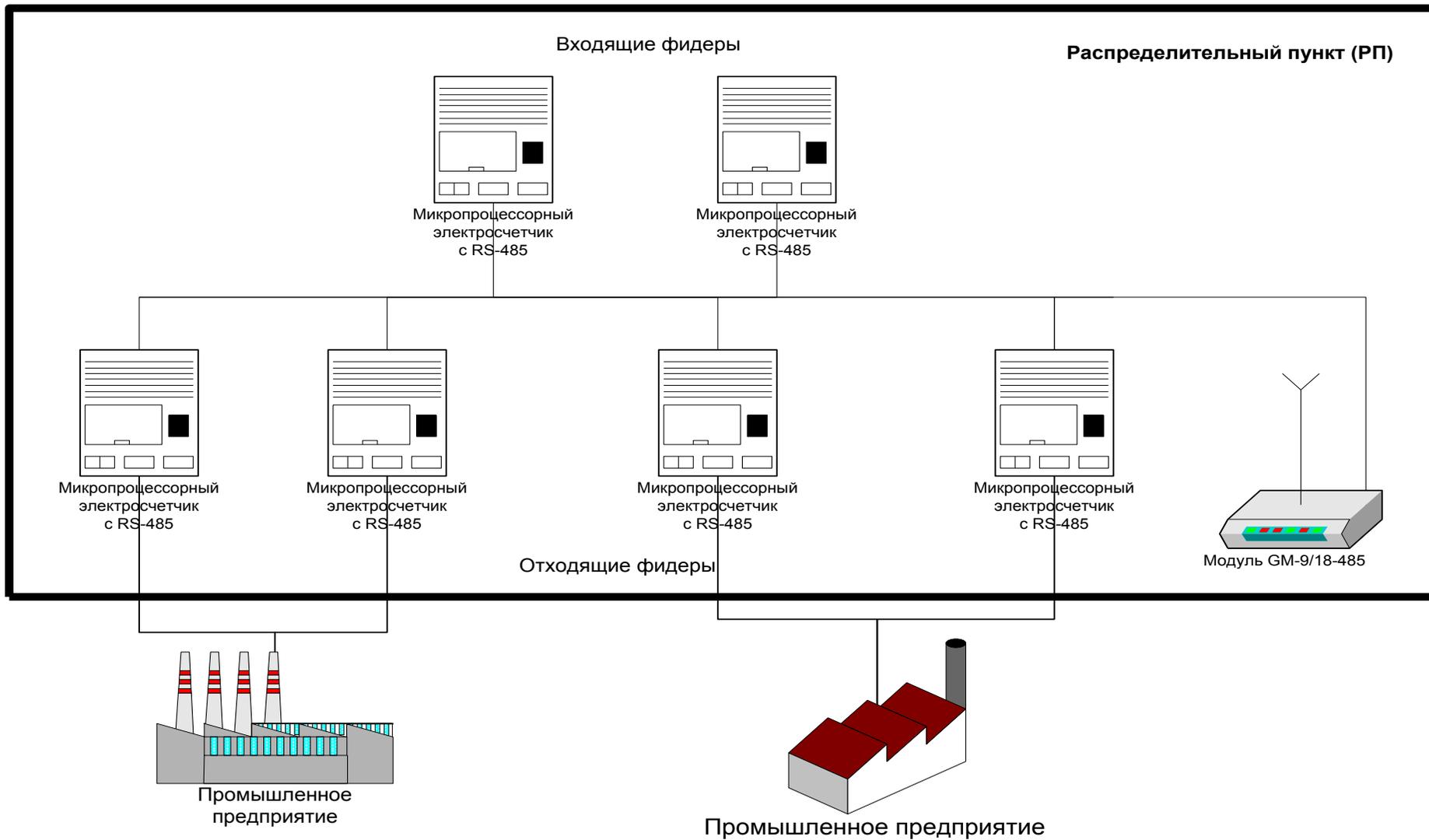


Рисунок 6 - Структурная схема АИИСКУЭ промышленного предприятия

## **Выводы по первой главе**

1. Определены требования к классу точности средств измерения потребленной электроэнергии в жилых многоквартирных домах. Согласно п. 138 постановления Правительства РФ №442 от 04.05.2012 «О функционировании розничных рынков электрической энергии...» граждане (физические лица) для учета потребляемой электрической энергии обязаны использовать приборы учета класса точности 2,0 и выше. На вводах многоквартирных жилых домов должны использоваться приборы учета класса точности 1,0 и выше.

2. Определен типовой состав средств автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии (АИИСКУЭ) в которую входят:

- счетчики электрической энергии, способные передавать измеренные величины;
- устройства сбора и передачи данных (УСПД), которые выполняют сбор, первичную обработку, хранение и передачу данных по внешним каналам связи в центры сбора и обработки информации (ЦСиОИ);
- технические средства передачи данных от УСПД до ЦСиОИ, включая линии связи, модемы и т.д.;
- вычислительные средства в ЦСиОИ для обработки поступающей информации и обмена ею между различными уровнями иерархии АИИСКУЭ.

3. Рассмотрена структура АИИСКУЭ города, которая должна представлять собой три уровня сбора и передачи данных и центр сбора и обработки информации:

- Верхний уровень – уровень сбора и передачи данных от приборов учета на границах раздела с поставщиками электроэнергии.

- Средний уровень – уровень сбора и передачи данных от балансовых приборов учета РП, ТП.
- Нижний уровень – уровень сбора и передачи данных от приборов учета потребителей.
- Центр сбора и обработки информации.

4. Установлено, что всех потребителей электроэнергии города можно условно разделить на группы:

- Жилой сектор (многоэтажная застройка);
- Жилой сектор (частные дома, коттеджные поселки);
- Мелкомоторный сектор;
- Промышленные предприятия.

Для каждой группы характерна своя структурная схема АИИСКУЭ.

## **2 Выбор наиболее рационального варианта АИИСКУЭ жилого комплекса**

### **2.1 Автоматизация контроля и учета электропотребления жилого дома на базе АИИСКУЭ «Текон-Автоматика»**

Автоматизированная информационно-измерительная система контроля и учета электропотребления выполнена на базе системы диспетчеризации АСУД-248, разработанной ООО НПО «Текон-Автоматика».

#### **2.1.1 Назначение АИИСКУЭ**

1. Система предназначена для автоматизированного контроля учета потребления электрической энергии каждым из бытовых абонентом жилого многоквартирного дома, общего объема электропотребления на бытовые и технические нужды с применением охраняемой патентом технологии сбора и передачи информации по интерфейсам RS485/422, RS232, CAN.

2. Система имеет возможность последующего расширения путем подключения дополнительных приборов учета энергоресурсов (счетчиков тепла, воды, газа), без замены уже установленной части системы.

3. Система дает возможность получать данные о потреблении электроэнергии и в автоматическом режиме выставлять счета каждому абоненту по дифференцированным временным зонам с разными тарифами на оплату электроэнергии, величине потребленной абонентом электрической энергии с начала текущего календарного месяца, месячные объемы электропотребления на общедомовые нужды и по субарендаторам торгово-офисных помещений, а также составлять энергетический баланс жилого дома по потребляемой электрической энергии.

4. Система дает возможность определить потери электрической энергии из баланса бытового электропотребления, вести непрерывный мониторинг электропотребления.

5. Система дает возможность дистанционного измерения температуры и давления; приёма и обработки информации, поступающей от датчиков (давления и т.п.) с выходным сигналом постоянного тока в диапазонах: 0-5мА, 0-20 мА, 4-20 мА;

6. Система имеет возможность предоставления данных автоматизированного коммерческого учета потребления энергоресурсов, результатов измерений и контроля параметров тепло- и водоснабжения авторизованным пользователям (соответствующим службам).

### **2.1.2 Технические средства**

Основное средство энергосбережения и организации домашнего учета тепла - концентратор цифровых сигналов (КЦС). Концентраторы цифровых сигналов подключаются к приборам учета тепла (теплосчетчикам и др.), стоящим на вводах в дом. В данный момент поддерживаются теплосчетчики SA-94, ТЭМ-05м, ВИС.Т, КМ-5, ВКТ-5, ВКТ-7, ТЭМ-106 (104), СТД (ВТД-В), СПТ 943 (Логика), ZENNER WR3, Multical 601, 602, 402, 801, SMV S6, 302, 21. Для получения данных от одного прибора учета тепла (теплосчетчика) необходим один КЦС (за исключением КМ-5, где счетчиков может быть больше). Обычные КЦС подключаются к линиям связи пульта или КИО, а КЦС(IP) - к компьютерной сети. Квартирный учет воды и электроэнергии осуществляется с помощью концентраторов измерителей расхода (КИР) и, в случае одновременного подключения большого числа счетчиков воды (или других ресурсов), пультов-мультиплексов. Один КИР, обладающий 16-ю входами, обеспечивает учет двух видов ресурсов (горячей и холодной воды) для восьми объектов (квартир). С помощью КИР может быть осуществлен прием данных от любого прибора учета, оснащенного импульсным выходом (герконным и т.д), в частности счетчиков воды, электроэнергии. С помощью радиосвязи может быть организована передача учётной информации от прибора учёта до слаботочного щитка посредством радиосигнала. Учетные функции АСКУЭ

могут быть реализованы и на базе уже установленной системы диспетчеризации лифтов и зданий АСУД-248. Сбор и накопление учетных данных происходят в фоновом режиме, не отвлекая внимание диспетчера. При выходе значений за допустимые границы, система сигнализирует об аварийной ситуации.

### Концентратор цифровых сигналов (КЦС)

Получение данных с приборов учета тепла с интерфейсами RS-232 и RS-485 (а также других приборов учета), осуществляется с помощью концентратора цифровых сигналов. Данный концентратор является основным устройством, обеспечивающим домовую учет тепла.

С помощью разъема, концентратор подключается к прибору учета тепла, путём установки переключателя выбирается необходимая программа, концентратор начинает опрос данных и передает их в рабочую программу.

В указанном исполнении, концентратор поддерживает работу с теплосчетчиками ВИС.Т, SA-94, ТЭМ-05, КМ-5, ТРЭМ. Расширенная версия КЦС (КЦС-М), оптимизированная для работы со сложными устройствами, поддерживает теплосчетчики ВКТ-7 (ТСК-7), ТЭМ-106 и другие. Кроме того, КЦС имеют 1-3 входа для дискретных датчиков. На рисунке 7 представлен общий вид КЦС.

Концентратор цифровых сигналов - IP (КЦС-IP) обеспечивает взаимодействие с широким спектром устройств с интерфейсами RS-232 и RS-485 по компьютерным каналам связи.

На месте установки концентратор подключается к устройству и к компьютерной сети. Источник питания концентратора должен быть подключен к сети напряжением 220В. Концентратор взаимодействует с устройством через интерфейс RS-232 или RS-485, и обменивается данными с рабочей программой по компьютерной сети.



Рисунок 7 - Общий вид КЦС

В таблице 2 представлены технические характеристики КЦС.

Таблица 2 – Технические характеристики КЦС

| № п/п | Наименование параметра, ед. изм.        | Значение   |
|-------|---|------------|
| 1     | Количество цифровых входов              | 8          |
| 2     | Количество охранных входов              | 4          |
| 3     | Количество подключаемых счетчиков ВИС.Т | 8          |
| 4     | Количество подключаемых контроллеров    | 2          |
| 5     | Входной ток цифрового входа             | +1 мА      |
| 6     | Скорость обмена по радиоканалу, бод     | 1200       |
| 7     | Скорость обмена по RS-485, бод          | 9600/12600 |
| 8     | Помехоустойчивость                      | CRC        |
| 9     | Потребляемый ток, А                     | 0,3        |
| 10    | Напряжение питания, В                   | 220        |
| 11    | Габаритные размеры, мм x мм x мм        | 257x127x60 |

## Концентратор цифровых сигналов-IP (КЦС-IP)

Основные отличия конфигураций с использованием КЦС-IP от конфигураций с обычным КЦС:

- вместо проводной линии связи до концентратора, должна быть проложена компьютерная сеть;
- не является необходимым пульт или КИО. Тем не менее, КЦС-IP может быть добавлен в существующую конфигурацию с пультом или КИО;
- для подключения нового вида устройств, достаточно обновить программное обеспечение на компьютере диспетчера;
- концентратору необходимо питание от 220В на месте подключения.

На данный момент программным обеспечением КЦС-IP поддерживаются:

- теплосчётчики ВКТ-7(ТСК-7), ТЕМ-106, ВИС.Т;
- электросчетчики Меркурий-200, 230 (до 63 штук на один КЦС-IP)

## Концентратор измерителей расхода (КИР)

Основным устройством, используемым при организации домового и квартирного учета воды и реализации функций АСКУЭ, в широком масштабе, является концентратор измерителей расхода. Концентратор обладает 16-ю входами для приема данных с любых приборов учета с импульсным выходом (счетчиков воды, электроэнергии и т.д.) и одним дискретным входом (используется как датчик вскрытия концентратора). Данные расхода ресурса (воды, электроэнергии и других) сохраняются во внутренней памяти концентратора. Её энергонезависимость обеспечивается использованием аккумуляторов. Устройство выполнено в вандализационно защищенном металлическом корпусе.

Расчет необходимого для объекта числа концентраторов производится на основе числа каналов одного концентратора (шестнадцать) и удобства монтажа. Например, для получения данных о расходе горячей и холодной воды со счётчиков в 8-и квартирах на одном этаже, достаточно одного КИР. Для 12-и

квартир на 3-х этажах, как правило, будет оптимальным использование 2-х КИР.

Если число КИР превышает 248 или на объекте используются и другие концентраторы, то в составе АСКУЭ используется пульт-мультиплексор, который позволяет увеличить в 8 раз число КИР, подключаемых к одному направлению основного пульта.

Если требуется организовать передачу импульсов от прибора учёта до слаботочного щитка без проводной линии связи, возможно использование концентраторов измерителей расхода для передачи посредством радиосигнала (РадиоКИР). На рисунке 8 представлен общий вид КИР.



Рисунок 8 - Общий вид КИР

#### Пульт-мультиплексор

При построении крупных АСКУЭ с квартирным учетом воды и электроэнергии, стандартное число концентраторов, подключаемых к пульту — 248, может быть недостаточным. Для решения этой задачи может быть использован пульт-мультиплексор. С его помощью возможно увеличение примерно в 8 раз количества концентраторов измерителей расхода (КИР), подключаемых к основному пульту, а соответственно и числа счетчиков воды и других ресурсов. Внешне пульт-мультиплексор похож на обычный пульт. Он

обладает восьмью направлениями, к которым подключаются линии связи с концентраторами измерителей расхода. Пульт-мультиплексор, затем, с помощью двухпроводной линии связи, подключается к одному из направлений основного пульта и циклически передает данные от подсоединённых к нему концентраторов. Таким образом, в максимальной конфигурации, к одному диспетчерскому компьютеру может быть подключено:  $8(\text{число направлений пульта}) \times 8(\text{число направлений пульта-мультиплексора}) \times 30(\text{число концентраторов в направлении пульта-мультиплексора}) = 1920$  КИР, что соответствует 30720 каналам учета воды или других ресурсов.

### **2.1.3 Программное обеспечение**

Просмотр данных и распечатка отчетов АСКУЭ производятся как с помощью основной рабочей программы WinAl, так и с помощью программы систематизации данных и распечатки отчетов ASUDBase. Программа ASUDBase может быть установлена как на компьютере диспетчера, так и удаленно. Данные учета воды и тепла из базы данных могут быть распечатаны авторизованным пользователем в диспетчерской или отосланы авторизованному потребителю, в частности ЕИРЦ, с помощью компьютерной сети.

#### **Рабочая программа WinAl**

Большинство функций системы АСУД-248 (диспетчеризация лифтов и зданий, учет воды и тепла, АСКУЭ) реализуется с помощью рабочей программы WinAl. Она устанавливается на рабочем компьютере диспетчера и работает в постоянном режиме. WinAl принимает данные от объектов диспетчеризации или учета ресурсов с пульта или одного или нескольких КИО и отображает полученные данные на ситуационном плане (созданном с помощью программы WinMap), а также в окнах объектов.

Главные требования к рабочей программе - простота и предельная эргономичность. С программой WinAl могут работать диспетчеры, которые до

этого не имели опыта работы с компьютером. Аварийные ситуации наглядно отображаются на экране и сопровождаются звуковыми сигналами. Эргономика реагирования диспетчера на любые ситуации предельно проста — поднимается трубка телефонного аппарата. При этом даже не всегда необходимо смотреть на экран. В случае отсутствия сигналов отображается заставка, не отвлекающая внимание диспетчера. Управление освещением и иным оборудованием также осуществляется весьма удобно. В программе предусмотрены возможности ввода заявок жильцов, их систематизации и распечатки, а также работы с иной информацией. Переговоры диспетчера записываются и могут быть воспроизведены.

С помощью WinAl также осуществляется прием и накопление учетной информации от приборов учета. Это происходит в фоновом режиме, что также не отвлекает диспетчера.

#### Просмотр и печать данных учета воды, тепла и других ресурсов - ASUDBase

Данные, получаемые от приборов учета воды и тепла, накапливаются в учетной базе данных системы диспетчеризации АСУД-248. Для её просмотра, формирования отчетов АСКУЭ, применяется программа ASUDBase.

Программа может быть установлена как на компьютере диспетчера, так на удаленной машине. Интерфейс программы интуитивно понятен и доступен. Информация АСКУЭ отображается в виде таблиц и графиков, которые могут быть распечатаны.

## **2.2 Автоматизация контроля и учета электропотребления жилого дома на базе АИИСКУЭ «МЗЭП-Энергия»**

Разработка системы учета нового поколения - АИИСКУЭ «МЗЭП-Энергия» (далее по тексту система учета) началась в 2003 году. Одним из основных требований к разрабатываемой системе учета было обеспечение подхода открытых систем, который в настоящее время является основной тенденцией в области информационных технологий и средств вычислительной техники. Логичным результатом такого подхода является рассмотрение счетчика как элемента системы (а не просто датчика), который способен выполнять все функции АСКУЭ в данной точке. Также модульный подход позволяет одновременно применять различные системы связи (Ethernet, GSM-GPRS, RS-485, PLC-0.4 кВ, ZigBee). Кроме этого система учета предусматривает интеграцию счетчиков и технических средств АСКУЭ разных производителей. Новая система учета позволяет учитывать не только электроэнергию, но и другие виды энергоресурсов (тепло, газ и воду). Её разработка была выполнена с учетом требований документов НП «АТС», правил розничного рынка электроэнергии, технических требований ОАО «Мосэнергосбыт», Департамента топливно-энергетического хозяйства Правительства Москвы и других авторитетных организаций.

### **2.2.1 Назначение АИИСКУЭ**

Система учета предназначена для автоматизации процессов коммерческого учета электроэнергии и других энергоресурсов в бытовом и мелкомоторном секторе энергопотребления, а также на объектах промышленности и энергетики.

### **2.2.2 Технические средства**

Система учета предназначена для автоматизации процессов коммерческого учета электроэнергии и других энергоресурсов в бытовом и мелкомоторном секторе энергопотребления, а также на объектах промышленности и энергетики.

В состав комплекса входят:

- универсальный промышленный контроллер «ЭнерКон», который обеспечивает сбор, вычисление, хранение данных об энергопотреблении (учетных показателей) со счетчиков, адаптеров счетчиков-датчиков и передачу полученных данных по запросу в Центр сбора информации (ЦСИ).

- адаптер счетчика-датчика (АСД), обеспечивающий преобразование первичной информации от счетчика энергоресурса (электроэнергии, воды и т.д.), вычисление и хранение данных об энергопотреблении (учетных показателей) с точек учета и передачу этих данных по запросу в «ЭнерКон». АСД осуществляет адаптацию конкретного счетчика под АИИС КУЭ "МЗЭП-Энергия".

На рисунке 9 представлен общий вид «ЭнерКон».



Рисунок 5 - Общий вид «ЭнерКон»

Основные характеристики представлены в таблице 3

Таблица 3 – Технические характеристики

|                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| Количество точек учета      | До 2 000                   |
| Поддерживаемые интерфейсы   | Ethernet, GSM-GPRS, RS-485 |
| Точность системного времени | ±3 с в сутки               |

Продолжение таблицы 3

|                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| Рабочий диапазон температур | от -40 до +55 °С |
|-----------------------------|------------------|

|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| Степень защиты             | IP51         |
| Межповерочный интервал     | 4 года       |
| Средняя наработка на отказ | 70 000 часов |
| Срок службы                | 20 лет       |

### 2.2.3 Программное обеспечение

АИИСКУЭ "МЗЭП-Энергия" представляет собой распределенную базу данных реляционного типа и имеет 3 уровня хранения данных:

- точек учета (первый уровень),
- устройства сбора и передачи данных УСПД «ЭнерКон» (второй уровень),
- центра сбора информации ЦСИ (третий уровень).

Данный подход повышает надежность и уменьшает время восстановления работоспособности системы при выходе из строя одного элемента.

АИИСКУЭ "МЗЭП-Энергия" имеет иерархическую структуру, поэтому обмен данными производится только по запросу верхнего уровня (между точкой учета и УСПД по запросу УСПД, между сервером и УСПД по запросу сервера). В зависимости от решаемых задач частота опроса может задаваться в широких пределах (от 1 минуты).

В АИИСКУЭ "МЗЭП-Энергия" реализован принцип индивидуального подхода к тарификации каждой точки. На сервере хранится список тарифных планов, и каждая точка учета отдельно программируется в соответствии с тарифным планом из этого списка. В АИИСКУЭ "МЗЭП-Энергия" учет энергоресурса ведется одновременно по тарифам и по уставкам мощности (расхода).

Тарификатор представляет собой реляционную базу данных (состоящую из таблиц), центральное место в которой занимает таблица "тарифных зон". График тарифного расписания и уставок разбивается на зоны по принципу: в

рамках одной зоны значение тарифа и уставки не меняется. Помимо времени действия в течение суток, зоны различаются по дням недели, датам (праздничным дням) и сезонам.

Данная модель тарификатора позволяет запрограммировать любое тарифное расписание (с числом тарифов не более 64 и уставок не более 255) и вести учет энергоресурса одновременно по тарифам и по уставкам.

В АИИСКУЭ "МЗЭП-Энергия" введено понятие "Тарифный план", реализующее индивидуальный подход к тарификации каждой точки учета. "Тарифный план" назначается независимо для каждой точки учета и может быть уникальным (число тарифных планов не более 2000).

В системе "МЗЭП-Энергия" также для каждой точки отдельно программируется число типов учетных показателей (месячное потребление, графики нагрузки, графики токов и напряжений, показания на определенную дату и т.д.) и глубина их хранения, причем для каждого уровня хранения отдельно.

Так же, как и для тарификации в системе, реализован индивидуальный подход к схеме учета энергоресурса. Для этого вводится понятие "Схема учета".

"Схема учета" назначается независимо для каждой точки учета и может быть уникальной (число схем учета не более 2000).

Для сбора данных с точек учета в АИИСКУЭ "МЗЭП-Энергия" имеются следующие интерфейсы:

- интерфейсы с верхним уровнем (в базовой комплектации):
- RS-485;
- Ethernet 10/100 Мбит/с.

Интерфейсы с точками учета (в базовой комплектации):

- RS-485;
- "Токовая петля".
- дополнительные интерфейсы с точками учета:
- ZigBee (2.4 ГГц);

- PLC-0.4 кВ (CENELEC A, B).

Также для считывания данных непосредственно с УСПД «ЭнерКон» реализован дружественный интерфейс с помощью дисплея и клавиатуры. Основными каналами связи для считывания данных из УСПД «ЭнерКон» являются Ethernet, PSTN и GSM из центра сбора информации (ЦСИ). Оттуда же производится настройка и конфигурирование всей системы. В экстренных случаях, когда не работает ни один из каналов связи, возможно считывание данных с помощью переносного компьютера или специального пульта.

## **2.3 Автоматизация узла учета тепловой энергии**

Целью автоматизации узла учета тепловой энергии является повышение надёжности контроля технологических процессов здания, определение количества расходуемой тепловой энергии для коммерческого расчета с энергоснабжающей организацией.

### **2.3.1 Учёт и контроль тепловой энергии**

Эффективное потребление энергоресурсов невозможно представить без автоматизации учета тепловой энергии, передаваемой потребителю энергоснабжающей организацией. Без приборов коммерческого учета тепловой энергии расчет за потребленное тепло осуществляется по утвержденному нормативу.

При начале эксплуатации узла учета тепловой энергии потребитель платит поставщику энергоресурсов только за фактически потребленную тепловую энергию, что оказывается значительно выгоднее платы по нормативу. Автоматизация учета тепла позволяет организовать систему непрерывного мониторинга потребления тепловой энергии и позволяет определять способы и резервы экономии тепловой энергии, получать достоверную и своевременную информацию, на которой базируется оценка эффективности энергосберегающих мероприятий. Установка узла учета тепловой энергии

является первым шагом в работах по экономии тепла. Анализ показаний счетчиков тепловой энергии позволяет спрогнозировать эффект от следующего этапа работ – оптимизации и автоматизации всех систем отопления и водоснабжения.

Узлы учета энергоресурсов делятся на коммерческие и технические. По показаниям коммерческого узла учета осуществляется расчет между поставщиком тепла и потребителем. Если к абоненту присоединены еще потребители энергоресурсов, то они являются субабонентами и расчет ведется между абонентом и субабонентом. Тогда поставщик тепловой энергии в этих расчетах не принимает участия. Узел учета тепловой энергии между абонентом и субабонентом, принадлежит к техническим средствам учета и на его установку и эксплуатацию согласие поставщика тепловой энергии получать не требуется.

В качестве измерительных приборов в узлах учета потребляемой тепловой энергии используются теплосчетчики.

#### 2.3.1.1 Теплосчетчики

Счетчики тепловой энергии предназначены для измерения и регистрации потребления тепловой энергии и определения параметров теплоносителя в системах теплоснабжения.

Счетчики тепловой энергии позволяют проводить автоматическое измерение и осуществлять индикацию:

- мгновенного объемного и массового расхода теплоносителя как в прямом, так и в обратном трубопроводах;
- объема и массы протекающего теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах;
- температуры теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах;
- потребляемой тепловой энергии;
- потребляемой тепловой мощности;
- времени работы счетчика тепловой энергии;

- давления теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах;
- почасовой, посуточной и помесечной потребленной теплоэнергии;
- среднечасовых, среднесуточных и среднемесячных температур теплоносителя, как в прямом, так и в обратном трубопроводах;
- почасового, посуточного и помесечного объема и массы теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах;
- времени начала и окончания периода измерений.

В состав современного счетчика тепловой энергии входят несколько преобразователей расхода, температуры и давления теплоносителя и измерительно-вычислительный блок.

Преобразователи расхода делятся на электромагнитные, вихревые, ультразвуковые и тахометрические. Измерение температуры теплоносителя осуществляется термометрами сопротивления или термопарами. Измерение давления осуществляется датчиками мембранного типа.

Наиболее распространены теплосчетчики с преобразователями расхода электромагнитного типа (SA-94, ВИСТ, ТЭМ-05М, ТСР-01, КМ-5).

Расчет потребляемой тепловой энергии  $Q$  производится в соответствии с формулой:

$$Q = V \cdot r (h_1 - h_2),$$

где  $V$ - объем теплоносителя, протекающего через подающий (или обратный) трубопровод за время наблюдения;

$r$ - плотность сетевой воды, соответствующая температуре сетевой воды в подающем (обратном) трубопроводе;

$h_1, h_2$ - удельная энтальпия сетевой воды соответственно в подающем и обратном трубопроводах.

Определение массы сетевой воды осуществляется в соответствии с формулой :

$$M=V \cdot r.$$

Потери тепла теплоносителем, протекающим через подпиточный трубопровод, определяются в соответствии с формулой:

$$Q_{\text{подп.}}=V_{\text{подп.}} \cdot r_{\text{х.в.}} (h_2-h_{\text{х.в.}}),$$

где индекс “2” относится к обратному трубопроводу, а индексы “подп.”, “х.в.” – к подпиточному трубопроводу.

Все вычисления осуществляются в измерительно-вычислительном блоке теплосчетчика.

Измерительно-вычислительный блок (ИВБ) счетчика тепловой энергии необходим для автоматизированного учета воды и тепла потребляемых системой теплоснабжения. ИВБ производит определение электрических сигналов на выходе первичных датчиков расхода воды, температуры и давления, вычисляет на основе результатов измерений и массы теплоносителя количество теплоты, потребляемого системой. ИВБ хранит в архиве с интервалом час, сутки и месяц определенных значений в виде таблиц с временем измерения.

ИВБ включает в себя контроллеры, дисплей, клавиатуру, блоки, соединительные кабели и т.д.)

Другим преобразователем расхода, применяемым в теплосчетчиках, является преобразователь расхода вихревого типа. Таким преобразователем оснащены теплосчетчики “ТАРАН-Т”, Макло, ТСК-5.

Скорость распространения ультразвуковых волн в воде, наполняющей трубопровод - это сумма скорости ультразвука при неподвижной воде и скорости потока в проекции на рассматриваемое направление распространения ультразвука. Время распространения ультразвукового импульса от ПЭП1 к ПЭП2 и от ПЭП2 к ПЭП1 зависит от скорости движения воды и определяется:

$$t_1 = \frac{L_D - L_A}{C_0} + \frac{L_A}{C_0 + V \cos \alpha},$$

$$t_2 = \frac{L_D - L_A}{C_0} + \frac{L_A}{C_0 - V \cos \alpha},$$

где  $t_1, t_2$  – время распространения ультразвукового импульса по потоку и против потока;

$L_A$  – длина активной части акустического канала;

$L_D$  – расстояние между мембранами ПЭП;

$C_0$  – скорость ультразвука в неподвижной жидкости;

$V$  – скорость движения жидкости в трубопроводе;

$\alpha$  – угол в соответствии с рисунком б.

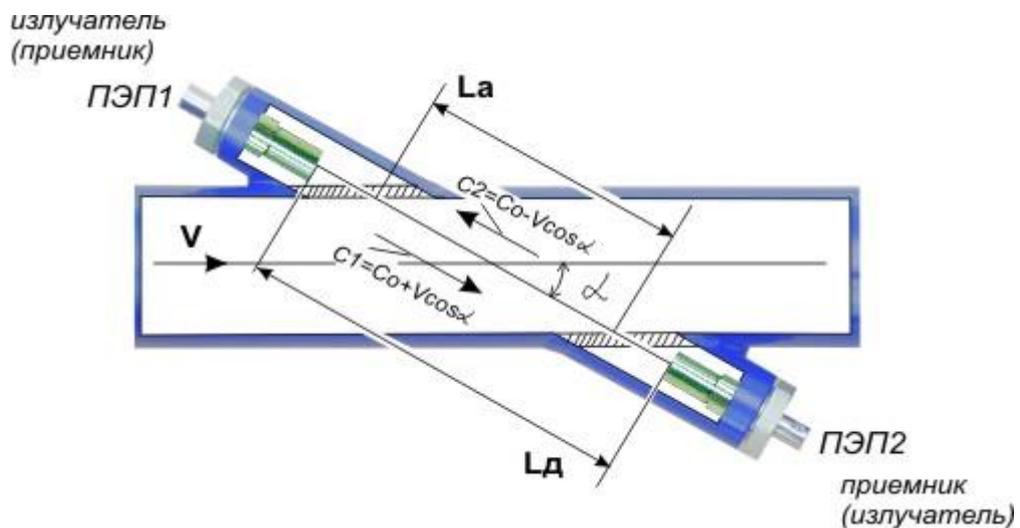


Рисунок б - Принцип действия ультразвукового расходомера

В результате простых математических преобразований получается следующая формула для определения расхода жидкости, протекающей на месте расположения ПЭП:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot K \cdot \frac{\Delta t \cdot C_0^2}{2L_a \cos \alpha},$$

где  $\Delta t$  - разность времени распространения ультразвуковых импульсов по потоку и против потока;

$D$  - диаметр трубопровода в месте расположения ПЭП;

$K$  - программируемый коэффициент коррекции.

У данного типа преобразователей расхода тепловой энергии отношение максимального измеряемого расхода к минимально возможному, составляет приблизительно 100:1. Ультразвуковые счетчики тепловой энергии получили широкое распространение в мобильных переносных приборах, используемых для непродолжительных измерений, так как при этом нет необходимости в нарушении целостности стенок трубопровода.

Датчиков температуры входящие в состав теплосчетчиков, могут представлять собой не только платиновые термометры сопротивления, но и термопары. Так в счетчике тепловой энергии «ТАРАН-Т» используется хромель-алюмелевая термопара КТХА-01. Работа термопары основана на принципе появления электродвижущей силы во время нагрева спаянных разнородных металлов при протекании теплоносителя. Значение термоэлектродвижущей силы пропорционально нагреву теплоносителя. Термопара должна быть расположена таким образом, чтобы место ее спайки находилось в контакте с защитным чехлом. На термоэлектроды должны быть надеты изоляционные бусы. В головке защитного корпуса термопары располагается колодка для термоэлектродов и соединительных проводов. Поправка, учитывающая температуру холодных концов термопары, вводится в автоматическом режиме специальным блоком, входящим в состав счетчика тепловой энергии. Устройство термопары показано на рисунке 7.

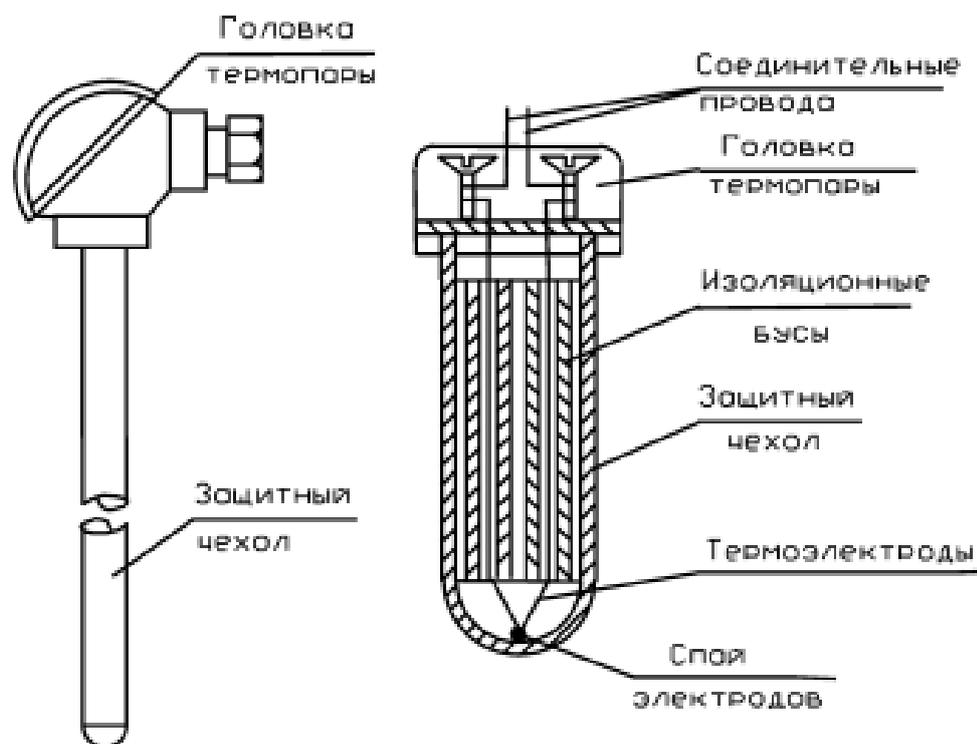


Рисунок 7 - Устройство термопары

В состав счетчиков тепловой энергии могут быть включены датчики давления прямой и обратной сетевой воды. В качестве датчиков давления используются мембранные датчики. Устройство такого датчика изображено на рисунке 8. Чувствительным элементом датчика мембранного типа является двухслойная мембрана. Давление, которое необходимо измерить, действует на металлическую мембрану, к которой сверху припаивается сапфировая мембрана с тензорезисторами. Элементы измерительной схемы и усилитель располагаются в измерительно-усилительном блоке (ИУБ).

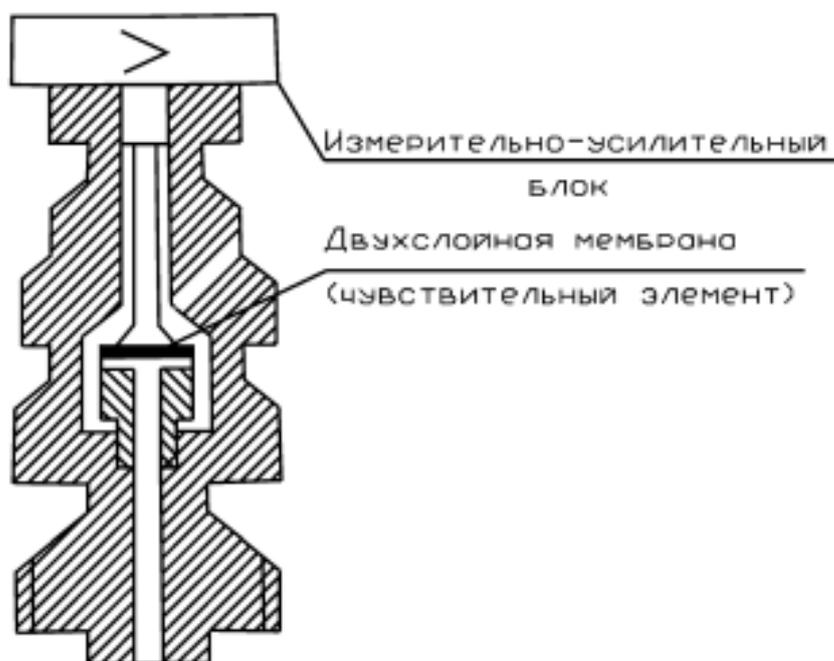


Рисунок 8 - Устройство датчика давления мембранного типа

Существует несколько схем передачи измеренных сигналов от преобразователей расхода, температуры и давления к тепловычислителю.

Возможна передача сигналов от каждого преобразователя в электронный блок теплосчетчика по отдельной линии связи (см. рисунок 9). Такой способ, например, используется в теплосчетчиках типа ТЭМ-05М, SA-94, ТСР-01.

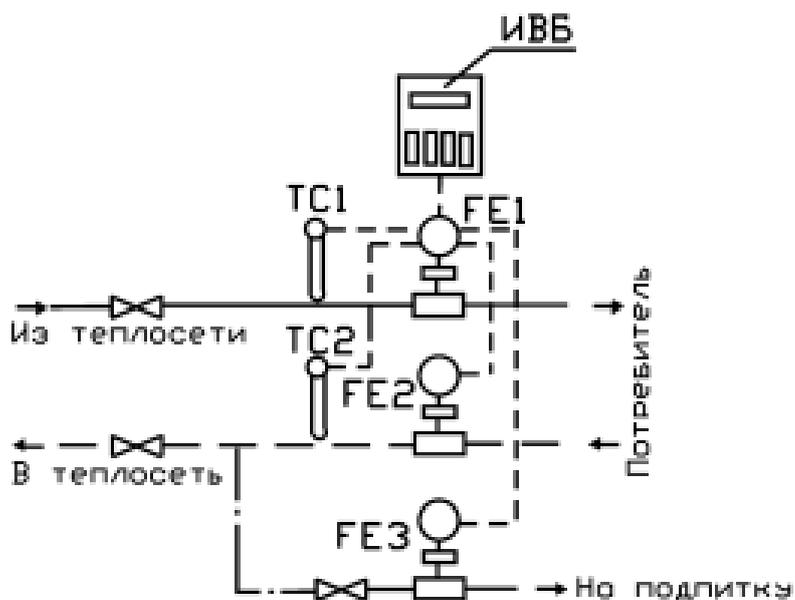


Рисунок 9 - Схема автономной передачи сигналов от преобразователей расхода, температуры в ИВБ теплосчётчика (теплосчётчик "ТАРАН-Т")

Еще одним способом для передачи сигналов от преобразователей является сбор всех сигналов на преобразующее устройство одного из преобразователей расхода и передача одним общим кабелем уже усиленных сигналов на блок тепловычислителя (см. рисунок 10). Этот принцип реализован в счетчике тепловой энергии “ТАРАН-Т”.

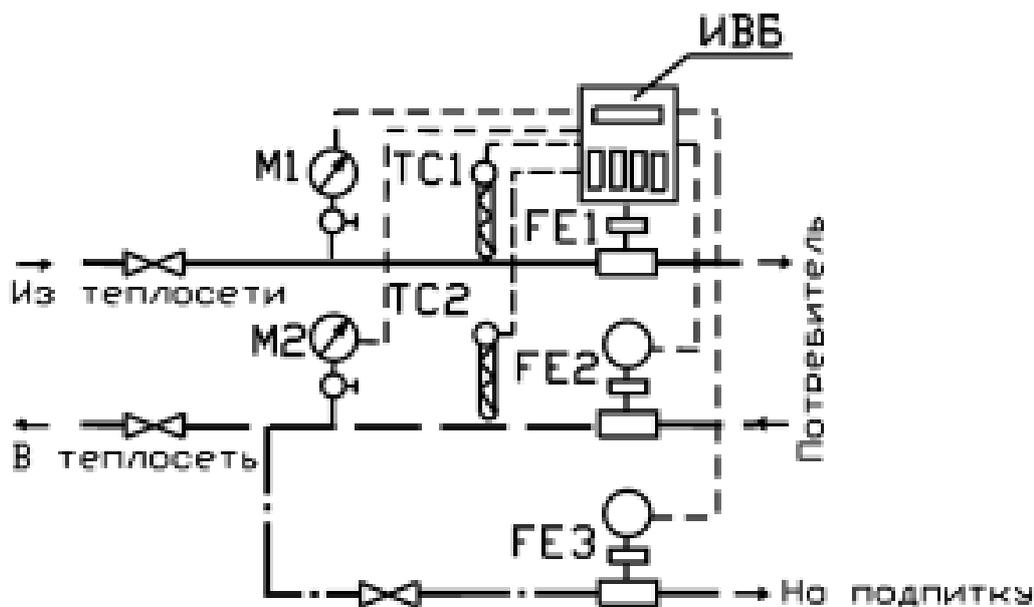


Рисунок 10 - Схема объединённой передачи всех измеренных сигналов от преобразователей расхода в ИВБ теплосчётчика (теплосчётчик "ТАРАН-Т")

Другой способ отправки сигналов от преобразователей является симбиозом способов №1 и №2 и представляет собой передачу всех измеренных сигналов на электронный блок счетчика тепловой энергии, который устанавливается на одном из преобразователей расхода. Этот способ используется в счетчике тепловой энергии КМ-5. В счетчике КМ-5 блоки для усиления и преобразования сигнала установлены на самом корпусе расходомера, то есть по линиям связи передается преобразованный и усиленный сигнал, что обеспечивает повышение помехоустойчивости системы в целом и обеспечивает динамический диапазон и повышает точность

измерений. На рисунке 11 изображена схема комбинированной передачи сигналов.

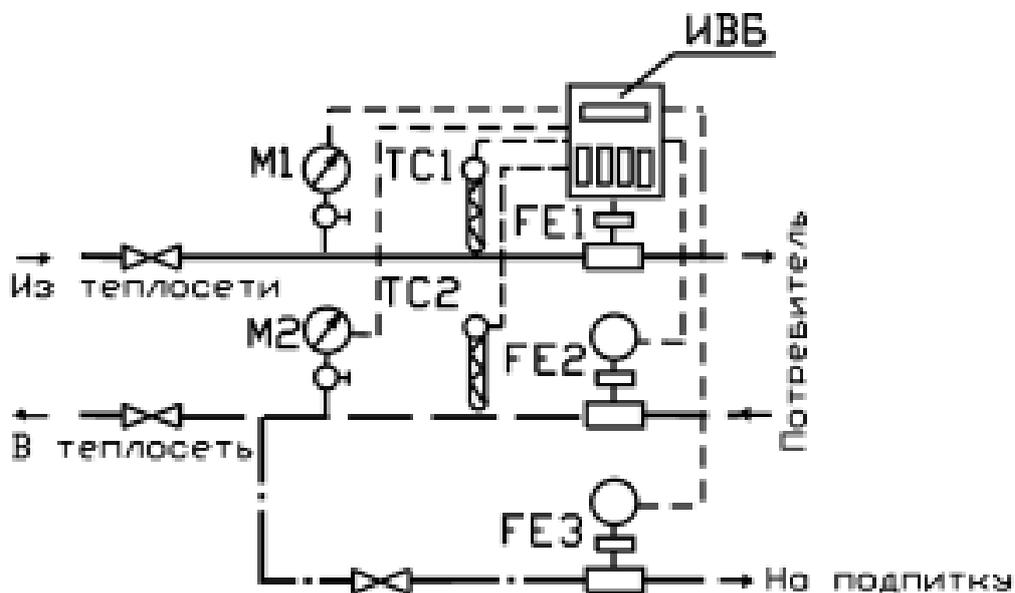


Рисунок 11 - Схема комбинированной передачи сигналов от преобразователей расхода, температуры и давления в ИВБ счетчика тепловой энергии (теплосчётчик "ТАРАН-Т")

Предприятие-поставщик тепловой энергии также является заинтересованным лицом в получении достоверных данных о потребляемом объеме тепловой энергии и возможных утечках воды в системе теплоснабжения. Для обеспечения этой информацией, в состав узла коммерческого учета тепловой энергии, должны входить минимально два преобразователя расхода и датчика температуры, которые устанавливаются на вводном и на выходном трубопроводе.

Рабочее давление для первичных преобразователей теплосчетчиков СТ1, СТ3  $P_p=1,6$  МПа, для первичных преобразователей теплосчетчика СТ6 –  $P_p=2,5$  МПа.

Погрешность измерений расхода для преобразователей расхода всех счетчиков тепловой энергии (кроме счетчика КМ-5) находится от верхнего значения диапазона измеряемого расхода; при использовании преобразователя

расхода счетчика тепловой энергии типа КМ-5 погрешность измерений находится от значения текущего измеряемого расхода.

### 2.3.2 Характеристика систем вентиляции, тепло- и водоснабжения

Теплоснабжение здания осуществляется по трем парам трубопроводов: отопление: подающий Ду =100 мм, обратный Ду =100 мм; вентиляция: подающий Ду =100 мм, обратный Ду =100 мм; горячее водоснабжение: подающий Ду =100 мм, обратный Ду = 80 мм. Система отопления водяная, зависимая. Система вентиляции водяная, зависимая. Система ГВС - открытая. Принципиальная схема теплового пункта приведена на рисунке 12.

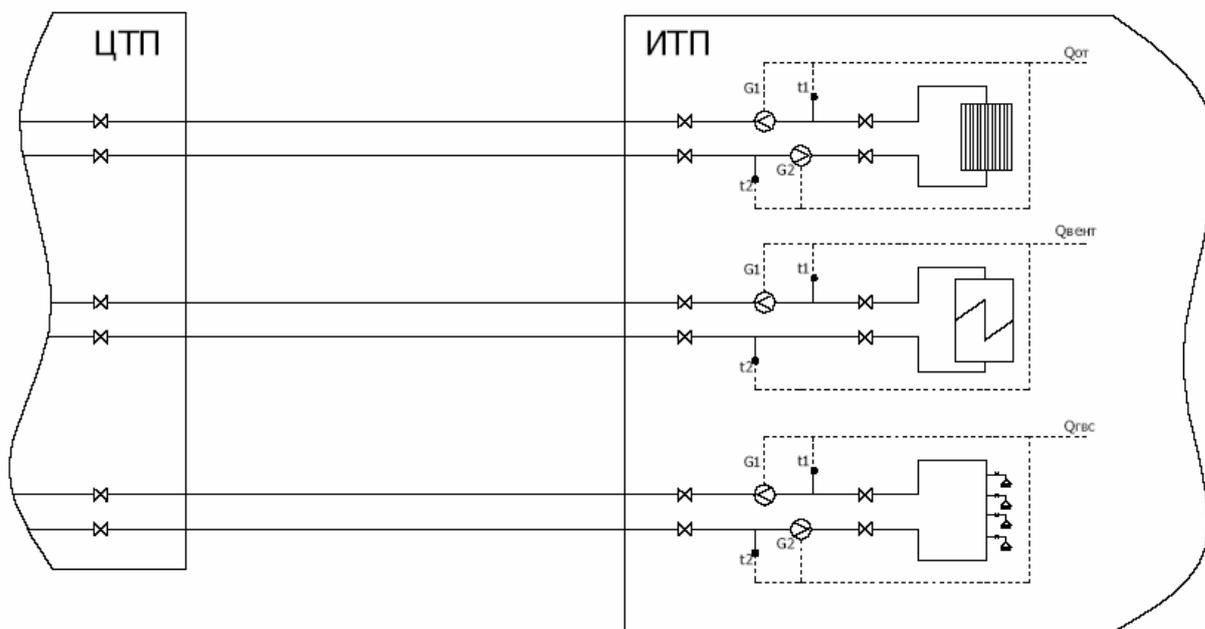


Рисунок 12 - Принципиальная схема теплового пункта

### 2.3.3 Расчет параметров теплоносителя

Расход воды на отопление:

$$G_{от} = Q_{отх} \cdot 1000 / (T_1 - T_2) \text{ Т/час}$$

$$G_{OT} = 1,111 \times 1000 / (150 - 70) = 13,888 \text{ Т/час}$$

Расход воды на вентиляцию:

$$G_{BH} = Q_{BH} \cdot 1000 / (T_1 - T_2) \text{ Т/час}$$

$$G_{BH} = 2,222 \times 1000 / (150 - 70) = 27,775 \text{ Т/час}$$

Расход воды на горячее водоснабжение (зима):

$$G_{ГВС\_макс} = G_{ГВС\_макс} \times 1000 / (T_{ГВС\_Водор.} - T_{ХВ\_зима}) = G_{ГВС\_макс} \times 18,2 \text{ Т/час (зима)}$$

$$G_{ГВС\_макс} = 1,100 \times 18,2 = 20,020 \text{ Т/час (зима)}$$

$$Q_{ГВС\_ср} = Q_{ГВС\_макс} / K_{чн} = 1,100 / 2,2 = 0,500 \text{ Гкал/час (зима)}$$

где  $K_{чн}$  - коэффициент часовой неравномерности

$$G_{ГВС\_ср} = Q_{ГВС\_ср} \times 18,2 = 0,500 \times 18,2 = 9,100 \text{ Т/час (зима)}$$

Расход воды на циркуляцию горячего водоснабжения (зима):

$$Q_{ГВС\_цирк.} = (Q_{ГВС\_ср} \times K_{тп}) / (1 + K_{тп}) \text{ Гкал/час (зима)}$$

$$Q_{ГВС\_цирк.} = (0,500 \times 0,25) / (1 + 0,25) = 0,100 \text{ Гкал/час (зима)}$$

где  $K_{тп}$  - коэффициент учитывающий потери тепла в трубопроводах ГВС

$$G_{ГВС\_цирк.} = (Q_{ГВС\_цирк.} \times 1000) / (70 - 55) \text{ Т/час (зима)}$$

$$G_{\text{ГВС}_{\text{цирк}}} = (0,100 \times 1000) / (70 - 55) = 6,667 \text{ Т/час (зима)}$$

Расход воды на горячее водоснабжение (лето):

$$Q_{\text{ГВС}_{\text{макс}}}^{\text{лето}} = Q_{\text{ГВС}_{\text{макс}}}^{\text{зима}} \times K_{\text{НП}} = 1,100 \times 0,8 = 0,880 \text{ Гкал/час (лето)}$$

где  $K_{\text{НП}}$  - коэффициент учитывающий уменьшение расхода тепла в трубопроводах ГВС в неотапливаемый период

$$Q_{\text{ГВС}_{\text{ср}}}^{\text{лето}} = Q_{\text{ГВС}_{\text{макс}}}^{\text{лето}} / K_{\text{ЧН}} = 0,880 / 2,2 = 0,400 \text{ Т/час (лето)}$$

где  $K_{\text{ЧН}}$  - коэффициент часовой неравномерности

$$G_{\text{ГВС}_{\text{макс}}}^{\text{лето}} = Q_{\text{ГВС}_{\text{ср}}}^{\text{лето}} \times 25 = 0,880 \times 25 = 22,000 \text{ Т/час (лето)}$$

$$G_{\text{ГВС}_{\text{ср}}}^{\text{лето}} = Q_{\text{ГВС}_{\text{ср}}}^{\text{лето}} \times 25 = 0,400 \times 25 = 10,000 \text{ Т/час (лето)}$$

Расход воды на циркуляцию горячего водоснабжения (лето):

$$Q_{\text{ГВС}_{\text{цирк}}}^{\text{лето}} = (Q_{\text{ГВС}_{\text{ср}}}^{\text{лето}} \times K_{\text{ТП}}) / (1 + K_{\text{ТП}}) \text{ Гкал/час (лето)}$$

$$Q_{\text{ГВС}_{\text{цирк}}}^{\text{лето}} = (0,400 \times 0,25) / (1 + 0,25) = 0,080 \text{ Гкал/час (лето)}$$

где  $K_{\text{ТП}}$  - коэффициент учитывающий потери тепла в трубопроводах

$$G_{\text{ГВС}_{\text{цирк}}}^{\text{лето}} = (Q_{\text{ГВС}_{\text{цирк}}}^{\text{лето}} \times 1000) / (70 - 55) \text{ Т/час (лето)}$$

$$G_{\text{ГВС}_{\text{цирк}}}^{\text{лето}} = (0,080 \times 1000) / (70 - 55) = 5,333 \text{ Т/час (лето)}$$

## 2.3.4 Выбор теплосчетчиков

### 2.3.4.1 Система отопления

$$G_{\text{расч}} = G_{\text{от}} \text{ Т/час}$$

$$G_{\text{расч}} = 13,888 \text{ Т/час}$$

### 2.3.4.2 Система вентиляции

$$G_{\text{расч}} = G_{\text{вент}} \text{ Т/час}$$

$$G_{\text{расч}} = 27,775 \text{ Т/час}$$

### 2.3.4.3 Система ГВС

$$G_{\text{макс}} = G_{\text{ГВС}_{\text{макс}}}^{\text{лето}} \text{ Т/час}$$

$$G_{\text{макс}} = 22,000 \text{ Т/час}$$

$$G_{\text{мин}} = G_{\text{ГВС}_{\text{цирк}}}^{\text{лето}} \text{ Т/час}$$

$$G_{\text{мин}} = 5,333 \text{ Т/час}$$

Первичный преобразователь теплосчетчика подбирается по расходу теплоносителя в оптимальном для работы прибора диапазоне скоростей, с учетом габаритных размеров места установки, а также диаметра условного прохода теплопровода.

Для измерения тепловой энергии, расходуемой на теплоснабжение принимаем к установке пятиканальный теплосчетчик ВИСТ (исполнение ТС-

500-0-6-3).

Требуемый диапазон измерения объемного расхода теплоносителя на отопление (0,08-20,00) м<sup>3</sup>/час. Первичные преобразователи расхода с диаметром условного прохода 50 мм устанавливаются на подающем и обратном трубопроводах. Термопреобразователи с монтажной длиной 120мм устанавливаются на подающем и обратном трубопроводах в Ду=100 мм, с использованием защитных гильз.

Требуемый диапазон измерения объемного расхода теплоносителя на вентиляцию (0,20-50,00) м /час. Первичный преобразователь расхода с диаметром условного прохода 80 мм устанавливается на подающем трубопроводе. Термопреобразователи с монтажной длиной 120мм устанавливаются на подающем и обратном трубопроводах в Ду=100 мм, с использованием защитных гильз.

Требуемый диапазон измерения объемного расхода теплоносителя на систему ГВС (0,16-40,00) м<sup>3</sup>/час. На подающем трубопроводе устанавливаем первичный преобразователь расхода с диаметром условного прохода 80 мм, на обратном трубопроводе - с диаметром условного прохода 50 мм. Термопреобразователи с монтажной длиной 100мм устанавливаются на подающем и обратном трубопроводах в Ду=80 мм, с использованием защитных гильз.

### **2.3.5 Метрологические характеристики приборов**

Расчетный расход теплоносителя системы отопления составляет: 13,888 м<sup>3</sup>/час. Для выбранного верхнего предела измерения объемного расхода теплоносителя 20,00 м<sup>3</sup>/ч и Ду теплосчетчика = 50 мм скорость теплоносителя составляет 3,2 м/с.

Расчетный расход теплоносителя системы вентиляции составляет: 27,775 м<sup>3</sup>/час. Для выбранного верхнего предела измерения объемного расхода теплоносителя 50,00 м<sup>3</sup>/ч и Ду теплосчетчика = 80 мм скорость теплоносителя составляет 3,2 м/с.

Расчетные верхний и нижний пределы расхода теплоносителя на систему ГВС составляют:  $(22,000^{\max}; 5,333^{\min})$  м<sup>3</sup>/час. Для выбранного верхнего предела измерения объемного расхода теплоносителя 40,00 м<sup>3</sup>/ч и Ду теплосчетчика на подающем трубопроводе 80 мм скорость теплоносителя составляет 2,5 м/с, на обратном трубопроводе для Ду теплосчетчика 50 мм скорость теплоносителя составляет 6,0 м/с.

Пределы допускаемой относительной погрешности измерения объемного расхода и объема составляют:

- в диапазоне расхода 10-100% \_\_\_\_\_ 0,60%
- в диапазоне расхода 4-10% \_\_\_\_\_ 0,75%
- в диапазоне расхода 1-4% \_\_\_\_\_ 1,10%
- в диапазоне расхода 0,4-1,0% \_\_\_\_\_ 1,60%

и не превышают 2,00% по всему диапазону объемного расхода

Пределы допускаемой относительной погрешности измерения количества теплоты при  $\Delta t = 20^{\circ}$  составляют:

- в диапазоне расхода 10-100% \_\_\_\_\_ 2,00%
- в диапазоне расхода 4-10% \_\_\_\_\_ 2,50%
- в диапазоне расхода 1-4% \_\_\_\_\_ 3,20%
- в диапазоне расхода 0,4-1,0% \_\_\_\_\_ 4,00%

и не превышают 4,00% по всему диапазону объемного расхода.

### **2.3.6 Технические характеристики теплосчетчиков ВИСТ**

Теплосчетчик ВИСТ (сертификат госстандарта № 8458, ГОСРЕЕСТР СИ РФ № 20064-00 заключение госэнергонадзора РФ № 159-ТС) предназначен для измерения параметров и расхода теплоносителя и количества теплоты в соответствии с «Правилами учета тепловой энергии и теплоносителя». Полный средний срок службы - 12 лет. Межповерочный интервал - 4 года.

По метрологическим характеристикам ВИСТ соответствуют классам точности по МИ 2164-91 «Рекомендация. ГСИ. Теплосчетчики.

Требования к испытаниям, метрологической аттестации, поверке», международной рекомендации "International recommendation OIML R75: Класс 2 для  $10 < \Delta t < 150$ ; Класс 4 для  $2 < \Delta t < 10$ , Heat meters" и европейскому стандарту EN 1434 "Heat Meters": Класс 1,  $1 < \Delta t < 150$ .

На рисунке 13 представлена электрическая схема соединений.

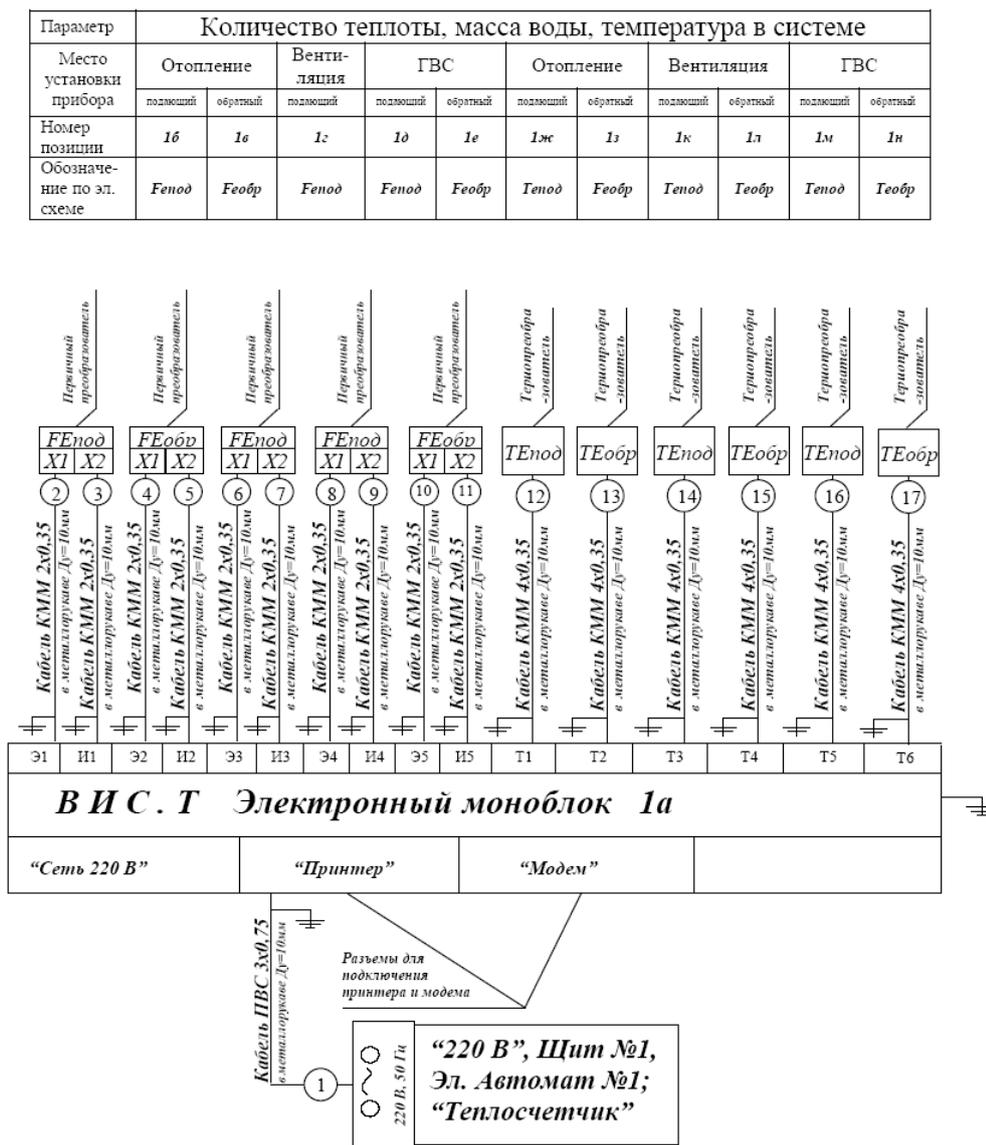


Рисунок 13 - Электрическая схема соединений

Область применения теплосчетчика ВИСТ: узлы коммерческого учета количества теплоты и расхода теплоносителя на

источниках и у потребителей теплоты, пункты коммерческого учета водоснабжения и сброса сточных вод, системы сбора данных, контроля и регулирования технологических процессов.

Устанавливаемый теплосчетчик ВИСТ состоит из следующих узлов: электронного моноблока, первичных преобразователей расхода электромагнитного типа, термопреобразователей, датчиков давления, а также по требованию заказчика вспомогательного оборудования (принтер, модем, адаптер переноса данных и др.).

Теплосчетчик ВИСТ выполняет следующие функции:

- измерение количества потребленной теплоты в закрытых и открытых системах водяного теплоснабжения у потребителей теплоты;
- измерение объемного расхода и объема теплоносителя;
- измерение температуры и давления теплоносителя;
- вычисление массового расхода и массы теплоносителя с учетом текущей температуры;
- счет времени штатного и нештатного состояния ВИСТ, включая простои, неисправности, выход преобразователей за пределы нормируемых метрологических характеристик;
- регистрация в архивах глубиной не менее 45 суток среднечасовых значений параметров. Архивированная информация сохраняется при выключенном питании не менее 10 лет.

Счетчик тепловой энергии обеспечивает представление информации в форме:

- кодового электрического выходного сигнала в стандарте интерфейса RS232-C о количестве теплоты, массах и массовых расходах, температурах и давлениях воды в подающем и обратном трубопроводах, времени наработки, календарном времени и дате, а также заводском номере счетчика; возможно подключение к счетчику принтера и / или модема;
- на дисплее электронного блока осуществляется отображение текущих значений тепловой энергии, расходов и объемов теплоносителя (для режима

поверки), температур и давлений воды в подающем и обратном трубопроводах, времени наработки счетчика; производится индикация и сигнализация о наличии неисправности, обнаруженной системой самодиагностики

Верхние пределы измерения объемного расхода воды счетчика тепловой энергии ВИСТ соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 - Верхние пределы измерения объемного расхода воды теплосчетчика ВИСТ

|     | Средние скорости горячей воды, м/с, не более                   |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |
|-----|--|------|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| Ду  | 1,0  | 1,25 | 1,6 | 2,0  | 2,5  | 3,2 | 4,0  | 5,0  | 6,0  | 8,0  | 10,0 |
| мм  | Верхние пределы измерения объемного расхода, м <sup>3</sup> /ч |      |     |      |      |     |      |      |      |      |      |
| 25  | 2,5  | 3,2  | 4,0 | 5,0  | 6,0  | 8,0 | 10   | 12,5 | 16   | 20   | 25   |
| 40  | 5,0  | 6,0  | 8,0 | 10   | 12,5 | 16  | 20   | 25   | 32   | 40   | 50   |
| 50  | 6,0  | 8,0  | 10  | 12,5 | 16   | 20  | 25   | 32   | 40   | 50   | 60   |
| 80  | 16   | 20   | 25  | 32   | 40   | 50  | 60   | 80   | 100  | 125  | 160  |
| 100 | 25   | 32   | 40  | 50   | 60   | 80  | 100  | 125  | 160  | 200  | 250  |
| 150 | 60   | 80   | 100 | 125  | 160  | 200 | 250  | 320  | 400  | 500  | 600  |
| 200 | 100  | 125  | 160 | 200  | 250  | 320 | 400  | 500  | 600  | 800  | 1000 |
| 300 | 250  | 320  | 400 | 500  | 600  | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 |

Нижние пределы измерения объемного расхода воды соответствуют 0,4% от верхнего предела измерения расхода  $G_{\text{мин}} = 0,004 \times G_{\text{макс}}$ .

Допускаемая основная относительная погрешность измерения объемного расхода, % соответствует значениям, приведенным в таблице 5.

Таблица 5 - Допускаемая основная относительная погрешность измерения объемного расхода, %

| Диапазон расходов,<br>% верхнего предела | Пределы допустимой<br>относительной погрешности, % |
|--|--|
| 10 - 100                                 | 0,60   |
| 4- 10                                    | 0,75   |
| 1-4                                      | 1,10   |
| 0,4-1,0                                  | 1,60   |

Эксплуатационные характеристики:

Диапазон температур рабочей (измеряемой) среды:

=> от 0 до 150°C;

Максимальное давление рабочей (измеряемой) среды:

=> 2,5 МПа;

Диапазон электропроводности воды и водных растворов:

=> от 10-5 до 10 См/м.

Диапазон рабочих температур воздуха:

=> окружающего первичные электромагнитные преобразователи расхода от минус 30 до плюс 60 °С;

=> окружающего термопреобразователи и датчики давления в соответствии с эксплуатационной документацией на них;

=> окружающего электронный блок ВИСТ от плюс 5 до плюс 55 °С.

Диапазон рабочей относительной влажности воздуха:

=> окружающего первичные электромагнитные преобразователи расхода от 5 до 95 %;

=> окружающего термопреобразователи в соответствии с эксплуатационной документацией на них;

=> окружающего электронный блок ВИСТ от 5 до 95 %.

Степень защиты узлов теплосчетчика ВИСТ

=> Первичные преобразователи расхода э/м типа имеют степень защиты IP65. Электронные блоки ВИСТ имеют степень защиты IP40.

=> Степень защиты термопреобразователей и датчиков давления

приведены в соответствующей эксплуатационной документации на них.

Электронный блок непрерывно контролирует исправность первичных преобразователей расхода, температуры, давления и линий связи с ними. Данные диагностики выводятся на индикатор.

Питание электронного блока ВИСТ осуществляется от сети переменного тока (мощность не более 25 В-А) с напряжением  $220^{+10\%}_{-15\%}$  В и частотой (50±1) Гц.

2.3.6.1 Алгоритм расчета отпуска тепловой энергии для системы отопления (вентиляции)

Для определения количества теплоты согласно правилам учета тепловой энергии и теплоносителя используется формула:

$$\left( \sum_{i=1}^a G_{1i} \cdot h_{1i} - \sum_{j=1}^b G_{2j} \cdot h_{2j} - \sum_{k=1}^m G_{nk} \cdot h_{xвв} \right) \cdot 10^{-3}$$

Данная формула примет вид:

$$\left( \sum_{i=1}^a G_{1i} \cdot h_{1i} - \sum_{j=1}^b G_{2j} \cdot h_{2j} - \sum_{k=1}^m G_{nk} \cdot h_{xвв} \right) \cdot 10^{-3} =$$

С учетом закрытой системы :  $G_n = 0$

$$= G_1 \cdot h_1 - G_2 \cdot h_2 =$$

С учетом закрытой системы:  $G_2 = G_1$

$$G_1 \cdot h_i - G_2 \cdot h_2 = G_1 \cdot (h_i - h_2) = \underline{G_{nod} \cdot (h_{nod} - h_{обр})}$$

2.3.6.2 Алгоритм расчета отпуска тепловой энергии для горячего водоснабжения

Для определения количества теплоты согласно правилам учета тепловой энергии и теплоносителя используется формула:

$$\left( \sum_{i=1}^a G_{1i} \cdot h_{1i} - \sum_{j=1}^b G_{2j} \cdot h_{2j} - \sum_{k=1}^m G_{nk} \cdot h_{хвк} \right) \cdot 10^{-3}$$

С учетом открытой системы:

$$= G_1 \cdot h_1 - G_2 \cdot h_2 - G_n \cdot h_{хв} = [C \text{ учетом : } G_n = (G_1 - G_2)] =$$

$$= G_1 \cdot h_1 - G_2 \cdot h_2 - G_1 \cdot h_{хв} + G_2 \cdot h_{хв} = G_1 \cdot (h_1 - h_{хв}) - G_2 \cdot (h_2 - h_{хв}) =$$

С учетом программного ввода  $h_{хе}$

$$\underline{G_{nod} \cdot (h_{nod} - h_{хв}) - G_{обр} \cdot (h_{обр} - h_{хв})}$$

формула используемая в теплосчетчике ВИС.Т

### 2.3.7 Принцип действия узла учета тепла

Принцип работы счетчика тепловой энергии ВИС.Т состоит в одновременном измерении расхода, температуры и давления теплоносителя с последующим вычислением накопленного количества теплоты, объема и массы теплоносителя.

Для измерения объемного расхода жидкости в счетчике тепловой энергии

ВИС.Т используются электромагнитные преобразователи расхода. Электромагнитный преобразователь расхода основан на принципе электромагнитной индукции. При движении электропроводящей жидкости в поперечном магнитном поле в ней наводится электродвижущая сила. Величина электродвижущей силы, пропорциональна средней по сечению скорости потока жидкости. Поперечное магнитное поле воспроизводится с помощью пары катушек, размещаемых снаружи трубы первичного преобразователя из немагнитного материала. Электродвижущая сила измеряется двумя электродами, расположенными в одном поперечном сечении трубы заподлицо с внутренней стенкой футеровки, изолирующей их от металлической стенки трубы.

Для измерения температуры жидкости используются термодпары сопротивления по ГОСТ 6651-94 с НСХ ШОП и W100= 1,391.

Электронный блок счетчика тепловой энергии ВИС.Т включает в себя часть для измерения расхода (два входа электромагнитного преобразователя расхода, два входа преобразователя давления) и блок тепловычислителя, который необходим для последующей обработки информации, собираемой с термопреобразователей и части для измерения расхода.

Первичные преобразователи размещаются на подающем и обратном трубопроводах теплоснабжения в рядом с головными задвижками объекта.

Моноблок счетчика тепловой энергии ВИС.Т размещается на стене в помещении с ограниченным доступом и оснащенным устройствами сигнализации и контроля ЕСДКиУ.

Эти мероприятия обеспечивают безопасный подход к первичным преобразователям расхода и температуры и моноблоку счетчика тепловой энергии ВИС.Т.

### **2.3.8 Техническое обслуживание и эксплуатация приборов**

Счетчик тепловой энергии ВИС.Т является сложным измерительным прибором, сконструированным с применением процессоров и другой

современной элементной базы, поэтому его ремонт должен осуществляться в специализированных организациях, имеющих необходимое оборудование и разрешение на проведение ремонтных работ от предприятия-изготовителя.

Техническое обслуживание, термопреобразователей, датчиков давления, а также вспомогательных устройств (принтера, модема и т.п.) производить в соответствии с инструкциями (руководствами) по эксплуатации на это оборудование.

Порядок работы:

ВИСТ позволяет выводить на ЖКИ ряд измеряемых, вычисляемых и накапливаемых величин, сохранять полученные данные в архиве, распечатывать на принтере отчеты, выводить накопленную информацию через последовательный порт прибора и через модем.

Просмотр информации всех видов, а также выполнение прочих осуществляется посредством системы меню прибора. Используются шесть управляющих кнопок, расположенные на передней панели прибора ('\*', '↑', '↶', '←', '↓' и '⇒').

### **2.3.9 Меры безопасности при эксплуатации**

Источниками опасности при монтаже и эксплуатации счетчика тепловой энергии ВИСТ являются электрический ток, а также рабочая среда (вода), находящаяся под давлением до 2,5 МПа и с температурой до 150 °С.

На электронном блоке предусмотрен зажим, отмеченный знаком "Заземление", который необходимо присоединить к контуру защитного заземления.

В первичном электромагнитном преобразователе расхода отсутствуют опасные для жизни напряжения и он не требует защитного заземления.

При эксплуатации и обслуживании ВИСТ необходимо соблюдать "Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности)" при

эксплуатации электроустановок (ПОТ Р М - 016 - 2001, РД153 - 34.0 - 03. 150-00).

Не допускается устранять дефекты первичного преобразователя, не убедившись в отсутствии давления в трубопроводе.

Эксплуатация ВИСТ со снятыми крышками его составных частей не допускается.

### **2.3.10 Требования к монтажу**

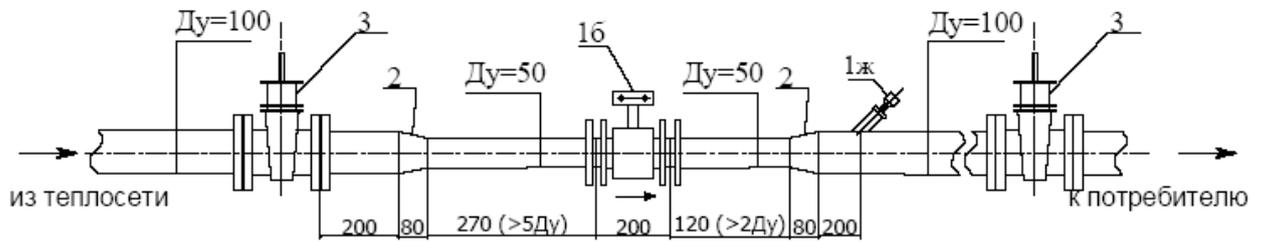
Диаметр трубопровода должен быть равен  $D_u$  первичного преобразователя (отклонение диаметров не более  $10 D_u$ ). Допускается установка первичного преобразователя на трубопроводах с меньшим или большим диаметром при условии использования конических (не более  $30^\circ$ ) переходов при условии равенства диаметров трубопровода до и после первичного преобразователя.

При установке первичного преобразователя необходимо совместить стрелку на корпусе первичного преобразователя с направлением движения измеряемой среды в трубопроводе.

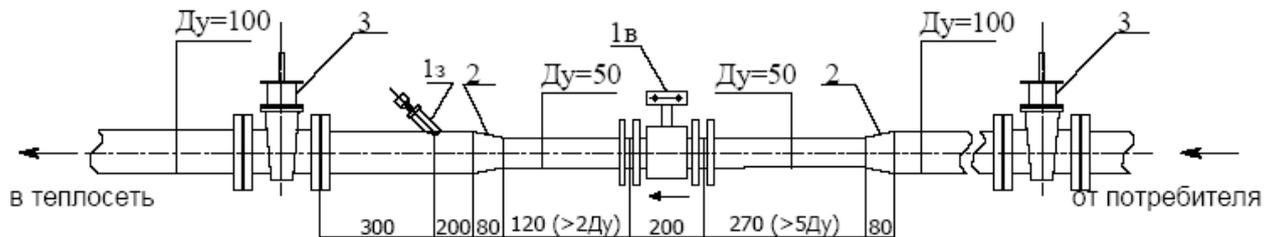
Наилучшее заполнение всего сечения трубопровода обеспечивается при вертикальном расположении первичного преобразователя. При возможности выпадения осадка из измеряемой среды первичный преобразователь также должен устанавливаться вертикально на восходящем потоке.

Первичный электромагнитный преобразователь расхода может быть установлен на горизонтальном, вертикальном или наклонном участках трубопровода при условии, что весь объем трубы первичного преобразователя в рабочих условиях заполнен водой, а ось электродов первичного преобразователя приблизительно горизонтальна (угол наклона оси электродов не более  $20^\circ$ ). Схема монтажа первичных преобразователей в системе отопления изображена на рисунке 14.

## Подающий трубопровод отопления



## Обратный трубопровод отопления



16 (1в) - первичные преобразователи на подающем (обратном) трубопроводе (устанавливаемые)

1ж (1з) - термопреобразователи на подающем (обратном) трубопроводе (устанавливаемые)

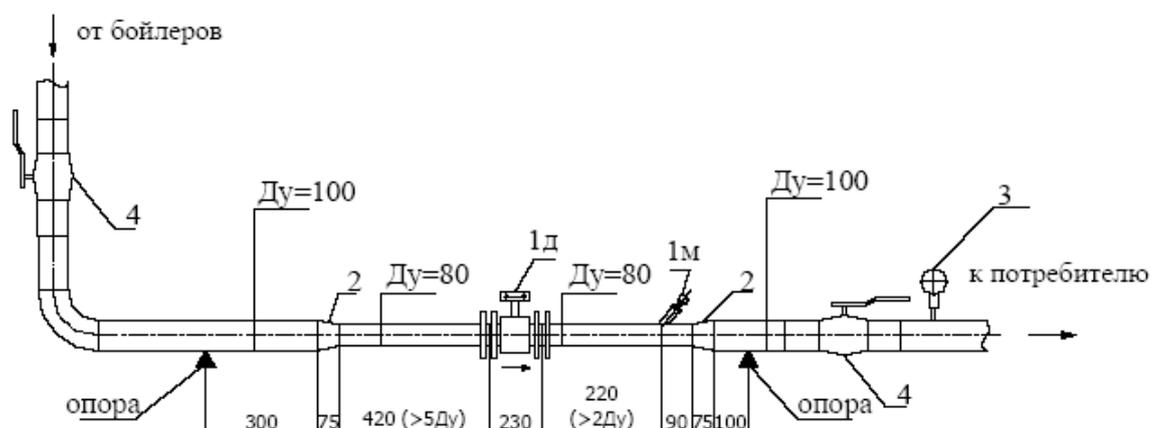
2 - переход 100 x 50 (устанавливаемый)

3 - задвижка Ду 100 (существующая)

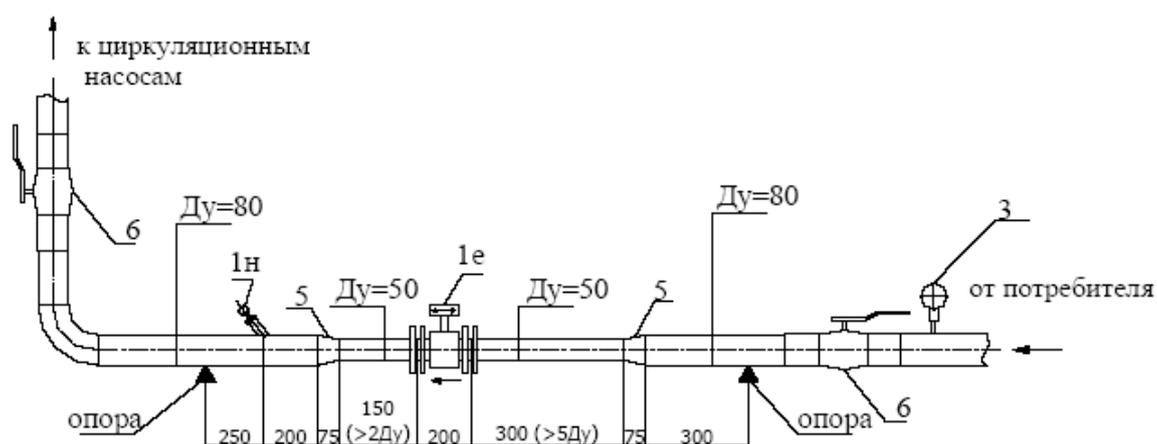
Рисунок 14 - Схема монтажа первичных преобразователей в системе отопления

Схема монтажа первичных преобразователей в системе ГВС приведена на рисунке 15.

## Подающий трубопровод ГВС



## Циркуляционный трубопровод ГВС

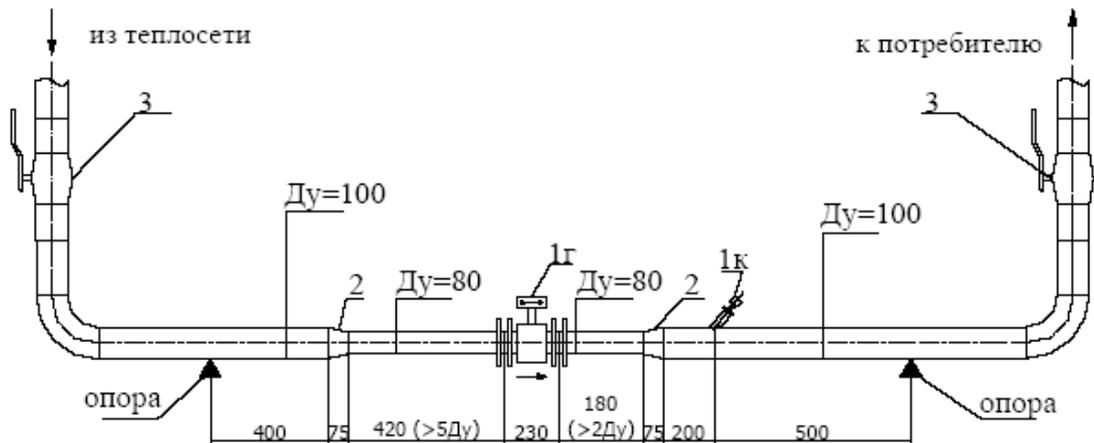


- 1д (1е) - первичные преобразователи на подающем (обратном) трубопроводе (устанавливаемые)
- 1м (1н) - термопреобразователи на подающем (обратном) трубопроводе (устанавливаемые)
- 2 - переход 100 x 80 (устанавливаемый)
- 3 - манометр показывающий (существующий)
- 4 - кран шаровой Ду 100 (существующий)
- 5 - переход 80 x 50 (устанавливаемый)
- 6 - кран шаровой Ду 80 (существующий)

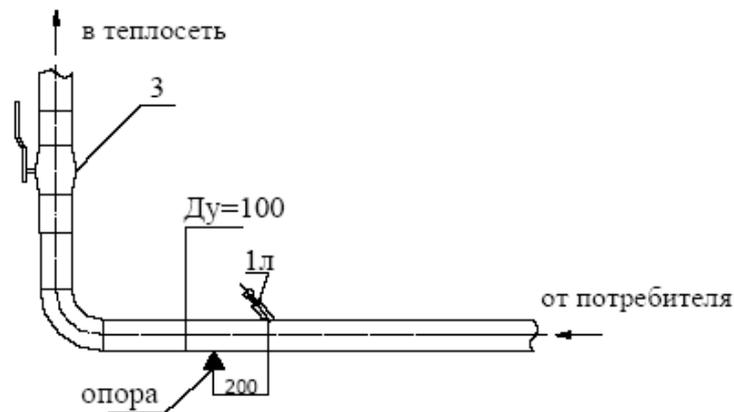
Рисунок 15 - Схема монтажа первичных преобразователей в системе ГВС

Схема монтажа первичных преобразователей в системе вентиляции приведена на рисунке 16.

## Подающий трубопровод вентиляции



## Обратный трубопровод вентиляции

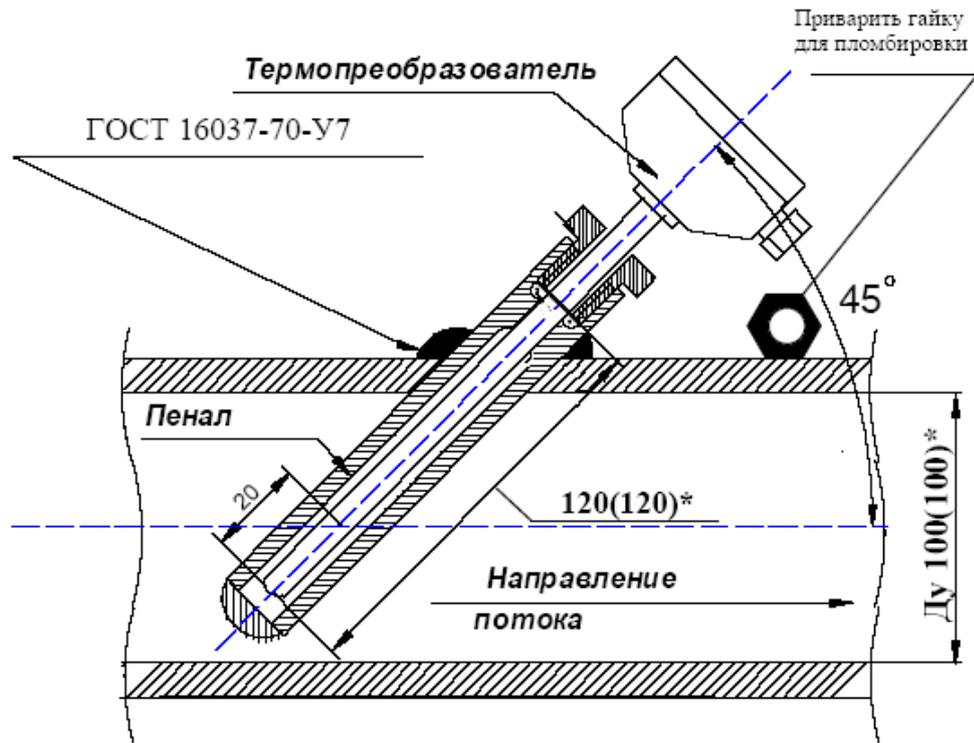


- 1г - первичный преобразователь на подающем трубопроводе (устанавливаемый)
- 1к (1л) - термопреобразователи на подающем (обратном) трубопроводе (устанавливаемые)
- 2 - переход 100 x 80 (устанавливаемый)
- 3 - шаровой кран Ду 100 (существующий)

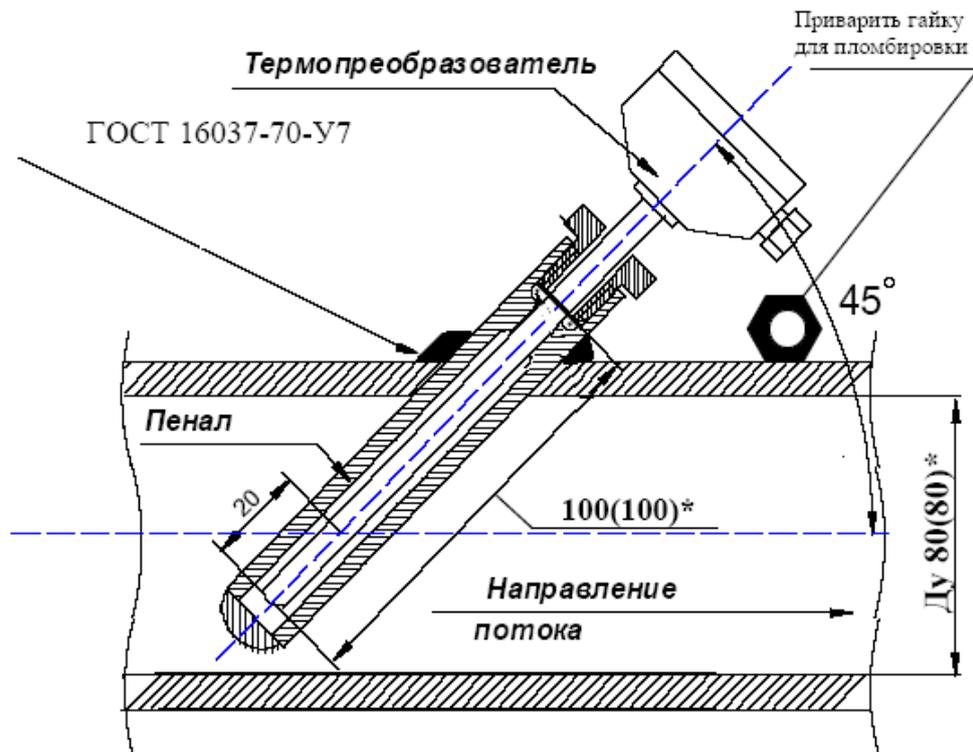
Рисунок 16 - Схема монтажа первичных преобразователей в системе вентиляции

Схема установки термопреобразователя приведена на рисунке 17.

## Трубопровод Ду 100



## Трубопровод Ду 80



\* В скобках размеры указаны для обратного трубопровода

Рисунок 17 - Схема установки термопреобразователя

При установке термопреобразователя в защитной гильзе на трубопроводе Ду=50 и менее необходимо использовать расширительный участок с Ду=80 при условии использования конических (не более 30°) переходов.

Рекомендуемые минимальные длины гладких, прямолинейных участков трубопровода приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Рекомендуемые минимальные длины гладких, прямолинейных участков трубопровода

| Тип гидравлического сопротивления   | Длина гладкого, прямолинейного участка без установленного оборудования, арматуры и сварных швов: |                            |
|---|--|----------------------------|
|   | перед ППР, nД <sub>y</sub>   | После ППР, nД <sub>y</sub> |
| Трубопровод без изменения диаметра и установленного оборудования и арматуры изменяющего конфигурацию прохода трубы (манометр, и т.д.) | 3  | 1                          |
| Заужение диаметра трубопровода (диффузор, конфузор)   | 3  | 1                          |
| Расширение диаметра трубопровода (диффузор, конфузор)   | 5  | 2                          |
| Колено с внутренним радиусом равным или большим 3Д <sub>y</sub>   | 3  | 1                          |
| Колено с внутренним рад. меньшим 3Д <sub>y</sub>  | 5  | 2                          |

Продолжение таблицы 6

|  |    |   |
|--|----|---|
| Два колена в разных плоскостях с внутренним радиусом равным или большим $3D_y$ | 7  | 3 |
| Два колена в разных плоскостях с внутренним радиусом меньшим $3D_y$            | 10 | 5 |
| Полностью открытая задвижка  | 5  | 2 |
| Частично открытая задвижка, насос  | 10 | 5 |

Длина линий связи между электронным блоком счетчика тепловой энергии ВИС.Т и каждым из первичных преобразователей расхода не более 10м. По заказу длина линий связи между электронным блоком ВИС.Т и каждым из первичных преобразователей расхода может быть увеличена до 150м.

Длина линий связи между электронным блоком счетчика тепловой энергии ВИС.Т и каждым преобразователем температуры не более 300м.

Монтаж первичных преобразователей производить только с помощью стандартных болтов и гаек, соответствующих фланцам трубопровода и первичного преобразователя.

Фланцы трубопроводов при монтаже первичного преобразователя должны быть соосны и плоскопараллельны друг другу.

При монтаже первичных преобразователей следует предусмотреть свободный доступ к клеммным колодкам. Кабели линий связи должны быть закреплены в непосредственной близости от первичных преобразователей таким образом, чтобы при конденсации влаги на кабелепроводе она не попадала внутрь клеммной коробки.

При повышенной влажности окружающей среды и/или возможности затопления места установки первичных преобразователей расхода необходимо произвести герметизацию мест ввода кабелепровода в штуцеры клеммных коробок с помощью термостойкого силиконового

герметика (типа "Виксинт" или аналогичного).

При возможной вибрации трубопровод должен быть закреплен на неподвижном основании до и после места установки первичного преобразователя.

Ответные фланцы трубопроводов и корпуса первичных преобразователей расхода должны быть надежно электрически соединены между собой с помощью медной плетенки.

При наличии двух и более первичных преобразователей расхода электромагнитного типа, находящихся неподалеку друг от друга, необходимо обеспечить надежное электрическое соединение трубопроводов между собой с сопротивлением заземляющего проводника не более 4 Ом.

Установка термопреобразователей: термопреобразователи устанавливаются: один на подающем трубопроводе (для марки КТПТР – с маркировкой "01"), второй - на обратном (для марки КТПТР – с маркировкой "01А"). Места установки преобразователей на трубопроводе должны быть по возможности ближе к входу и выходу трубопровода в объект, теплотребление которого измеряется.

Установка электронного блока: электронный блок ВИСТ навешивается на прикрепленную к стене плиту, при монтаже должны быть обеспечены: доступ к кнопкам управления, соединителям и розеткам на клеммной коробке и удобство наблюдения дисплея.

Монтаж электрических цепей:

- монтаж электрических цепей ВИСТ проводится в соответствии со схемой электрических соединений;

- вблизи расположения линии связи между блоками счетчика тепловой энергии ВИСТ не допускается наличие кабелей и электротехнических устройств, создающих электромагнитные поля частотой 50 Гц и напряженностью более 40 А/м.

- кабели линии связи для внешних соединений ВИСТ должны прокладываться в заземленных стальных трубах. Допускается прокладка кабелей в заземленном металлорукаве.

- не допускается прокладка в одной трубе (металлорукаве) кабелей питания индуктора и сигнального кабеля электродов.

- не допускается прокладка в одной трубе (металлорукаве) кабелей питания индуктора и сигнальных кабелей от разных первичных преобразователей.

- кабели линий связи должны быть закреплены в непосредственной близости от корпуса электронного блока. Корпус электронного блока необходимо заземлить (занулить).

Линию связи между первичным преобразователем расхода и электронным блоком проводить следующими кабелями:

- питание индукторов - кабелем КММ 2x0,35 или аналогичным кабелем с сечением жил по меди не менее 0,35 мм .

- сигналы с электродов - кабелем КММ 2x0,35 или аналогичным экранированным кабелем (витой парой). Сечение жил кабеля по меди не менее 0,12 мм .

- датчики давления подключаются к электронному блоку с помощью КММ 2x0,35 или аналогичными.

- термопреобразователи сопротивления подключаются к электронному блоку с помощью КММ 4x0,35 или аналогичными.

Выходной кодовый сигнал снимается с выхода электронного блока (RS-232C) двухпроводной линией связи, выполненной витой парой с экраном; сечение жил кабеля - от 0,2 до 0,35 мм<sup>2</sup>; сопротивление нагрузки должно быть не менее 10 кОм, емкость - не более 1000 пФ.

Сетевое питание электронного блока кабелем ПВС 3x0,75 или аналогичными.

Подключение принтера и модема: электронный блок имеет два интерфейсных разъема "ПРИНТЕР" и "МОДЕМ". Разъем "ПРИНТЕР"

предназначен для непосредственного вывода информации на принтер. Разъем "МОДЕМ" предназначен для вывода информации на компьютер, модем или адаптер переноса данных. Соединение с принтером и модемом производится с помощью "модемного" кабеля типа DB9F - DB25M, соединение с компьютером производится с помощью "нуль-модемного" кабеля типа DB9F - DB25F. Удаленные принтер и модем подключаются к теплосчетчику через линию связи, выполненную медным проводом типа МКЭШ-2x0,5, ТРП-2-0,04, ПКСВ-2 или аналогичным. Длина линии связи между теплосчетчиком и принтером, а также между теплосчетчиком и компьютером (модемом) - не более 1000 м.

## **Выводы по второй главе**

1. Рассмотрены назначение, технические средства и программное обеспечение АИИСКУЭ «Текон-Автоматика» и «МЗЭП-Энергия». Установлено, что обе рассмотренных системы АИИСКУЭ способны обеспечить автоматизацию учета потребленной электроэнергии в жилом многоквартирном доме. Окончательный выбор системы АИИСКУЭ будет определяться результатами оценки экономической эффективности внедрения этих систем.

2. Рассмотрен принцип работы счетчика тепловой энергии ВИС.Т, который состоит в одновременном измерении расхода, температуры и давления теплоносителя с последующим вычислением накопленного количества теплоты, объема и массы теплоносителя. Рассмотрены меры безопасности и определены основные требования к монтажу счетчиков тепловой энергии.

3. Выполнен выбор первичных преобразователей для теплосчетчика, которые подбираются по расходу теплоносителя в оптимальном для работы прибора диапазоне скоростей, с учетом габаритных размеров места установки, а также диаметра условного прохода теплопровода.

### **3 Оценка экономической эффективности внедрения АИИСКУЭ**

Жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) является одной из самых проблемных составляющих энергетики. В настоящее время ситуация в жилищно-коммунальном хозяйстве выглядит следующим образом:

- Потери в электрических сетях (коммерческие и технические) достигают 20 - 30%, что связано с неэффективным применением силового электрооборудования, низкой точностью учета энергоресурсов, недоучетом потребленных ресурсов и воровством энергетических ресурсов при передаче их потребителям.

- низкая сознательность населения в вопросах оплаты за потребленные энергетические ресурсы, усугубляемая экономическим кризисом и падением доходов населения.

- социальная напряженность, определяемая низкой эффективностью организации предоставления коммунальных услуг, непрозрачностью выставления счетов за энергоресурсы.

Нормализовать обстановку только организационными мероприятиями не представляется возможным, либо влечет за собой крупные трудозатраты.

В распределительных электрических сетях коммерческие потери электроэнергии при передаче ее населению находятся на высоком уровне и необходимо принятие скорейших мер по их уменьшению. Основным направлением по снижению этих потерь является автоматизация и повышение точности учета передаваемой в электрическую сеть и полезно потребляемой электроэнергии, а также регулирование электропотребления абонентов.

В данное время становится очевидно, что одним из основных путей развития энергосбережения в сфере жилищно-коммунального хозяйства являются:

1. Автоматизация учета потребления энергоресурсов и расчетов с населением за эти энергоресурсы. Осуществление ряда мероприятий, способствующих переходу от нормативного начисления за потребленные

энергоресурсы к сквозному фактическому учету потребленных энергетических ресурсов. Усовершенствование системы сбора и приема платежей от населения за услуги ЖКХ.

2. Скорейшая замена устаревших индукционных счетчиков электрической энергии классов точности 2,0 и 2,5 на электронные приборы класса 0,5. Опыт эксплуатации индукционных счетчиков электрической энергии показал, что их погрешность после 10 лет эксплуатации как правило превышает в отрицательную сторону допустимый уровень в несколько раз.

3. Внедрение автоматизированных информационно-измерительных систем контроля и учета электрической энергии (АИИСКУЭ). Только использование информации автоматизированных информационно-измерительных систем контроля и учета электрической энергии при расчетах за потребленную потребителем электроэнергию позволит полностью исключить потери от "недоучета" и сравнить уровень коммерческих потерь с их расчетными техническими значениями. Без использования автоматизированных информационно-измерительных систем контроля и учета электрической энергии выявление воровства электрической энергии является очень сложной задачей. Доля таких потерь в коммерческой составляющей потерь передаче электроэнергии в частном секторе достигает 50%.

С коммерческими потерями необходимо бороться и одним из наиболее эффективных путей является применение автоматизированных информационно-измерительных систем контроля и учета электрической энергии. Несмотря на крупные капиталовложения на начальном этапе внедрения систем АИИСКУЭ, реальное снижение коммерческих потерь до уровня 3 - 4% в районах с многоэтажной застройкой и 5 - 7% в районах с малоэтажной застройкой не представляется возможным.

Опыт эксплуатации автоматизированных информационно-измерительных систем контроля и учета электрической энергии в ЗАО «Квант» г. Тольятти показывает, что в жилых микрорайонах многоэтажной застройки достигается

снижение коммерческих потерь электрической энергии на 25% и увеличение уровня оплаты населением за потребленные энергоресурсы на 20%.

Практическая реализация автоматизации учета энергетических ресурсов требует значительных капитальных затрат и времени. Но дополнительная эффективность внедрения автоматизированных информационно-измерительных систем контроля и учета электрической энергии в жилищно-коммунальном хозяйстве заключается в выявлении небалансов в распределительных и внутридомовых сетях 0,4 кВ, возможности дотоверной оценки потерь электроэнергии в сети 6/10 кВ до границы балансовой принадлежности (ГБП) и точек расчета за потребленные энергоресурсы, управления электропотреблением у потребителей.

Социально-экономическими эффектами от внедрения автоматизированных информационно-измерительных систем контроля и учета электрической энергии являются:

- возможность для бытовых потребителей оплачивать собственное потребление электроэнергии по дифференцируемому во времени суток тарифу;
- возможность расчетов с использованием низкой стоимости социальной нормы, установленной для потребителей и оплаты перепотребления выше этой нормы по повышенному тарифу;
- сокращение роста тарифов за счет уменьшения коммерческих потерь в распределительных сетях города;
- возможность приведения тарифов на энергоресурсы к уровню справедливых и экономически обоснованных;
- противодействие воровству энергетических ресурсов и борьба с неплатежами за потребленные энергетические ресурсы;
- контроль обоснованности размеров предоставленных субсидий на оплату энергоресурсов и их использование по назначению;
- возможность получения подтвержденных инструментальным путем балансов водо-, тепло- и электроснабжения;

- прозрачность структуры затрат на производство, распределение и потребление энергетических ресурсов по категориям потребителей, что позволит выполнять оперативный контроль и учет производства энергоресурсов в региональной энергосистеме с учетом экономических критериев;

- переход от нормированных значений к фактическому учету энергетических ресурсов и начислению оплаты по ним;

- экономическое обоснование тарифов на потребление энергетических ресурсов.

Инвестиционная привлекательность проекта внедрения автоматизированных информационно-измерительных систем контроля и учета электрической энергии заключается в следующем:

- реализация АИИСКУЭ будет приносить ежегодный экономический эффект за счет снижения уровня коммерческих потерь;

- снижение потерь энергетических ресурсов в системе энергоснабжения;

- возможность контроля за состоянием городских распределительных сетей;

- формирование конкурентного рынка сбыта энергетических ресурсов;

- привлечение дополнительных инвестиций в создание и развитие высокотехнологичной инфраструктуры сбыта энергоресурсов.

### **3.1 Расчет капитальных вложений**

Капитальные вложения включают расходы, связанные с приобретением и монтажом электрооборудования, сооружением воздушных и кабельных линий, распределительных устройств и др. Стоимость оборудования определяется по методическому указанию.

Таблица 7 – Затраты на оборудование

| №  | Наименование элементов схемы                  | Ед. изм. | Количество | Сметная стоимость с учетом строительно-монтажных работ в руб. |                 |
|--|---|----------|------------|---|-----------------|
|  |   |          |            | Единицы   | Общая стоимость |
| 1  | 2   | 3        | 4          | 5   | 6               |
| <b>Базовый вариант (АИИСКУЭ «Текон-Автоматика»)</b>    |   |          |            |   |                 |
| 1  | Однофазный счетчик электрической энергии      | шт.      | 260        | 960   | 249 600         |
| 2  | Трехфазный счетчик электрической энергии      |          | 15         | 2 145   | 32 175          |
| 3  | Локальный блок сбора данных (ЛБСД)            |          | 1          | 68 401  | 68 401          |
| 4  | Модем многоканальный электросетевой PLM-4CN   |          | 69         | 5 131   | 354 039         |
| 5  | GSM-модем                                     |          | 2          | 12 045  | 24 090          |
| 6  | Кабель телеметрический КТМ.011-1795838-00     |          | 275        | 23  | 6 325           |
| 7  | Кабель питания (однофазный) КП.012-1795838-00 |          | 69         | 26  | 1 794           |
| 8  | Монтажный комплект                            |          | 69         | 33  | 2 277           |
|  | <b>Всего Кбаз.=Кобор.:</b>                    |          |            |   | <b>738 701</b>  |
| <b>Альтернативный вариант (АИИСКУЭ «МЗЭП-Энергия»)</b> |   |          |            |   |                 |
| 1  | Однофазный счетчик электрической энергии      | шт.      | 260        | 1 350   | 351 000         |
| 2  | Трехфазный счетчик электрической энергии      |          | 15         | 2 600   | 39 000          |
| 3  | Трансформаторы тока                           |          | 45         | 369   | 16 605          |
| 4  | УСПД ЭнерКон                                  |          | 1          | 25 650  | 25 650          |
| 5  | Шкаф АСКУЭ                                    |          | 1          | 5 175   | 5 175           |
|  | <b>Всего Кальт.= Кобор.:</b>                  |          |            |   | <b>437 430</b>  |

Кбаз. 738 701 руб

Кальт. 437 430 руб.

Вывод: Базовый вариант капитальных вложений дороже альтернативного варианта на 301 271 руб.

### 3.2 Укрупненный расчет годовых эксплуатационных расходов

Расчет годовых эксплуатационных расходов (затрат) производится для базового и альтернативного вариантов. Затраты связанные с передачей и распределением энергии внутри предприятия (Зэкспл) включают:

- амортизационные отчисления (Зам);
- затраты на оплату труда (Зфот), в том числе:
  - основная зарплата рабочих (Зосн );
  - дополнительная зарплата рабочих (Здоп);
  - отчисления на социальные нужды (Зсоц);
- стоимость потерь в линиях и трансформаторах (Зпот);
- ремонтный фонд (Зрф);
- охрана труда и техника безопасности (Зтб);

#### 3.2.1 Расчет амортизационных отчислений

Амортизационные отчисления определяются по формуле, тыс. руб.

$$Зам = (Кобор \times На) / 100$$

где *Кобор* - первоначальная стоимость основных фондов (элементов схемы), для базового и альтернативных вариантов, *тыс. руб.*

*На* - норма амортизации, соответственно по видам оборудования, %, (по заданию).

Базовый вариант:

$$Зам = (Кобор \times На) / 100 = 738701 \cdot 6 / 100 = 44322 \text{ руб.}$$

Альтернативный вариант:

$$Зам = (Кобор \times На) / 100 = 437430 \cdot 6 / 100 = 26245 \text{ руб.}$$

### **3.2.2 Определение численности рабочих для ремонта и эксплуатации схемы электроснабжения**

Затраты на оплату труда включают основную и дополнительную зарплату ремонтно-эксплуатационного персонала. Чтобы определить затраты на формирование годового фонда оплаты труда заработную плату, следует рассчитать численность рабочих, необходимых для ремонта и эксплуатации оборудования конкретной схемы электроснабжения.

Основным критерием для определения численности персонала является количество и степень сложности производимых ремонтных работ электрооборудования. При определении численности ремонтного и эксплуатационного персонала необходимо учитывать выполнение следующих видов работ по техническому обслуживанию оборудования: межремонтное обслуживание (эксплуатационное) элементов схемы, текущий ремонт, средний ремонт; капитальный ремонт.

Кроме того необходимы сведения о продолжительности ремонтного цикла для каждого типа оборудования схемы электроснабжения, категория сложности ремонта энергооборудования. Время, необходимое в течении года на ремонт однотипного электрооборудования энергетической установки, т.е. трудоемкость ремонта (н/час), можно определить по формуле, норма/час:

$$V = \frac{12 \cdot 1,2 \cdot P_m + 7 \cdot P_c + 15 \cdot P_k}{\alpha \cdot П_k} \cdot \sum R ,$$

где 1,2; 7; 15; - примерная норма времени на ремонт одной условной ремонтной единицы, час.

$P_m, P_c, P_k$  - соответственно количество текущих, средних и капитальных

ремонтов:  $P_m=8,4$ ,  $P_c=0$ ,  $P_k=0,6$ .

$P_k$  - продолжительность ремонтного цикла между капитальными ремонтами, месяцев;  $P_k=180$  месяцев.

$\alpha$  – коэффициент, зависящий от числа смен работы оборудования: при трехсменной – 0,6;

$\Sigma R$ - сумма условных ремонтных единиц по данному виду оборудования, у.р.ед. Находится как произведение количества оборудования на категорию ремонтной сложности.

Нормы времени на одну условную ремонтную единицу (у.р.ед) приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Нормы времени

| Наименование работ | Электро-санитарные | Санитарные | Прочие | Всего часов |
|--------------------|--------------------|------------|--------|-------------|
| Текущий ремонт     | 1                  | 0,2        | -      | 1,2         |
| Средний ремонт     | 5                  | 1          | 1      | 7           |
| Капитальный ремонт | 11                 | 2          | 2      | 15          |

Для расчета трудоемкости целесообразно составить таблице 9.

Таблица 9 - Трудоемкость ремонта

| № | Наименование оборудования                | Единицы измерения | Количество оборудования | Категория ремонтной сложности | Суммарная ремонтно-сложность (усл.р.ед.) |
|---|--|-------------------|-------------------------|-------------------------------|--|
| 1 | 2  | 3                 | 4                       | 5                             | 6  |
| 1 | Однофазный счетчик электрической энергии | шт.               | 260                     | 2                             | 520                                      |
| 2 | Трехфазный счетчик электрической энергии |                   | 15                      | 4                             | 60                                       |
| 3 | Локальный блок сбора данных (ЛБСД)       |                   | 1                       | 4                             | 4  |

Продолжение таблицы 9

| 1  | 2   | 3 | 4   | 5   | 6   |
|----|---|---|-----|-----|-----|
| 4  | Модем многоканальный электросетевой PLM-4CN   |   | 69  | 2   | 138 |
| 5  | GSM-модем                                     |   | 2   | 2   | 4   |
| 6  | Кабель телеметрический КТМ.011-1795838-00     |   | 275 | 1   | 25  |
| 7  | Кабель питания (однофазный) КП.012-1795838-00 |   | 69  | 1   | 69  |
| 8  | Монтажный комплект                            |   | 69  | 1   | 69  |
| 9  | Однофазный счетчик электрической энергии      |   | 260 | 2   | 520 |
| 10 | Трехфазный счетчик электрической энергии      |   | 15  | 4   | 60  |
| 11 | Трансформаторы тока                           |   | 45  | 2,2 | 99  |
| 12 | УСПД ЭнерКон                                  |   | 1   | 4   | 4   |
| 13 | Шкаф АСКУЭ                                    |   | 1   | 4   | 4   |

Продолжение таблицы 9

| № | Продолжительность ремонтного цикла (мес.) | Количество ремонтов в цикле при 3-х сменной работе |   |     | Коэффициент, зависящий от числа смен работы оборудования | Трудоемкость, Н/час. |
|---|---|--|---|-----|--|----------------------|
|   |   | Т  | С | К   |  |                      |
|   | 7   | 8  | 9 | 10  | 11   | 12                   |
| 1 | 180                                       | 8,4  | 0 | 0,6 | 0,6  | 1102,4               |
| 2 | 180                                       | 8,4  | 0 | 0,6 | 0,6  | 127,2                |
| 3 | 180                                       | 8,4  | 0 | 0,6 | 0,6  | 8,5                  |

Продолжение таблицы 9

|    | 7   | 8   | 9 | 10  | 11  | 12     |
|----|-----|-----|---|-----|-----|--------|
| 4  | 180 | 8,4 | 0 | 0,6 | 0,6 | 292,6  |
| 5  | 180 | 8,4 | 0 | 0,6 | 0,6 | 8,5    |
| 6  | 180 | 8,4 | 0 | 0,6 | 0,6 | 583    |
| 7  | 180 | 8,4 | 0 | 0,6 | 0,6 | 146,3  |
| 8  | 180 | 8,4 | 0 | 0,6 | 0,6 | 146,3  |
| 9  | 180 | 8,4 | 0 | 0,6 | 0,6 | 1102,4 |
| 10 | 180 | 8,4 | 0 | 0,6 | 0,6 | 127,2  |
| 11 | 180 | 8,4 | 0 | 0,6 | 0,6 | 209,9  |
| 12 | 180 | 8,4 | 0 | 0,6 | 0,6 | 8,5    |
| 13 | 180 | 8,4 | 0 | 0,6 | 0,6 | 8,5    |

Базовый вариант:  $V = 2415$  Н/час.

Альтернативный вариант:  $V = 1456$  Н/час.

По итогу трудоемкости (графа 12, таблица 9) следует определить численность ремонтных рабочих, для базового и альтернативного вариантов, чел:

$$Ч_{рем} = \frac{V}{F_{эф} \cdot K_{вн}},$$

где  $F_{эф}$  – годовой эффективный (полезный) фонд времени одного рабочего, час. (Дано в задании,  $F_{эф} = 2008$  часов.)

Так же эффективный фонд времени на промышленном предприятии при пятидневной рабочей неделе можно определить по формуле, час:

$$F_{эф} = (365 - V_{ых} - Праз - Кнев) \times 8,2.$$

При шестидневной рабочей неделе, час:

$$F_{эф} = (365 - V_{ых} - Праз - Кнев) \times 7.$$

где 365 – число дней в году;

*Вых* - 104 и 52 – соответственно выходных дней в году;

*Праз* – число праздничных дней;

*Кнев* – число планируемых невыходов (очередные и ученические отпуска, выполнение государственных обязанностей, болезней и др.), по данным предприятия, дней.

*Квн* – коэффициент выполнения годового фонда времени по цеху, участку (1, 08...1,1).

Базовый вариант:

$Ч_{рем} = 1,09$  чел.

Принимаем двух человек.

Альтернативный вариант:

$Ч_{рем} = 0,66$  чел.

Принимаем одного человека.

Численность рабочих для эксплуатационного (межремонтного) обслуживания элементов схемы определяется исходя из суммы условных ремонтных единиц (графа 6, таблица 9) данной схемы электроснабжения по формуле:

$$Ч_{эксп} = \frac{\sum R \cdot n}{H}, \text{ чел}$$

где  $\sum R$  – сумма условных ремонтных единиц по всей группе данного оборудования схемы;

$H$  – норма обслуживания на одного рабочего в год, т.е. количество условных ремонтных единиц, приходящееся на одного рабочего с учетом условий, где находится энергооборудование.  $H=900$  у. р. е.

$n$  – число смен работы персонала рабочих: три.

Базовый вариант:

$$Ч_{\text{эксп}} = \frac{1139 \cdot 3}{900} = 3,8 \text{ чел.}$$

Альтернативный вариант:

$$Ч_{\text{эксп}} = \frac{687 \cdot 3}{900} = 2,3 \text{ чел.}$$

Для первого варианта возьмем 4 человека, для второго 3 человека.

Общая численность персонала рабочих схемы электроснабжения составит, чел.:

$$Ч_{\text{общ}} = Ч_{\text{рем}} + Ч_{\text{эксп}}$$

Базовый:

$$Ч_{\text{общ}} = 2 + 4 = 6 \text{ чел.}$$

Альтернативный:

$$Ч_{\text{общ}} = 1 + 3 = 4 \text{ чел.}$$

Далее следует распределить рабочих по уровню квалификации. Распределение по уровню квалификации зависит от сложности энергооборудования и местных условий производства. В соответствии с системой планово – предупредительного ремонта энергооборудование с категорией сложности до 36 обслуживается рабочими со средним разрядом 4,5; свыше 36 – средний разряд рабочих 5,5.

Рабочих следует разбить по бригадам и составить таблицы 10, 11.

Таблица 10 - Примерный состав бригады ремонтно – эксплуатационного персонала для базового варианта

| Профессия     | Тарифный разряд | Тарифная ставка | Число ремонтных рабочих в бригаде | Число эксплуатационных рабочих |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Электромонтер | III             | 40              | 1                                 | 1                              |
| -//-          | V               | 50              | 0                                 | 1                              |
| -//-          | IV              | 45              | 1                                 | 2                              |

Таблица 11 - Примерный состав бригады ремонтно – эксплуатационного персонала для альтернативного варианта

| Профессия     | Тарифный разряд | Тарифная ставка | Число ремонтных рабочих в бригаде | Число эксплуатационных рабочих |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Электромонтер | III             | 40              | 1                                 | 1                              |
| -//-          | V               | 50              | 0                                 | 1                              |
| -//-          | IV              | 45              | 0                                 | 1                              |

### 3.2.3 Расчет фонда оплаты труда рабочих

Годовой фонд заработной платы ( $Z_{фот}$ ) складывается из основной ( $Z_{осн}$ ) и дополнительной зарплаты ( $Z_{доп}$ ):

$$Z_{фот} = Z_{осн} + Z_{доп} .$$

Основная заработная плата включает: тарифную зарплату, премию за выполнение производственных заданий, различные виды доплат за отклонение

от нормальных условий труда (совмещение профессий, за бригадирство, за работу в ночное время, в праздничные дни и др.), предусмотренных трудовым законодательством, руб.:

$$Z_{осн} = F_{эф} \cdot \sum Ni \cdot t_{см,i} \cdot \left(1 + \frac{V_{пр}}{100}\right),,$$

где  $Ni$  – количество рабочих  $i$ -го разряда;

$t_{см,i}$  – часовая тарифная ставка  $i$ -го разряда, руб.;

$V_{пр}$  – премии и доплаты в процентах,  $V_{пр} = 50\%$ .

Базовый:

$$Z_{осн} = 2008 \cdot (2 \cdot 40 + 3 \cdot 45 + 1 \cdot 50) \cdot \left(1 + \frac{50}{100}\right) = 798180 \text{ руб.}$$

Альтернативный:

$$Z_{осн} = 2008 \cdot (2 \cdot 40 + 1 \cdot 45 + 1 \cdot 50) \cdot \left(1 + \frac{50}{100}\right) = 527100 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата, руб.:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot \frac{K_{доп}}{100\%},$$

где  $K_{доп}$  — дополнительная заработная плата, исчисляется в % к основной,  $K_{доп} = 15\%$ .

Базовый:

$$Z_{доп} = 798180 \cdot \frac{15}{100\%} = 119727 \text{ руб.}$$

Альтернативный:

$$З_{дон} = 527100 \cdot \frac{15}{100\%} = 79065 \text{ руб.}$$

Дополнительная зарплата согласно трудовому законодательству выплачивается за время, не проработанное на производстве (очередные и ученические отпуска, выполнение государственных обязанностей и др.).

Базовый:

$$З_{фот} = 798180 + 119727 = 917907 \text{ руб.}$$

Альтернативный:

$$З_{фот} = 527100 + 79065 = 606165 \text{ руб.}$$

#### 3.2.4 Расчет отчислений на социальные нужды

Денежные средства на социальные нужды ежемесячно перечисляются во внебюджетные фонды, в том числе: в пенсионный фонд; в фонд обязательного медицинского страхования; в фонд социального страхования.

Определить величину отчислений на социальные нужды от суммы основной и дополнительной зарплаты ( $З_{фот}$ ), по действующему проценту, руб.:

$$З_{соц} = З_{фот} \times О_{соц} / 100\%$$

где  $О_{соц}$ — процент отчислений на социальные нужды ( $О_{соц}=30\%$ ).

Базовый:

$$Z_{соц} = 917907 \times 30 / 100\% = 275372 \text{ руб.}$$

Альтернативный:

$$Z_{соц} = 606165 \times 30 / 100\% = 181850 \text{ руб.}$$

### 3.3 Расчет отчислений в ремонтный фонд

Отчисления в ремонтный фонд ( $Z_{рем}$ ) включают расход запасных частей, кабельной продукции, вспомогательных материалов и т.д., и практически определяются косвенно, например сложившимся на предприятии процентом от основной заработной платы рабочих в электрохозяйстве или процентом от суммы капитальных затрат ( $K$ ). В данном курсовом проекте используется формула:

$$Z_{рем} = K \times V_{рем} / 100\%$$

где  $V_{рем}$  — процент на ремонт электрооборудования на данном предприятии,  $V_{рем}=2\%$ .

Базовый вариант:

$$Z_{рем} = 738701 \times 2 / 100\% = 14774 \text{ руб.}$$

Альтернативный вариант:

$$Z_{рем} = 437430 \times 2 / 100\% = 8749 \text{ руб.}$$

### 3.4 Расчет отчислений на охрану труда и технику безопасности

Отчисления на охрану труда и технику безопасности ( $Z_{тб}$ ) можно определить по формуле:

$$Z_{тб} = Ч_{раб} \times H_{тб}$$

где  $H_{тб}$  – норма расхода средств техники безопасности и охраны труда на одного рабочего (спецодежда, диэлектрические перчатки, боты, коврики и т.д.) в год, руб ( $H_{тб}=3800$ ).

Базовый:

$$Z_{тб} = 6 \times 3800 = 22800 \text{ руб.}$$

Альтернативный:

$$Z_{тб} = 4 \times 3800 = 15200 \text{ руб.}$$

### 3.5 Составление годовой сметы затрат на ремонт и эксплуатацию

Для составления годовой сметы затрат на ремонт и эксплуатацию полученные результаты расчета всех затрат по двум вариантам - базовому и альтернативному следует заключить в таблицу 12.

Таблица 12 - Годовая смета затрат на ремонт и эксплуатацию схемы электроснабжения

| № п/п | Издержки                   | Индекс затрат | Затраты по варианту, руб. |                |
|-------|----------------------------|---------------|---------------------------|----------------|
|       |                            |               | базовый                   | альтернативный |
| 1     | 2                          | 3             | 4                         | 5              |
| 1     | Амортизационные отчисления | Зам.          | 44322                     | 26245          |

Продолжение таблицы 12

| 1 | 2  | 3       | 4       | 5      |
|---|--|---------|---------|--------|
|   | Затраты на оплату труда в т.ч.                 |         |         |        |
| 2 | - основная зарплата производственных рабочих   | Зосн    | 798180  | 527100 |
|   | - дополнительная зарплата произ. рабочих       | Здоп    | 119727  | 79065  |
|   | -отчисления на социальные нужды                | Зсоц    | 275372  | 181850 |
|   | итого годовой фонд оплаты труда                | Зфот    | 1193279 | 788015 |
| 3 | Ремонтный фонд                                 | Зрем.ф. | 14774   | 8749   |
| 4 | Затраты на охрану труда и технику безопасности | Зт.б.   | 22800   | 15200  |
| 5 | ИТОГО:   | Зэкспл  | 1275175 | 838209 |

Результаты расчетов затрат на установку АИИСКУЭ «Текон-Автоматика» сведем в таблицу 13.

Рассчитаем ожидаемую прибыль от снижения потерь электроэнергии на 25% и увеличение уровня оплаты населения на 20%:

$$П_{р.ож.} = З_{до\ установки\ АИИСКУЭ} - З_{после\ установки\ АИИСКУЭ}.$$

$$П_{р.ож.} = (62,275 - 41,519) \cdot 12 = 249,3 \text{ тыс.руб./год}$$

Налог на прибыль равен:

$$Н_{приб.} = П_{р.ож.} \cdot К_{налог},$$

где  $К_{налог}$  – коэффициент налогообложения прибыли, равный 15%.

Таблица 13 - Затраты на установку АИИСКУЭ «Текон-Автоматика» в жилом доме

| Наименование                                  | Цена за ед. с учетом НДС, руб. | Кол-во, шт. | Общая стоимость, руб. | Примечание  |
|---|--------------------------------|-------------|-----------------------|---|
| Однофазный счетчик электрической энергии      | 960                            | 260         | 249 600               | Квартирные счетчики                               |
| Трехфазный счетчик электрической энергии      | 2 145                          | 15          | 32 175                | Счетчики в щитовой и в торгово-офисных помещениях |
| Локальный блок сбора данных (ЛБСД)            | 68 401                         | 1           | 68 401                | Один на ТП 6-10/0,4 кВ                            |
| Модем многоканальный электросетевой PLM-4CN   | 5 131                          | 69          | 354 039               | Обслуживает до 4-х точек учета                    |
| GSM-модем                                     | 12 045                         | 2           | 24 090                | 1 к ЛБСД, 1 в диспетчерскую                       |
| Кабель телеметрический КТМ.011-1795838-00     | 23                             | 275         | 6 325                 | По количеству точек учета                         |
| Кабель питания (однофазный) КП.012-1795838-00 | 26                             | 69          | 1 794                 | По количеству модемов                             |
| Монтажный комплект                            | 33                             | 69          | 2 277                 | На один модем                                     |
| <b><i>ИТОГО</i></b>                           |                                |             | <b>738 701</b>        |   |

$$N_{\text{приб.}} = 249,3 \cdot 0,15 = 37,4 \text{ тыс.руб./год}$$

Тогда чистая ожидаемая прибыль составит:

$$P_{\text{р.чист.}} = P_{\text{р.ож.}} - N_{\text{приб.}}$$

$$P_{\text{р.чист.}} = 249,3 - 37,4 = 211,9 \text{ тыс.руб./год}$$

Определим срок окупаемости капиталовложений в установку АИИСКУЭ:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{в.з. пр.}} / P_{\text{р.чист.}}$$

где  $K_{\text{в.з. пр.}}$  – инвестиции для приобретения нового электрооборудования.

$$T_{\text{ок}} = 738,7 / 211,9 = 3,5 \text{ года.}$$

Затраты и экономия затрат при внедрении АИИСКУЭ «Текон-Автоматика» изображены на рисунке 18.

Результаты расчетов затрат на установку АИИСКУЭ «МЗЭП-Энергия» сведем в таблицу 14.

Таблица 14 - Затраты на установку АИИСКУЭ «МЗЭП-Энергия» в жилом доме

| Наименование                                   | Цена за ед. с<br>учетом<br>НДС, руб. | Кол-во,<br>шт. | Общая<br>стоимос<br>ть, руб. | Примечание          |
|--|--------------------------------------|----------------|------------------------------|---------------------|
| Однофазный счетчик<br>электрической<br>энергии | 1 350                                | 260            | 351 000                      | Квартирные счетчики |

Продолжение таблицы 14

|  |        |    |                |   |
|--|--------|----|----------------|---|
| Трехфазный счетчик электрической энергии | 2 600  | 15 | 39 000         | Счетчики в щитовой и в торгово-офисных помещениях |
| Трансформаторы тока                      | 369    | 45 | 16 605         |   |
| УСПД ЭнерКон                             | 25 650 | 1  | 25 650         | Один на ТП 6-10/0,4 КВ                            |
| Шкаф АСКУЭ                               | 5 175  | 1  | 5 175          | На один модем                                     |
| <b><i>ИТОГО</i></b>                      |        |    | <b>437 430</b> |   |

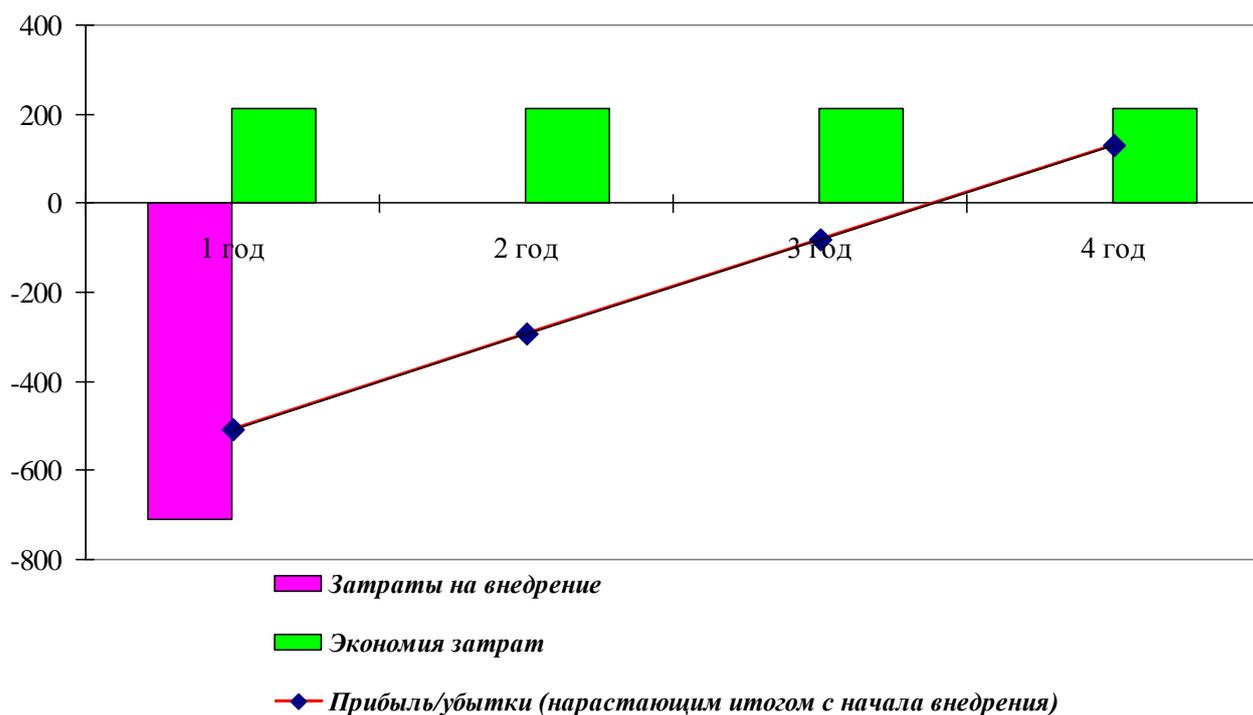


Рисунок 18 - Затраты и экономия затрат при внедрении АИИСКУЭ «Текон-Автоматика»

Рассчитаем ожидаемую прибыль от снижения потерь электроэнергии на 25% и увеличение уровня оплаты населения на 20%:

$$П_{р.ож.} = Z_{до\ установки\ АИИСКУЭ} - Z_{после\ установки\ АИИСКУЭ}.$$

$$П_{р.ож.} = (62,275 - 41,519) \cdot 12 = 249,3 \text{ тыс.руб./год}$$

Налог на прибыль равен:

$$Н_{приб.} = П_{р.ож.} \cdot K_{налог},$$

где  $K_{налог}$  – коэффициент налогообложения прибыли, равный 18%.

$$Н_{приб.} = 249,3 \cdot 0,18 = 44,874 \text{ тыс.руб./год}$$

Тогда чистая ожидаемая прибыль составит:

$$П_{р.чист.} = П_{р.ож.} - Н_{приб.}$$

$$П_{р.чист.} = 249,3 - 44,874 = 204,426 \text{ тыс.руб./год}$$

Определим срок окупаемости капиталовложений в установку АИИСКУЭ:

$$T_{ок} = K_{в.з. пр.} / П_{р.чист.},$$

где  $K_{в.з. пр.}$  – инвестиции для приобретения нового электрооборудования.

$$T_{ок} = 437,4 / 204,426 = 2,1 \text{ года.}$$

Затраты и экономия затрат при внедрении АИИСКУЭ «МЗЭП-Энергия» изображены на рисунке 19.

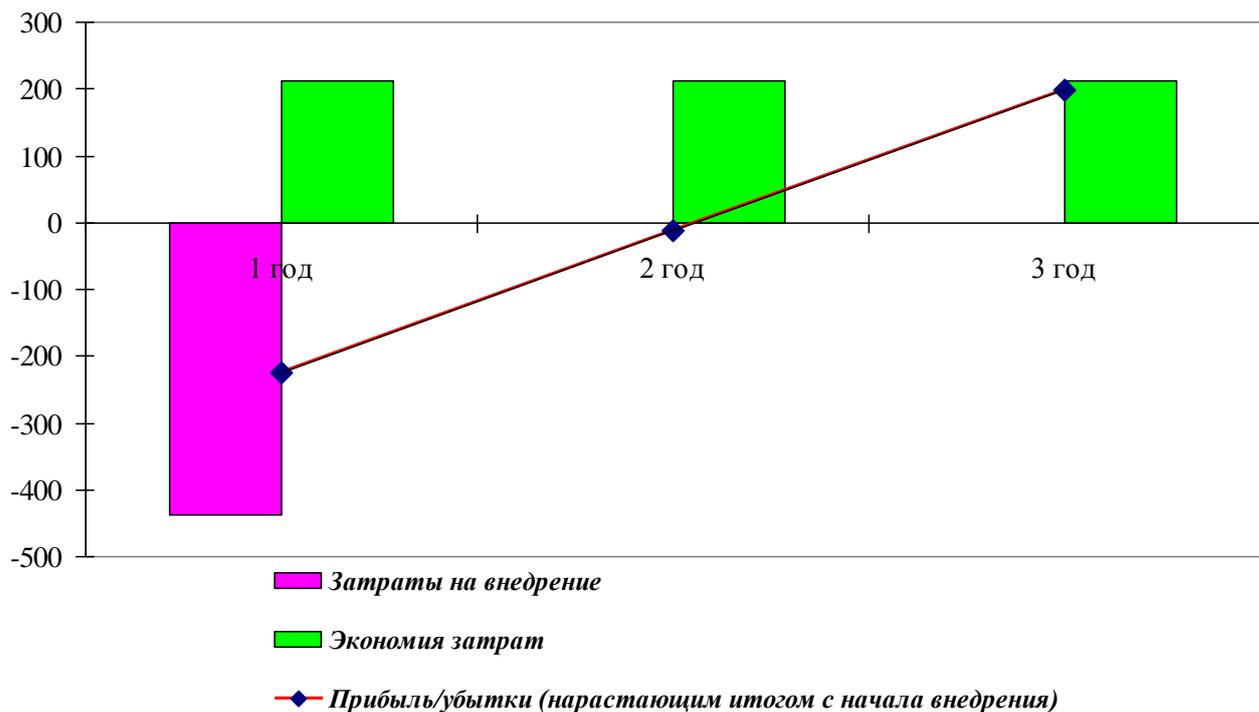


Рисунок 19 - Затраты и экономия затрат при внедрении АИИСКУЭ «МЗЭП-Энергия»

Так как срок окупаемости проекта АИСКУЭ «МЗЭП-Энергия» меньше, чем АИСКУЭ «Текон-Автоматика», то окончательно выбираем систему АИСКУЭ «МЗЭП-Энергия».

## **Выводы по третьей главе**

1. Жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) является одной из самых проблемных составляющих энергетики:

- Потери в электрических сетях (коммерческие и технические) достигают 20 - 30%, что связано с неэффективным применением силового электрооборудования, низкой точностью учета энергоресурсов, недоучетом потребленных ресурсов и воровством энергетических ресурсов при передаче их потребителям;

- низкая сознательность населения в вопросах оплаты за потребленные энергетические ресурсы, усугубляемая экономическим кризисом и падением доходов населения;

- социальная напряженность, определяемая низкой эффективностью организации предоставления коммунальных услуг, непрозрачностью выставления счетов за энергоресурсы.

2. Опыт эксплуатации автоматизированных информационно-измерительных систем контроля и учета электрической энергии в ЗАО «Квант» г. Тольятти показывает, что в жилых микрорайонах многоэтажной застройки достигается снижение коммерческих потерь электрической энергии на 25% и увеличение уровня оплаты населением за потребленные энергоресурсы на 20%.

3. Инвестиционная привлекательность проекта внедрения автоматизированных информационно-измерительных систем контроля и учета электрической энергии заключается в следующем:

- реализация АИИСКУЭ будет приносить ежегодный экономический эффект за счет снижения уровня коммерческих потерь;

- снижение потерь энергетических ресурсов в системе энергоснабжения;

- возможность контроля за состоянием городских распределительных сетей;

- формирование конкурентного рынка сбыта энергетических ресурсов;

- привлечение дополнительных инвестиций в создание и развитие высокотехнологичной инфраструктуры сбыта энергоресурсов.

4. Капитальные затраты на организацию АИИСКУЭ «Текон-Автоматика» составят 739 тыс. рублей при сроке окупаемости 3,5 года, а на АИИСКУЭ «МЗЭП-Энергия» капитальные затраты составят 437 тыс. рублей при сроке окупаемости 2,1 года.

## Заключение

1. Рассмотрена структура АИИСКУЭ города, которая должна представлять собой три уровня сбора и передачи данных и центр сбора и обработки информации:

- Верхний уровень – уровень сбора и передачи данных от приборов учета на границах раздела с поставщиками электроэнергии.
- Средний уровень – уровень сбора и передачи данных от балансовых приборов учета РП, ТП.
- Нижний уровень – уровень сбора и передачи данных от приборов учета потребителей.
- Центр сбора и обработки информации.

2. Установлено, что всех потребителей электроэнергии города можно условно разделить на группы:

- Жилой сектор (многоэтажная застройка);
- Жилой сектор (частные дома, коттеджные поселки);
- Мелкомоторный сектор;
- Промышленные предприятия.

Для каждой группы характерна своя структурная схема АИИСКУЭ.

3. Рассмотрены назначение, технические средства и программное обеспечение АИИСКУЭ «Текон-Автоматика» и «МЗЭП-Энергия». Установлено, что обе рассмотренных системы АИИСКУЭ способны обеспечить автоматизацию учета потребленной электроэнергии в жилом многоквартирном доме. Окончательный выбор системы АИИСКУЭ будет определяться результатами оценки экономической эффективности внедрения этих систем.

4. Рассмотрен принцип работы счетчика тепловой энергии ВИС.Т. Рассмотрены меры безопасности и определены основные требования к монтажу счетчиков тепловой энергии.

5. Выполнен выбор первичных преобразователей для теплосчетчика,

которые подбираются по расходу теплоносителя в оптимальном для работы прибора диапазоне скоростей, с учетом габаритных размеров места установки, а также диаметра условного прохода теплопровода.

б. Определено, что капитальные затраты на организацию АИИСКУЭ «Текон-Автоматика» составят 739 тыс. рублей при сроке окупаемости 3,5 года, а на АИИСКУЭ «МЗЭП-Энергия» капитальные затраты составят 437 тыс. рублей при сроке окупаемости 2,1 года.

## Список использованных источников

1. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы 6 и 7 изд., изм. и доп. по состоянию на 1 февраля 2015 г. - 7-е изд., Литтерра, 2015.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей – М.: Омега-Л, 2015.
3. Положение об организации коммерческого учета электроэнергии и мощности на оптовом рынке, утвержденное РАО «ЕЭС России» 12.10.2001г.
4. Постановление Правительства РФ от 27.12.97 №1619. О ревизии средств учета электрической энергии и маркировании их специальными знаками визуального контроля.
5. Положение о порядке проведения ревизии и маркирования специальными знаками визуального контроля средств учета электрической энергии, утверждено Министерством топлива и энергетики РФ 16.09.98 г., Председателем Государственного комитета РФ по стандартизации и метрологии 3.10.98 г.
6. ГОСТ 34.602-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. – Введ. 1990–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1989.
7. ГОСТ 34.201-89. Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем. – Введ. 1990–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1989.
8. ГОСТ 24.104-85. Автоматизированные системы управления. Общие требования. – Введ. 1987–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1985.

9. ГОСТ 24.602-86. Автоматизированные системы управления. Состав и содержание работ по стадиям создания. – Введ. 1988–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1986.
10. Бурмистров, А.В. Построение автоматизированной системы учёта электроэнергии и диспетчеризации в сетях 6/10 кВ и 0,4 кВ / А.В. Бурмистров // Шестой научно-технический семинар «Системы АИИС КУЭ (АСКУЭ) и автоматизация расчётов с потребителями электроэнергии в энергосистемах». Сборник докладов. – 2009. – С. 81-91.
11. РД 34.11.114-98. Автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии и мощности. Основные нормируемые метрологические характеристики. Общие требования. 1997 г.
12. РД 34.09.101-94. Типовая инструкция по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении.
13. Волокитин, Д.А. Настоящее и будущее Ethernet-технологий в системах учёта энергоресурсов / Д.А. Волокитин, Е.С. Неретин, Ю.О. Резник, С.Ю. Соловьёв, О.Ю. Чубаров // ИСУП. – 2008. – № 1. – С. 14-22.
14. Правила учета электрической энергии: Сборник основных нормативно-технических документов, действующих в области учета электроэнергии. – М.: Главгосэнергонадзор, 1998.
15. Приказ РАО «ЕЭС России» №730 от 29.12.2000г. О создании отраслевой системы аккредитации и аттестации.
16. СНиП 3.05.07-85. Строительные нормы и правила. Системы автоматизации. – Введ. 1986–07–01.
17. СНиП 3.05.06-85. Строительные нормы и правила. Электротехнические устройства. – Введ. 1986–07–01.
18. Электротехнический справочник: В 4 т. Т.4/ Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. А.И. Попов); 8-е изд., испр. и доп. – М: Издательство МЭИ, 2012.

19. ВСН-59-88. Ведомственные строительные нормы. Электрооборудование жилых и общественных зданий. Нормы проектирования. – Введ. 1989–01–01. – М. : Госкомархитектуры, 1988.
20. Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений. Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова – Москва: Форум, 2014.
21. Щербаков, Е.Ф. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях. Учебное пособие / Е.Ф. Щербаков – Москва: Форум, 2014.
22. Кудрин, Б.И. Электроснабжение: Учебник / Б.И. Кудрин – М.: Academia, 2015.
23. Сибикин, Ю.Д. Пособие к курсовому и дипломному проектированию электроснабжения промышленных, сельскохозяйственных и городских объектов. Учебное пособие / Ю.Д. Сибикин – Москва: Форум, 2015.
24. Хорольский, В.Я. Прикладные методы для решения задач электроэнергетики. Учебное пособие / В.Я. Хорольский – Москва: Форум, 2015.
25. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. Учебное пособие / Ю.Д. Сибикин – Москва: Форум, 2015.
26. Электроэнергетика. Учебное пособие / под ред. Ю.В. Шарова. – М.: Форум, 2013.
27. Кудрин, Б.И. Электроснабжение потребителей и режимы. Учебное пособие для вузов / Б.И. Кудрин, Б.В. Жилин, Ю.В. Матюнина – М.: Издательский дом МЭИ, 2013.
28. Сопьяник, В.Х. Погрешности измерительных трансформаторов тока / В.Х. Сопьяник // Новости электротехники. – 2014. – № 6. – С. 65 - 67.
29. Гуртовцев, А.Н. Современные принципы автоматизации энергоучета в энергосистемах / А.Н. Гуртовцев // Новости электротехники. – 2013. – №18. – С. 15 -17.
30. Кауфман, М. Практическое руководство по расчетам схем в электронике / М. Кауфман, А. Г. Сидман. – М.: Энергоатомиздат, 2011.