

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения
Направление подготовки Приборостроение
Кафедра ФМПК

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Сравнительный анализ методов и средств измерения индивидуального расхода тепловой энергии в многоквартирном доме

УДК 697.34:69.059.003.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1Б11	Чернецкий Антон Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Степанов Александр Борисович			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Анищенко Юлия Владимировна	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Физических методов и приборов контроля качества	Суржиков Анатолий Петрович	д.ф.-м.н., профессор		

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для разработки, производства, отладки, настройки и аттестации средств приборостроения с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения	Требования ФГОС (ОК-14, ПК-1,6,7,8,10,11.12,13,17,23, 24,27), Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Участвовать в технологической подготовке производства, подбирать и внедрять необходимые средства приборостроения в производство, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов; принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа	Требования ФГОС (ОК-5, ПК-14, 15, 19,20,21,28,29,30,33) Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Эксплуатировать и обслуживать современные средств измерения и контроля на производстве, обеспечивать поверку приборов и прочее метрологическое сопровождение всех процессов производства и эксплуатации средств измерения и контроля; осуществлять технический контроль производства, включая внедрение систем менеджмента качества	Требования ФГОС (ОК-6, ПК-5,18,31,32), Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Использовать творческий подход для разработки новых оригинальных идей проектирования и производства при решении конкретных задач приборостроительного производства, с использованием передовых технологий; критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы; использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ОК-1,2,8,11,12, ПК-2,9), Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования по своему профилю с использованием новейших достижения науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе	Требования ФГОС (ПК-3,4,9,16,22,26), Критерий 5 АИОР (п.1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Использовать базовые знания в области проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; уметь делать экономическую оценку разрабатываемым приборам, консультировать по вопросам проектирования конкурентоспособной продукции	Требования ФГОС (ПК-33), Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-7), Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-28), Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать	Требования ФГОС (ОК-13), Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
	документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности	международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-4,14,15, ПК-8) Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-9), Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения
Направление подготовки (специальность) Приборостроение
Кафедра физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-1Б11	Чернецкий Антон Андреевич

Тема работы:

Сравнительный анализ методов и средств измерения индивидуального расхода
тепловой энергии в многоквартирном доме

Утверждена приказом директора (дата, номер)

25.01.2016, 317/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

10.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Узел поквартирного учета теплоэнергии с непрерывным режимом работы. Безопасен для персонала и окружающей среды. Решение влияет на экономию энергоресурсов и приносит положительный экономический эффект.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Произвести обзор методов учета тепловой энергии, методов и средств измерения расхода и температуры жидкостей. Выбрать наиболее рациональный метод поквартирного учета тепла. Выбрать структурную схему для реализации диспетчеризации.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Конотопский Владимир Юрьевич</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Анищенко Юлия Владимировна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Заключение</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>15.09.2015</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель каф. ФМПК	Степанов Александр Борисович	-----		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1Б11	Чернецкий Антон Андреевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 95 с., 31 рис., 14 табл., 21 источник, 2 прил.

Ключевые слова: отопление, жилые дома, учет теплоэнергии, расход, системы отопления, средства измерения расхода, средства измерения температуры.

Объектом исследования является водяная система отопления в жилых многоквартирных квартирах.

Цель работы: рассмотреть и сравнить методы и средства учета расхода тепловой энергии, выявить более эффективный метод.

В процессе исследования проводился обзор методов для учета тепловой энергии.

В результате исследования был сделан выбор наиболее эффективного метода учета расхода тепловой энергии.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

Степень внедрения: реконструкция жилого дома

Область применения: отопление в жилых домах.

Экономическая эффективность/значимость работы: система учета тепловой энергии нацелена на снижение расходов потребителей на оплату коммунальных счетов.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки.

Измерение – это нахождение значения некоторой физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Средство измерения – это технические средства, которые имеют нормированные метрологические характеристики. Значение физической величины, отсчитываемое по отсчетному устройству средства измерения, строго соответствует определенному количеству физических единиц, принятых в качестве единиц измерения. К средствам измерения относятся:

- мера;
- измерительный прибор;
- измерительные преобразователи;
- измерительные системы;
- установка, комплексы;

Мера – это эталонное средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера или количества. Меры могут быть однозначными и многозначными. Так, например, в электротехнических измерениях к однозначным мерам относятся катушки индуктивности, сопротивления, нормальные элементы и др.; к многозначным – магазины сопротивлений, конденсаторы переменной емкости, калибраторы напряжения и тока и др.

Измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для выдачи количественной информации об измеряемой величине в доступной для восприятия форме.

По способу отсчета значений измеряемой величины измерительные приборы делятся на аналоговые и цифровые. В аналоговых измерительных приборах значение измеряемой величины определяется непосредственно по шкале со стрелкой или другими указателями. В цифровых измерительных

приборах значение измеряемой величины определяется по цифровому индикатору прибора.

Измерительный преобразователь – средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения, но не поступающей непосредственно на восприятие.

Датчик – первичный измерительный преобразователь, предназначенный для непосредственного восприятия воздействия измеряемой среды.

По своему метрологическому назначению средства измерений делятся на талонные, образцовые и рабочие.

Рабочие средства измерений применяются для повседневных измерений в промышленных и лабораторных условиях, не связанных с передачей измерительных мер.

Образцовые средства измерений предназначены для передачи измерительных мер от эталонов к рабочим средствам измерения, то есть служат для их поверки.

Расходомер – прибор, измеряющий объемный расход или массовый расход вещества, т. е. количество вещества (объем, масса), проходящее через данное сечение потока, например, сечение трубопровода в единицу времени. Если прибор имеет интегрирующее устройство (счетчик) и служит для одновременного измерения и количества вещества, то его называют счетчиком-расходомером.

Датчик температуры – прибор для измерения температуры воздуха, почвы, воды и так далее.

Теплосчетчик – прибор или комплект приборов (средство измерения), предназначенный для определения количества теплоты и измерения массы и параметров теплоносителя.

Тепловычислитель – устройство, обеспечивающее расчет количества теплоты на основе входной информации о массе, температуре и давлении теплоносителя.

Энтальпия – тепловая функция и теплосодержание — термодинамический потенциал, характеризующий состояние системы в термодинамическом равновесии при выборе в качестве независимых переменных давления, энтропии и числа частиц. Это та энергия, которая доступна для преобразования в теплоту при определенном постоянном давлении.

Расход теплоносителя – масса (объем) теплоносителя, прошедшего через поперечное сечение трубопровода за единицу времени.

Система теплоснабжения – совокупность взаимосвязанных источника теплоты, тепловых сетей и систем теплоснабжения.

Тепловая сеть – совокупность трубопроводов и устройств, предназначенных для передачи тепловой энергии.

Тепловой пункт – комплекс устройств для присоединения систем теплоснабжения к тепловой сети и распределения теплоносителя по видам теплового потребления.

Узел учета – комплект приборов и устройств, обеспечивающий учет тепловой энергии, массы (объема) теплоносителя, а также контроль и регистрацию его параметров.

ЦТП – централизованный тепловой пункт.

ЖКХ – жилищно-коммунальное хозяйство.

Оглавление

Введение	12
1 Типы разводок отопления в многоквартирных домах	13
1.1 Вертикальные системы отопления	14
1.2 Горизонтальные системы отопления	17
1.3 Бифилярные системы отопления	19
2 Виды теплоносителей	20
3 Измерение количества и расхода тепла	23
3.1 Тепло как физическая величина	23
3.2 Законодательные и нормативные документы по энергосбережению	27
4 Методы измерения расхода жидкости	30
4.1 Понятие расхода	30
4.2 Индукционный метод	31
4.3 Ультразвуковой метод измерения расхода	35
4.4 Расходомеры турбинные	38
5 Методы измерения температуры	43
5.1 Понятие температуры	43
5.2 Термометры сопротивления	45
5.3 Термопары	49
6 Схемы организации поквартирного учета тепловой энергии	54
6.1 Общедомовой тепловой пункт для домов с вертикальными двухтрубными системами отопления	54
6.2 Беспроводная система учета тепла для вертикальных двухтрубных систем отопления	55
6.3 Измерения расхода тепла в двухтрубных горизонтальных системах отопления	57
7 Выбор схемы учета тепловой энергии	60
7.1 Распределитель тепла	60
7.2 Импульсный адаптер	62
7.3 Сетевые узлы	63
7.4 Измерительный участок расхода теплоносителя	65
7.5 Диспетчеризация	65
7.6 Примеры применения системы поквартирного учета	65

8	Технико-экономическое обоснование НИР	68
8.1	Организация и планирование работ	68
8.2	Расчет сметы затрат на выполнение проекта	74
9	Производственная безопасность	81
9.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований	82
9.2	Экологическая безопасность	85
9.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	86
9.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	88
	Заключение	91
	Список используемых источников	92

Введение

Энергетика является ведущей отраслью современного индустриального развитого государства. Понятием энергетики охватывается широкий круг установок для производства, транспорта и использования электрической и тепловой энергии, энергии сжатых газов и других теплоносителей.

Основным направлением энергетики является централизованное энергоснабжение городов и населенных пунктов. В жилищно-коммунальном секторе основными потребителями тепловой энергии являются системы отопления зданий.

Учет расхода энергоресурсов на сегодняшний день является наиважнейшим объектом исследования.

Особенно актуальной и одновременно наиболее сложной задачей является учет индивидуального расхода энергоресурсов. Решение такого вопроса поможет стимулировать население к экономии и рациональному использованию ресурсов.

Объектом исследования в выпускной квалификационной работе является система отопления в жилых многоквартирных домах. А именно, исследование индивидуального поквартирного учета расхода теплоэнергии.

Согласно Федеральному закону Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ каждый собственник жилых домов, квартир в многоквартирных домах в обязательном порядке должны обеспечить оснащение жилого помещения приборами индивидуального учета теплоэнергии.

Целью выпускной работы: сравнить существующие методы и средства индивидуального учета тепловой энергии в жилом многоквартирном доме.

1 Типы разводок отопления в многоквартирных домах

Отопление служит для обеспечения требуемых тепловых условий в жилых, производственных и других помещениях необходимыми тепловыми условиями. Отопление бывает двух видов: индивидуальное и центральное. В первом случае в помещении, которое требуется отопить, устанавливается, например, небольшой котел, мощность которого рассчитывается от площади этого помещения. В случае систем центрального отопления теплоноситель подготавливается на городской котельной, которая должна обеспечить теплом весь город.

В зависимости от вида теплоносителя, используемого для отопления, разделяют водяное и паровое отопление. Теплоноситель обладает определенным количеством тепла (энергией), которое называется энтальпией, и вычисляется по формуле:

$$Q = c \cdot \rho \cdot V \cdot t, \quad (1)$$

где c – удельная теплоемкость теплоносителя с единицей измерения [Дж/(кг·град)]; ρ – плотность [кг/м³]; V – объем [м³]; t – температура [°C].

Наиболее распространенным видом теплоносителя является вода, так как это один из дешевых теплоносителей с достаточной теплоемкостью, который, к тому же, можно использовать вторично. Водяное отопление чаще применяется для отопления бытовых помещений, жилых зданий, офисных и других помещений.

Паровое отопление чаще применяется в производственных цехах, для технологических нужд предприятия (например, стерилизация паром тары для молочной продукции). Такое отопление выполнено по закрытой схеме – паровой котел посредством теплообменников разогревает воду в трубопроводе и превращает ее в пар.

Чтобы доставить до потребителя теплоноситель без значительных потерь тепла, трубопроводы изолируют утеплительным материалом. Но в масштабах города этого недостаточно, поэтому в систему центрального отопления

включены промежуточные, так называемые районные котельные, которые не только дополнительно разогревают теплоноситель, но и посредством насосных установок компенсируют потери в скорости передвижения теплоносителя по трубопроводам.

Так как отопление помещения основывается на конвекционном эффекте, то есть вода, проходящая через отопительный прибор, отдает тепловую энергию радиатору, теплоноситель практически не расходуется. Для этого теплопроводы имеют распределительную и сборную магистрали. По распределительной сети теплоноситель доставляется в отопительный прибор, а по сборному (обратному) трубопроводу от нагретого прибора обратно к теплоприготовительной станции.

В многоэтажных зданиях используются разные типы разводов, применение которых зависит от типа построений, количества этажей и протяженности. Самые распространенные из них [1]:

- вертикальные системы отопления (однотрубные и двухтрубные);
- горизонтальные однотрубные системы;
- бифилярные системы отопления.

1.1 Вертикальные системы отопления

Однотрубные системы отопления бывают: с верхней прокладкой распределительного коллектора; с нижней прокладкой распределительного и сборного коллекторов; с нижней прокладкой распределительного и верхней прокладкой сборного коллектора; с тупиковым и попутным направлением по трубопроводам; с односторонним и двусторонним подключением отопительных устройств. Однотрубные системы отопления преимущественно применяются в многоэтажных домах, так как по сравнению с двухтрубными более экономически выгодны и имеют большую гидравлическую стойкость.

Вертикальные однотрубные системы отопления с верхней разводкой наиболее просты в использовании и применяются в постройках с чердаком.

Ниже приведена часть такой системы (рисунок 1, а) с тупиковым движением теплоносителя в трубах и наиболее используемыми на практике исполнениями стояков. Одностороннее присоединение отопительных приборов позволяет стандартизировать длины ответвлений к приборам. Смещение обходного или замыкающего участка дает возможность восполнить разность тепловых удлинений в нем. В приборных узлах, подключенных с использованием запорной арматуры такое смещение повышает коэффициент затекания воды в прибор отопления. Коэффициентом затекания $\alpha = G_{np}/G_{cm}$ называется отношение массы воды, затекающей в прибор G_{np} , к массе воды, протекающей по стояку G_{cm} .

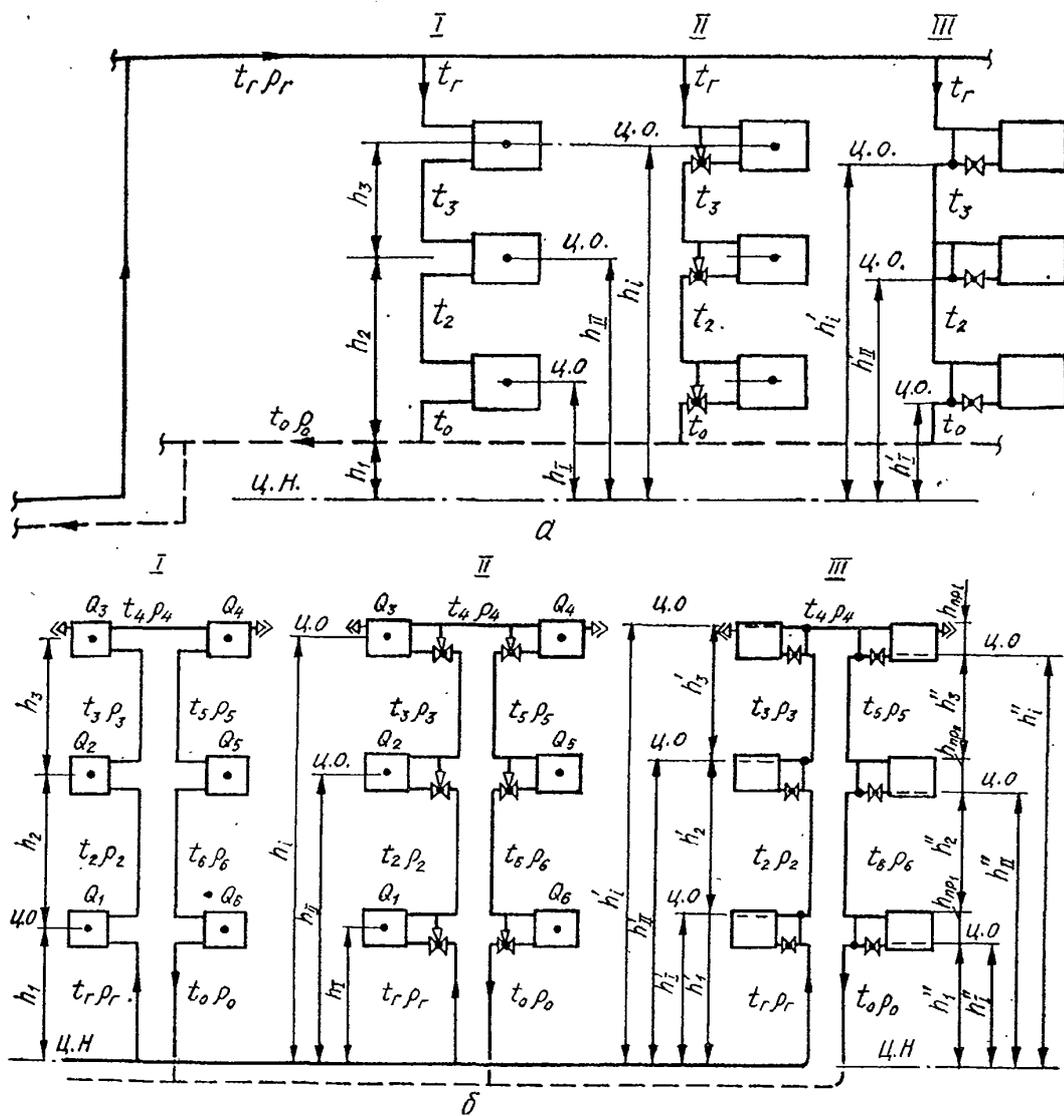


Рисунок 1 – Схемы вертикальных однотрубных систем отопления: а – с верхней разводкой распределительного трубопровода; б – с нижним распределением; I – стояк с приборными

узлами проточного типа; II – стояк с приборными узлами проточно-регулируемого типа;
 III – стояк с приборными узлами с отсекающей арматурой

Вертикальные однострубные системы отопления с нижней разводкой подающего и обратного трубопроводов (Рисунок 1, б) особенно целесообразно применять в зданиях до 12 этажей без чердачных помещений, зданиях с разноэтажными объемами. Применение такой системы позволяет осуществлять поэтажный монтаж и пуск системы в эксплуатацию.

В системах отопления многоэтажных домов с большей тепловой нагрузкой могут применяться вертикальные перемычки и спаренные стояки с целью снижения гидравлического сопротивления (Рисунок 2).

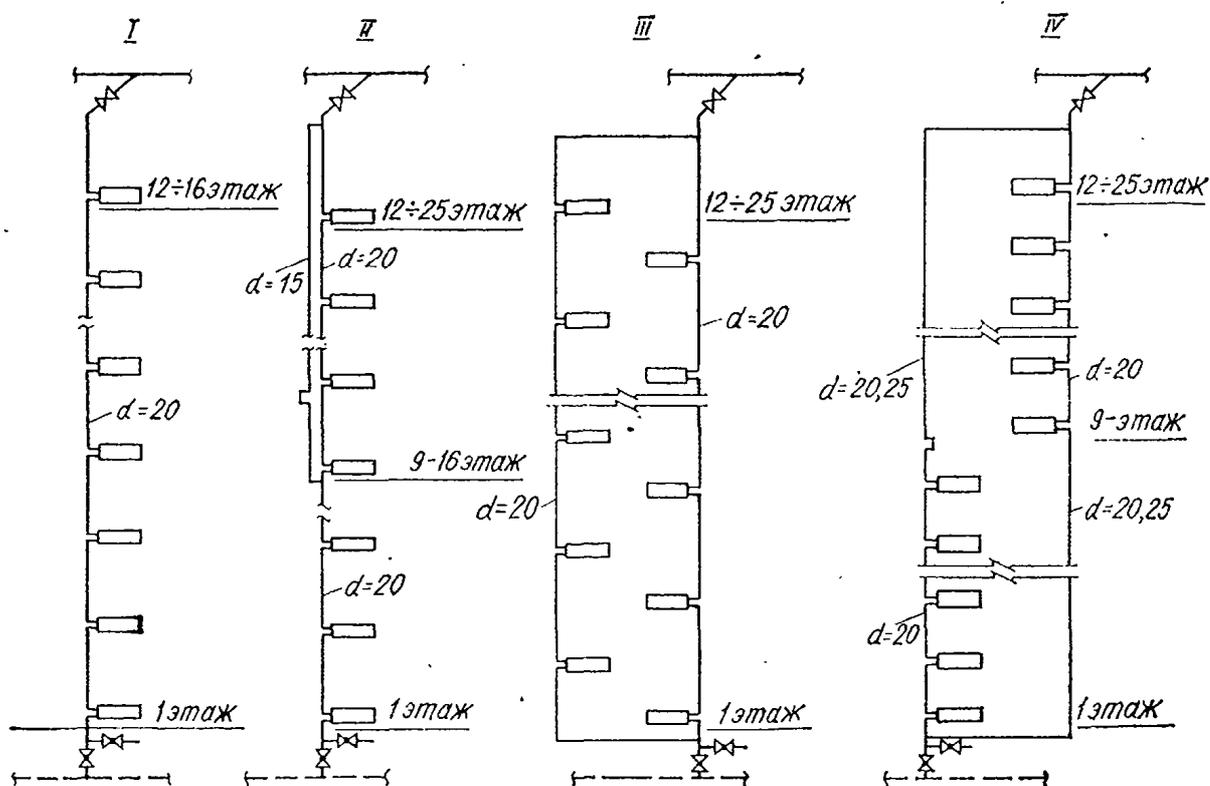


Рисунок 2 – Конструкция стояков однострубной вертикальной системы отопления многоэтажных зданий с верхней прокладкой подающего трубопровода. I – унифицированный стояк; II – стояк с перемычкой; III – спаренный стояк с приборными узлами через этаж; IV – спаренный стояк с частично нагруженными ветвями

Вертикальные двухтрубные системы водяного отопления бывают: с верхним и нижним расположением распределительной магистрали; с тупиковым и попутным направлением протекания воды в трубопроводах; с односторонним и двусторонним подключениями устройств отопления.

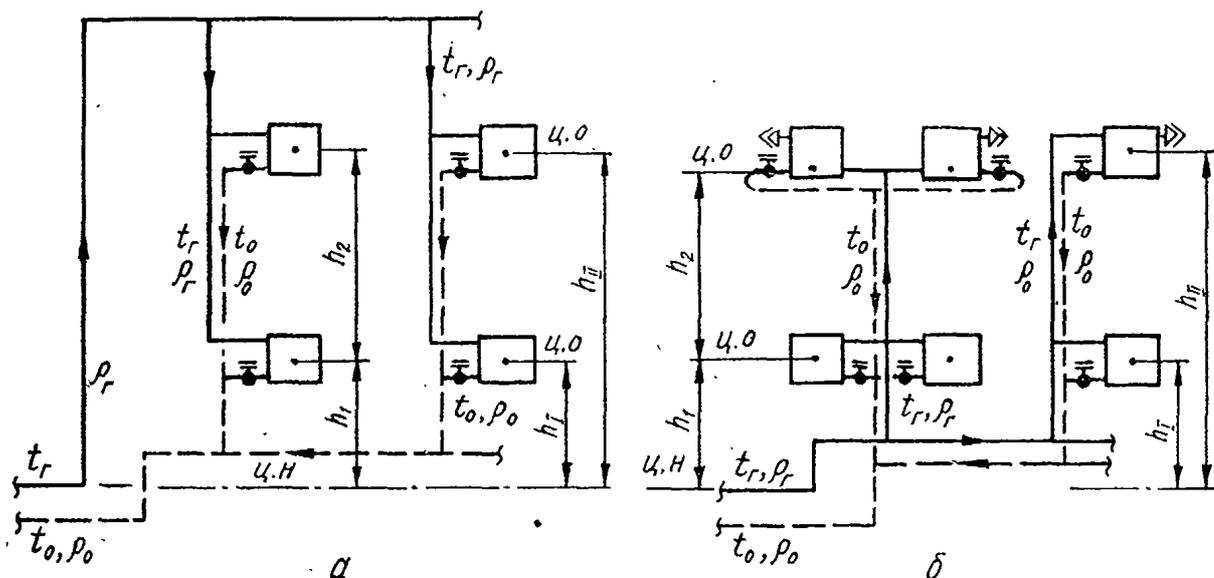


Рисунок 3 – Схемы двухтрубных систем отопления: а – с верхним расположением, б – с нижним расположением распределительного трубопровода

В связи с присущей для двухтрубных систем вертикальной начальной разрегулировкой эти виды разводок применяют для отопления малоэтажных домов (высотой в два этажа для верхней прокладки, и высотой до 5 этажей – с нижней).

1.2 Горизонтальные системы отопления

Горизонтальные системы отопления применяются в строениях большой протяженности, в зданиях, в которых не требуется отапливать помещения на каждом этаже, а также, при проектировании отопления в реконструируемых строениях, в которых не допускается разрушение перекрытий.

Горизонтальные однотрубные системы отопления выполняются с применением устройств отопления с разносторонним и односторонним присоединением к ветвям, с проточными, с отопительными приборами, имеющими запорно-регулируемую арматуру и с замыкающими участками в трубопроводах с горизонтальным расположением (рисунок 4). В горизонтальных однотрубных системах предпочтительнее использовать отопительные приборы с запорно-регулирующей арматурой (трехходовые

краны), присоединяемые к горизонтальным поэтажным трубопроводам, прокладываемым или под окнами выше приборов или у пола.

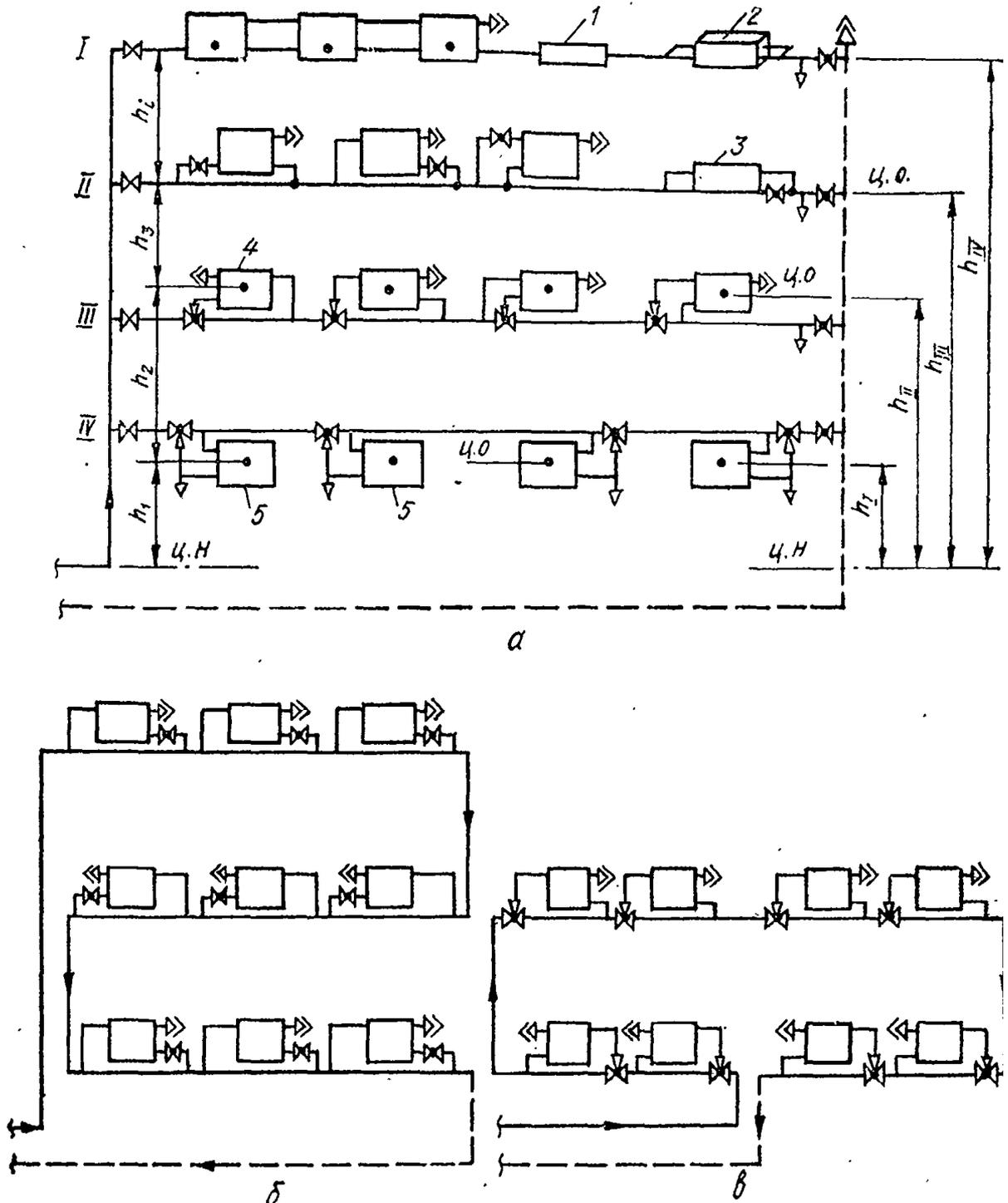


Рисунок 4 – Схемы горизонтальных однетрубных систем отопления: а – с приборными узлами различных типов; б, в – с последовательным присоединением приборных узлов; I – ветвь с приборными узлами проточного типа; II – ветвь с приборными узлами с замыкающими участками; III, IV – ветви с приборными узлами проточно-регулируемого типа.

1.3 Бифилярные системы отопления

Бифилярной называется такая система, в которой теплоноситель в приборах отопления движется двумя потоками в противоположных направлениях.

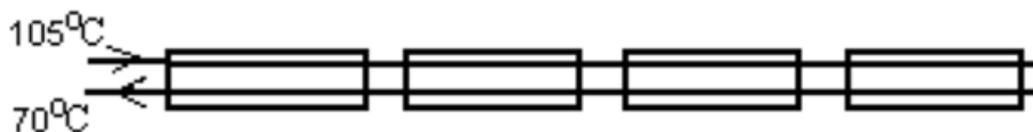


Рисунок 5 – Схема приборных узлов бифилярной системы отопления с горизонтальной разводкой

Такие системы обеспечивают достаточно одинаковую среднюю температуру в отопительных устройствах, а по своей конструкции схожи с системами отопления с однотрубной проточной разводкой, также отличающимися большей эффективностью по части гидравлической устойчивости. Но также, как и в однотрубных системах, здесь не представляется возможным индивидуальное регулирование тепловой отдачи одного прибора. В таких системах возможно только регулирование нескольких приборов отопления на одной ветви. Бифилярные системы отопления реализуются с вертикально и с горизонтально расположенными ветвями. Бифилярные системы с вертикальной разводкой обычно применяются в панельных зданиях, в остальных случаях – горизонтальная.

2 Виды теплоносителей

В качестве теплоносителя для отопления может выступить практически любая жидкая или газообразная среда, обладающая достаточной теплоаккумулирующей способностью. Теплоноситель должен соответствовать требованиям, предъявляемым к отопительным установкам. Для отопления зданий используют четыре вида теплоносителя: воду, водяной пар, атмосферный воздух и газы [2].

Вода в различных состояниях является важнейшим теплоносителем и рабочим телом, применяемым в различных областях техники. Особенно важное место вода занимает в теплоэнергетике, где она до сих пор является практически единственным рабочим телом.

Вода обладает следующими физическими свойствами (только свойства, отражающиеся на конструкции и действии отопления): большие теплоемкость, плотность и вязкость, несжимаемость, при нагревании расширяется, при этом уменьшается плотность, выделяет растворенные газы при повышении температуры и уменьшения давления. Температура кипения воды зависит от давления. Температура воды понижается вследствие теплопередачи через стенки труб и приборов отопления.

Пар обладает малой плотностью и высокой подвижностью; температура и плотность пара, зависящие от давления, повышаются при его увеличении. Пар отличается большим теплосодержанием за счет теплоты испарения (теплоты фазового превращения), которая выделяется при конденсации пара в трубах и приборах и передается через их стенки в помещения.

Воздух имеет малую теплоемкость и плотность, легкую подвижность, при нагревании расширяется с уменьшением плотности. Температура горячего воздуха понижается вследствие теплопередачи через стенки каналов и при смешении с воздухом отапливаемых помещений.

Газы, образующиеся при сгорании топлива, имеют сравнительно высокую температуру и применимы для отопления в тех случаях, когда в

соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями удастся ограничить температуру теплоотдающей поверхности приборов отопления. Можно также выпускать высокотемпературные продукты сгорания топлива непосредственно в помещения, но этот эффективный способ отопления в большинстве случаев неприемлем из-за недопустимого ухудшения состояния воздушной среды помещению. Область использования горячих газов ограничена отопительными печами, газовыми калориферами и тому подобным местным отопительным установкам.

Параметры теплоносителей (плотность, теплоемкость воды и воздуха, удельная теплота конденсации пара) приведены в таблице 1 [5].

Таблица 1 – Сравнение основных теплоносителей для отопления

Параметры	Теплоноситель		
	Вода	Пар	Воздух
Температура, °С	80	130	45
Плотность, кг/м ³	917	1,5	1,03
Удельная массовая теплоемкость, кДж/(кг·К)	4,31 (1,03)	2175 (520)*	1,0 (0,24)
Количество теплоты для отопления в 1 м ³ , кДж (ккал)	316 370 (75 560)	3263 (780)	46,4 (11,1)
Скорость движения, м/с	1,5	1,8	15

Приведем основные достоинства и недостатки рассмотренных теплоносителей.

Вода. К преимуществам можно отнести:

- равномерный обогрев помещения;
- ограниченная температура поверхности трубопровода;
- сокращается диаметр труб;

- бесшумность передвижения по трубам.

К недостаткам относятся:

- большое гидростатическое давление в системе отопления;
- замедление скорости регулирования за счет повышенной тепловой инерции.

Пар. Достоинства:

- быстрый нагрев приборов отопления;
- сокращение расхода металла вследствие уменьшения площади поперечного сечения конденсатопроводов.

Недостатки:

- не отвечает санитарно-гигиеническим требованиям;
- слишком высокая температура поверхности приборов отопления;
- необходимость поддержания постоянного давления, что ведет к усложнению регулирования теплоотдачи;
- движения пара по трубопроводу сопровождается шумом.

Воздух. Основные преимущества:

- обеспечение быстрого изменения температуры в помещении;
- попутная вентиляция отапливаемого помещения;
- бесшумность движения теплоносителя по воздухоканалам.

К недостаткам можно отнести:

- воздух обладает низким значением удельной теплоемкости;
- большие площади поперечного сечения воздухоканалов;
- удлинение теплотрассы сопровождается большим понижением температуры теплоносителя.

3 Измерение количества и расхода тепла

3.1 Тепло как физическая величина

В системах отопления, в которых в качестве теплоносителей используется вода, измерение количества потребляемой тепловой энергии производится с помощью теплосчетчиков. В основу работы таких приборов заложен расчетный метод, который основывается на измерении температур в подающем и обратном трубопроводах теплоотдающего прибора, или комплекса приборов, измерение расхода воды теплосети, пройденного через потребителя. Таким образом, каждый узел учета измерения потребленного тепла состоит из комплекса приборов, состоящего из датчика расхода, двух датчиков температуры и тепловычислительного устройства.

Формула для расчета отпускаемой потребителю тепла в единицу времени выглядит следующим образом [11]:

$$q = Q_M \cdot c_B \cdot (t_1 - t_2) = Q_0 \cdot \rho \cdot c_B \cdot (t_1 - t_2), \quad (2)$$

где Q_M – расход воды в подающем трубопроводе в случае массового расхода воды (кг/ч); Q_0 – расход воды в подающем трубопроводе в случае объемного расхода ($\text{м}^3/\text{ч}$); c_B – удельная теплоемкость воды Дж/(кг·°C); ρ – плотность воды, кг/м³; t_1 – температура прямой воды; t_2 – температуры обратной воды.

Если требуется измерить количество потребляемого тепла за определенный промежуток времени, то такой прибор называется теплосчетчиком. Получаемое значение выражается в джоулях, и считается по следующей формуле:

$$q_{\Sigma} = \int_{\tau_1}^{\tau_2} q d\tau, \quad (3)$$

где τ – определенный интервал времени.

В качестве приборов измерения расхода воды могут применяться тахометрический, электромагнитный или ультразвуковой расходомеры. Для

измерения температуры обычно используют термометры сопротивления, либо термопары.

На рисунке 6 показан схематический измерительный участок тепла.

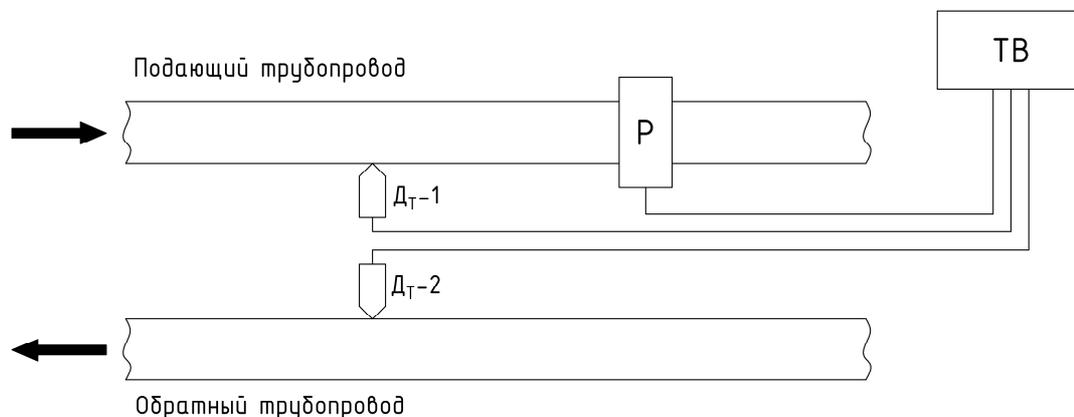


Рисунок 6 – Типовая структурная схема измерения тепла (Р – расходомер; Д_т – датчик температуры; ТВ – тепловычислитель)

Значения температур подающего и обратного трубопровода измеряются помощью датчиков температуры Д_т-1 и Д_т-2. Для измерения расхода теплоносителя на подающем трубопроводе измеряется с помощью расходомера Р.

На сегодняшний день на рынке представлено большое количество тепловычислителей как импортных, так и отечественных производителей. Одним из наиболее совершенных тепловычислителей является СПТ961 фирмы «Логика». Этот прибор позволяет осуществлять:

- коммерческий учет потребления тепловой энергии и массы воды, перегретого и насыщенного пара;
- контроль режимов теплопотребления;
- организацию систем диспетчеризации и контроля потребления тепловой энергии и теплоносителя.

Тепловычислитель является универсальным прибором с возможностью программирования параметров теплового узла (выбор типов подключаемых

приборов, выбор схемы потребления тепла). Внешний вид устройства приведен на рисунке 7. Также, прибор позволяет составлять суточные, месячные и годовые архивные записи.



Рисунок 7 – Тепловычислитель «Логика» СПТ961

Помимо измерительного комплекса тепловой энергии существуют и более компактные решения тепловычислителей. Одним из примеров таких приборов является «компактный теплосчетчик «Пульсар» от компании Тепловодохран. Такие приборы преимущественно используются для квартирного учета тепловой энергии, так как они компактны и просты в монтаже и эксплуатации. Теплосчетчик представляет из себя совокупность трех приборов: датчик расхода, датчик температуры и тепловычислитель (рисунок 8).

Измеряемые параметры:

- тепловая энергия, (Гкал/Мкал);
- объем теплоносителя, м³;
- температуру теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах;
- разность температур в подающем и обратном трубопроводах, °С;
- мгновенный расход теплоносителя, м³/ч;
- мгновенная тепловая мощность, (Мкал/ч).



Рисунок 8 – Внешний вид квартирного теплосчетчика «Пульсар»

3.2 Законодательные и нормативные документы по энергосбережению

В сфере энергосбережения и учета энергоресурсов на сегодняшний день существует большое количество нормирующих этот процесс документов. К ним можно отнести Федеральные Законы, постановления, методические указания, строительные нормы и правила и т.д.

1) Федеральный закон Российской Федерации об энергосбережении от 03 апреля 1996г № 28-ФЗ [16]

Закон отражает основные принципы государства по отношению к энергосбережению: обязательный учет энергетических ресурсов, организация учета и контроля расхода энергоресурсов.

2) Закон Российской Федерации от 23.11.2009 № 261-ФЗ [17]

«Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты российской федерации» (редакция 13.07.2015)»

Закон регулирует направление отношений по энергосбережению, политику государственного регулирования ресурсосбережения и повышения энергетической эффективности. Также отражает направления государственной поддержки для осуществления энергетической эффективности.

3) Постановление Правительства Российской Федерации от 8 июля 1997 г. № 832

«О повышении эффективности использования энергетических ресурсов и воды предприятиями бюджетной сферы»

4) Постановление Правительства Российской Федерации

от 17.10.2001 г. № 797

«О подпрограмме «Реформирование и модернизация жилищно-коммунального комплекса Российской Федерации» федеральной целевой программы «Жилище» на 2002-2010 г.г.»:

В постановлении излагается направление отношений ЖКХ и потребителем. Ставится задача стимулирования энергоресурсосбережения со стороны потребителей.

5) Основные направления и механизм энергоресурсосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве Российской Федерации

Государственный комитет РФ по

жилищной и строительной политике

Одобрены решением Правительственной комиссии

по реформированию жилищно-коммунального хозяйства РФ

Протокол от 20.03.98 г.

6) Методические указания по проведению энергоресурсаудита в жилищно-коммунальном хозяйстве [18]

Утверждены приказом

Госстроя России

от 18.04.01 № 81

8) СНиП 2.04.01-85 [19]

Внутренний водопровод и канализации зданий

В правилах указываются: обязательность установки счетчиков-расходомеров во вновь строящихся жилых домах и места их установки.

9) СНиП 2.04.07-86 [20]

Тепловые сети

В этих правилах отражается устройство теплового пункта, его составляющих и предусмотрено устройство теплосчетчиков в каждом тепловом пункте.

10) СНиП 2.04.05-91 [21]

Отопление, вентиляция и кондиционирование

Правила предусматривают устройство системы отопления, наличия необходимых средств учета и контроля расхода теплоэнергии. Описывает необходимое оборудование, устанавливаемое непосредственно у потребителя.

4 Методы измерения расхода жидкости

4.1 Понятие расхода

Расход жидкости – это объем жидкости, проходящий через поперечное сечение трубопровода за единицу времени и имеющий единицу измерения $\text{м}^3/\text{с}$. Обычно в приборах вычисления расхода принято использовать единицу измерения $\text{м}^3/\text{час}$ [8].

Формула измерения расхода:

$$Q = A \cdot \bar{v} \text{ [м}^3/\text{с]} \quad (4)$$

где:

Q – расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$;

A – площадь поперечного сечения трубопровода, м^2 ;

\bar{v} – средняя скорость движения жидкости, $\text{м}/\text{с}$.

Также, разделяют такие понятия, как объемный и массовый расход воды.

Объемный расход – это объем жидкости, протекающий через поперечное сечение трубопровода на промежуток времени [9].

$$Q = V/t \text{ [м}^3/\text{с]} \quad (5)$$

где:

Q – объемный расход, $\text{м}^3/\text{с}$;

V – объем воды, проходящий через поперечное сечение трубопровода, м^3 ;

t – время, за которое объем жидкости проходит через поперечное сечение трубопровода;

или

$$Q = v \cdot S \text{ [м}^3/\text{с]} \quad (6)$$

где:

v – скорость течения воды, $\text{м}/\text{с}$;

S – площадь поперечного сечения трубопровода, м^2 .

Массовый расход – это масса вещества, проходящая через площадь поперечного сечения трубопровода за единицу времени. Выражается формулой [9]:

$$Q_M = \rho \cdot V \cdot S \text{ [м}^3\text{/с]} \quad (7)$$

где:

Q_M – массовый расход, кг/с;

ρ – плотность измеряемого вещества, кг/м³;

S – площадь поперечного сечения трубопровода.

На сегодняшний день существует большое количество средств измерения расхода жидкости в трубопроводе. Основные и распространенные из них: вычисление расхода посредством измерения перепада давления, ультразвуковой расходомер, электромагнитный расходомер, турбинный погружной расходомер.

4.2 Индукционный метод

Индукционный, или, как его еще называют, электромагнитный метод измерения расхода используются для непрерывного измерения расхода жидкостей. При этом, жидкости могут быть загрязненными, с механическими включениями и пульпы, исключение составляют жидкости с ферромагнитными частицами. Измеряемая среда должна иметь удельную электропроводность не менее 10^{-5} См/см [9].

В основу принципа действия метода вложено явление электромагнитной индукции. При помещении электропроводной жидкости в однородное магнитной поле в ней появляется электродвижущая сила ЭДС

$$E = BV \cdot 10^{-8}, \quad (8)$$

где:

E – ЭДС, В;

B – электромагнитная индукция между полюсами магнита, Гн;

l – расстояние между электродами, м;

V – средняя скорость потока, м/с.

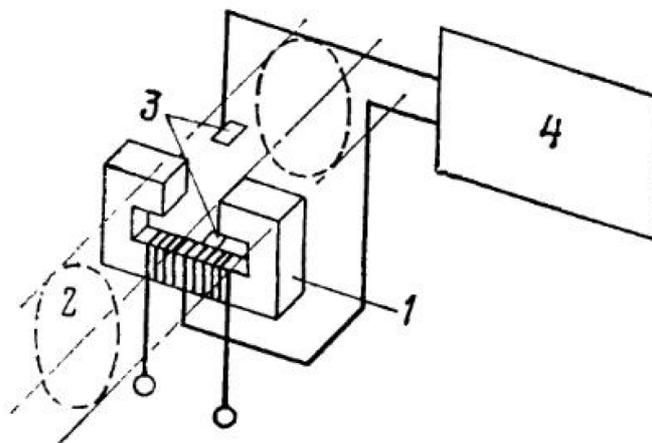


Рисунок 9 – Принципиальная схема индукционного расходомера (1 – электромагнит; 2 – участок трубы из немагнитного материала; 3 – пластины электродов; 4 – измерительный блок)

Так как электромагнит имеет неизменные характеристики, то значения V и l будут постоянны. Значит, возбуждаемая ЭДС в электропроводной жидкости будет пропорциональна средней скорости движения жидкости в трубопроводе, что тоже самое, что расход среды.

Электромагнит внутри покрытого изоляционным слоем патрубка из антиферромагнитного материала (рисунок 9), создает электромагнитное поле. Возбуждаемая ЭДС в жидкости, пересекающей вектор магнитного поля, замеряется пластинами двух электродов, которые расположены диаметрально противоположно в одной плоскости поперечного сечения стенки датчика. Измеренное значение ЭДС преобразуется в меру расхода жидкости.

Внутреннее покрытие датчика может быть выполнено из резины, эмали или фторопласта. Соответственно, измеряемые среды должны быть неагрессивными.

К достоинствам метода можно отнести:

- Отсутствие выступающих внутрь трубопровода частей, сужений или изменений профиля;
- Возможность внутренней чистки трубопровода и прибора без демонтажа;
- Исключено влияние физико-химических свойств измеряемой среды (вязкость, плотность, температура и т.д.), если они не изменяют электропроводность среды;
- Применение антикоррозийных покрытий внутренних стенок дает возможность для измерения расхода агрессивных сред.

Недостатки метода:

- Чувствительность к неоднородности измеряемой среды, завихрениям в потоке, неравномерности заполнения и скорости в сечении трубопровода;
- Чувствительность приборов к паразитным токам заземления;
- Вероятность забивание участка с прибором металлическим мусором, удерживаемым электромагнитом.

На рисунке 10 изображен один из наиболее популярных расходомеров, которые сочетает в себе и расходомер и счетчик.

Прибор выпускается в нескольких исполнениях: фланцевое соединение (от DN 10 до DN 150) и соединение «сэндвич» (от DN 20 до DN 300). Присутствует возможность монтажа в пластиковые трубы.

Датчик не отстает от современных технологий. Благодаря встроенному RFID-модулю стандарта NFC (Near Field Communication), показания с счетчика могут быть сняты с помощью смартфона.

Прибор запитывается от источника вторичного питания 36 В постоянного напряжения и имеет импульсный выходной сигнал (имп./л), то есть, на измерение одного литра жидкости выдается, например, один импульс.



Рисунок 10 – Общий вид расходомера–счетчика ВЗЛЕТ ЭР Лайт М ЭРСВ 540-Л

Данный тип расходомеров нашел широкое применение в измерении расхода в бытовых условиях. Простота конструкции и монтажа позволяет достаточно легко ввести прибор в эксплуатацию. Так как измерительный блок монтируется взамен участка трубопровода, гидравлические потери в потоке измеряемой среды минимальны.



Рисунок 11 – Структурная схема расходомера–счетчика ВЗЛЕТ ЭРСВ

4.3 Ультразвуковой метод измерения расхода

Принцип действия ультразвуковых расходомеров основан на эффекте звуковых колебаний высокой частоты (20 кГц и выше). Скорость распространения ультразвука в перемещающейся по трубопроводу измеряемой среде равна геометрической сумме скорости движения этой среды v_{cp} и собственной скорости звука в этой среде $v_{зв}$.

Рассмотрим самый распространенный ультразвуковой расходомер, основанный на частотной модуляции сигнала.

Принцип действия частотных расходомеров заключается в измерении частот импульсно-модулированных ультразвуковых волн, которые направляются попеременно то по направлению потока измеряемой среды, то против него [7].

На рисунке 11 приведена принципиальная схема такого расходомера. От модуляторов звуковые колебания подаются на пьезоэлементы $П_1$ и $П_2$, эти элементы являются излучателями, пьезоэлементы $П_3$ и $П_4$ (приемники) принимают этот сигнал, прошедший через поток измеряемой среды.

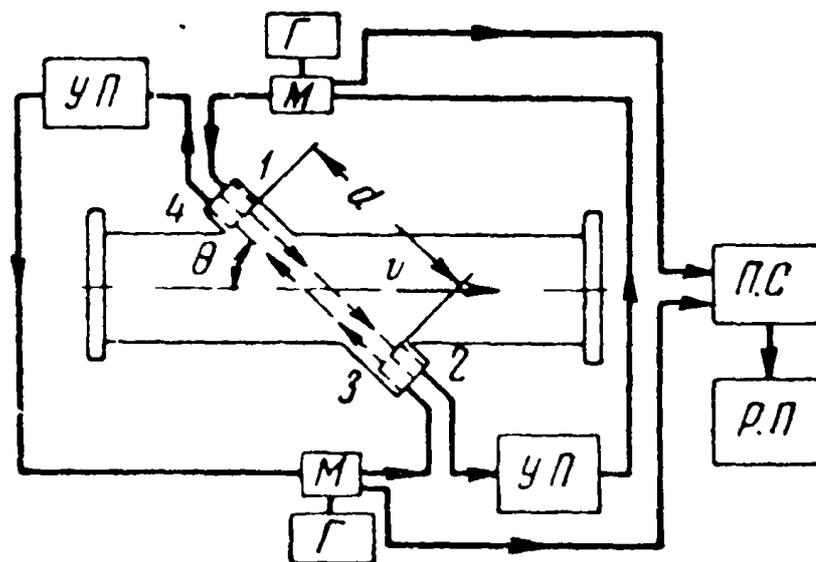


Рисунок 11 – Принципиальная схема частотного расходомера ($М$ – модулятор колебаний; $Г$ – генератор; $УП$ – устройство приема сигнала; d – расстояние между электродами; θ – угол между осью трубопровода и электродом)

Время, затраченное на распространение ультразвуковой волны на расстояние d от излучателей до приемников будет обратно пропорционально алгебраической сумме скорости ультразвука в измеряемой среде $v_{зв}$ и скорости потока среды по направлению распространения ультразвука. Для пар пьезоэлементов $П_1 - П_3$ и $П_2 - П_4$ это время отражается в формулах (12) и (13) соответственно.

$$t_1 = \frac{d}{v_{зв} + v_{ср} \cos \theta}; \quad (12)$$

$$t_2 = \frac{d}{v_{зв} - v_{ср} \cos \theta}; \quad (13)$$

где:

$v_{ср} \cos \theta$ – скорость потока по направлению распространения ультразвуковых волн.

Для генерации высокочастотных колебаний с периодами t_1 и t_2 , установлен блок-модулятор, который работает как триггер: он либо отпирается, пропуская сигнал к излучателям, либо закрывается, прекращая подачу сигнала. Если в момент времени излучатель создает колебания в потоке измеряемой среды, то через определенное время, которое необходимо для преодоления расстояния d , они попадают на приемник сигнала. Полученный сигнал усиливается и подается на модулятор, который запирается до тех пор, пока на приемник получается колебания.

После того, как сигнал прекратил поступать на приемник, модулятор отпирается и попускает колебания. Таким образом реализуется периодическое повторение серии высокочастотных колебаний, которые равны по длительности времени прохождения ультразвуковых волн через поток измеряемой среды.

В схеме, изображенной на рисунке 17, две одинаковые колебательные системы подключены к четырем пьезоэлементам. Частоты их модулированных колебаний будут обратно пропорциональны

соответствующим временам прохождения ультразвуковых колебаний через поток измеряемой среды. Исходя из выражений (14) и (15) разность частот будет равна:

$$f_1 - f_2 = \frac{2v_{cp} \cos\theta}{d} \quad (14)$$

В данном случае для конструкции прибора, которая приведена на рисунке 21 величины $\cos\theta$ и d постоянны, поэтому выражение (15) примет следующую форму:

$$\Delta f = f_1 - f_2 = kv_{cp} \quad (15)$$

где:

k – конструктивная постоянная расходомера.

Из выражения (15) можно увидеть, что при таком способе измерения влияние параметров измеряемой среды на результат измерения исключается.

В таких расходомерах частота колебаний в среднем имеет значение в 5 кГц. Разность частот находится в интервале 10–50 Гц. Таким образом, измерение расхода жидкости сводится к определению малой разности между двумя большими значениями частот.

Для ультразвуковых расходомеров основными погрешностями являются, во-первых, температурные погрешности, вызванные тем, что скорость распространения ультразвука в измеряемой среде много больше измеряемой скорости потока, что незначительные изменения в температуре среды могут вызвать большие погрешности; во-вторых, погрешности, вызванные асимметрией параметров ультразвуковых каналов (длины звукопроводов, эллипсоидальность трубопровода, величина углов между направлениями ультразвуковых «лучей» и осью трубопровода и т.п.).

Ультразвуковые расходомеры с фазовой схемой могут применяться для измерения расхода с быстропеременным течением потока, а также для измерения расхода загрязненных жидкостей в трубопроводах с большим диаметром.

Частотные расходомеры же, напротив, применяются для измерения расхода чистых сред, протекающих в трубопроводах малых диаметров.

На рисунке 12 приведен пример однолучевого частотного расходомера ULTRASONIC US 800. Прибор предназначен для коммерческого учета горячей и холодной воды, конденсата, водных растворов, загрязненной воды, промышленных или бытовых сточных вод, жидких пищевых продуктов, агрессивных жидкостей и химических отходов. Прибор оснащен выносным вычислительным блоком, который можно устанавливать на расстоянии до 500 м. К вычислительному блоку можно подключаться с помощью нескольких интерфейсов: GSM-модем, Ethernet, RS-232.



Рисунок 12 – Ультразвуковой расходомер Ultrasonic US 800

4.4 Расходомеры турбинные

Работа турбинных расходомеров основана на измерении расхода вещества, который пропорционален скорости вращения крыльчатки, помещенной в поток измеряемой среды и вращающийся под давлением потока [11].

Крыльчатка может быть аксиальной и тангенциальной. В первом и втором случаях крыльчатка тщательно балансируется и устанавливается в подшипник с малым трением.

Для измерения скорости вращения крыльчатки могут использоваться различные способы (рисунок 13). Угловая скорость вращения крыльчатки прямо пропорциональна расходу, поэтому в устройствах измерения этой скорости с равномерной шкалой, шкала будет также равномерна по отношению к расходу.

Приведенные на рисунке 13 расходомеры обладают высокими метрологическими характеристиками, к которым можно отнести:

а) Значительный диапазон измерения $\frac{Q_{max}}{Q_{min}} = 10 \div 15$

б) малую погрешность

в) незначительную инерционность, что позволяет использовать их для измерения расхода пульсирующего потока.

Как правило, приборы с аксиальным расположением крыльчатки обладают большей инерционностью по сравнению с расходомерами с тангенциальными крыльчатками.

Измерение скорости вращения крыльчатки в *турбинно-частотных* расходомерах осуществляется следующим образом. Изолированно от трубопровода монтируется штифт так, чтобы зазор между штифтом и лопастями крыльчатки составил доли миллиметра. Выводы от штифта и от трубопровода включаются в плечо измерительного моста, питаемого от высокочастотного генератора. Каждая лопасть крыльчатки при вращении,

проходя мимо штифта, импульсно меняет величину емкости между штифтом и трубопроводом. Частота модулированного сигнала прямо пропорциональна скорости вращения крыльчатки, а, следовательно, и расходу.

В *турбинно-оптических расходомерах* в месте установки крыльчатки в трубопроводе имеются прозрачные вставки, куда направляется луч света,

пересекаемый лопастями крыльчатки при ее вращении. На пути луча (прямого или отраженного от лопасти) устанавливается фотоэлемент. При этом на электродах фотоэлемента возникают пульсирующие электрические сигналы, частота которых пропорциональна скорости вращения крыльчатки.

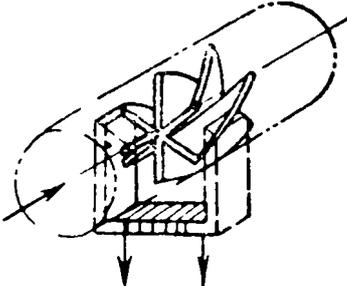
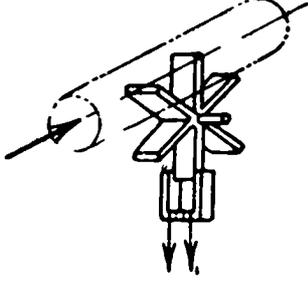
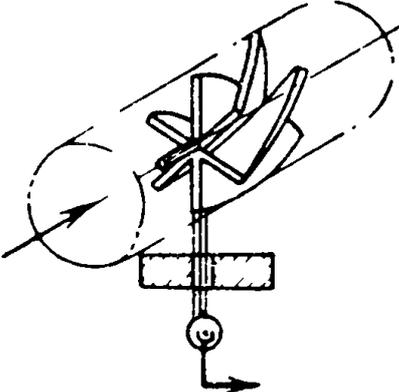
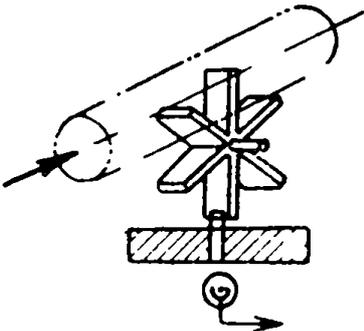
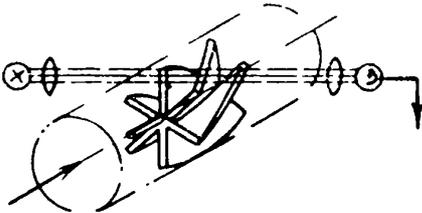
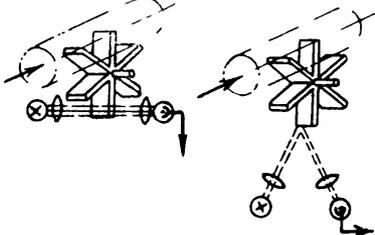
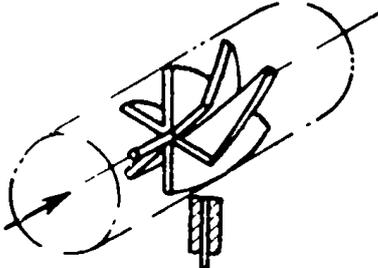
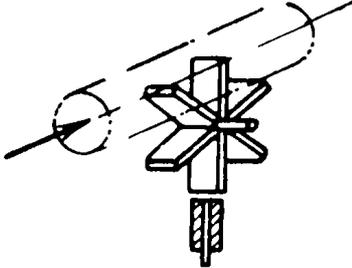
<i>Способ регистрации оборотов ротора</i>	<i>Аксиальные расходомеры</i>	<i>Тангенциальные расходомеры</i>
<i>Магнитный</i>		
<i>Радиоактивный</i>		
<i>Оптический</i>		
<i>Электрический (высокочастотный)</i>		

Рисунок 13 – Способы измерения оборотов ротора, применяемые в турбинных расходомерах

Ввиду того, что в расходомерах с использованием *электромагнитного* формирования сигнала нет необходимости нарушать целостность трубопровода в месте установки крыльчатки для вмонтирования штифтов, прозрачных вставок и т.д., возможно измерение этими приборами расхода веществ, имеющих высокие параметры. Кроме того, показания этих расходомеров не зависят от физико-химических свойств измеряемого вещества.

Турбинные расходомеры, измеряющие скорость вращения крыльчатки с помощью *радиоактивных изотопов*, устроены следующим образом. В одну или несколько лопастей крыльчатки вмонтированы в виде твердых вставок радиоактивные изотопы. Место установки крыльчатки закрыто снаружи экраном, не пропускающим радиоактивных излучений. В определенном месте экрана имеется отверстие, напротив которого установлен индикатор радиоактивных излучений, воспринимающий радиоактивность в моменты прохождения лопастей крыльчатки с изотопами мимо отверстия в экране. Частота импульсов, воспринимаемых счетчиками, пропорциональна скорости вращения крыльчатки, т.е. расходу измеряемой среды.

В качестве примера турбинного расходомера на рисунке 17 изображен крыльчатый расходомер жидкости ЭМИС-ПЛАСТ 220. Прибор состоит из двух частей: первичный преобразователь (1) и электронный преобразователь (2). Прибор выпускается с условным проходом патрубков от 8 до 300 мм. В качестве выходных сигналов в электронном блоке используются: визуальная индикация, импульсный сигнал, аналоговый токовый 4-20 мА, цифровой стандарт RS-485.

Крыльчатка в приборе установлена тангенциально. В качестве метода измерения скорости вращения механизма применен магнитно-индуктивный способ.



Рисунок 14 – Крыльчатый расходомер ЭМИС-ПЛАСТ 220

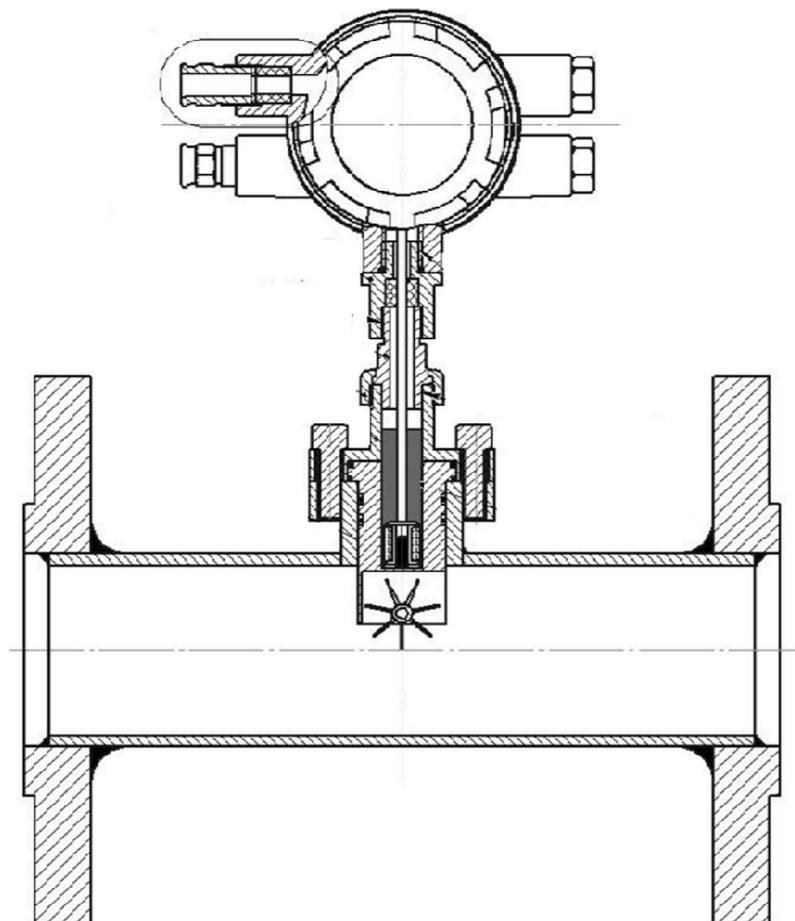


Рисунок 15 – Чертеж прибора ЭМИС-ПЛАСТ 220 в разрезе

5 Методы измерения температуры

5.1 Понятие температуры

Температура является одной из важнейших характеристик, описывающих состояние окружающей нас среды.

Температура – физическая величина, количественно характеризующая меру средней кинетической энергии теплового движения молекул какого-либо тела или вещества.

Исходя из определения можно сделать вывод, что температура не может быть измерена напрямую, а только косвенно, опираясь на изменения свойств тела (давление, объем, электрического сопротивления, интенсивности излучения) [10].

Диапазон измеряемой температуры можно разделить на поддиапазоны: сверхнизкие температуры (0 – 4.2 К), низкие (4.2 – 273 К), средние (273 – 1300 К), высокие (1300 – 5000 К) и сверхвысокие (от 5000 К и выше).

Так как большинство материалов, применяемые для конструирования приборов измерения температуры, не способны выдержать низкие и высокие диапазоны температур, различают две группы средств измерения: контактные и бесконтактные.

Контактный метод измерения температуры предназначен для измерения температур сверхнизкого, низкого и среднего диапазона. Такой метод относится собственно к термометрии.

Бесконтактный метод служит для измерения выше средних, высоких и сверхвысоких диапазонов температур. Этот метод относится к пирометрии или термометрии излучения.

Термометрические методы, как правило, являются контактными методами, при которых обмен энергией между объектом измерения и термопреобразователем осуществляется путем теплопроводности твердых тел и конвекции. В группу термометрического метода входят жидкостные,

манометрические, термоэлектрические термометры и термометры сопротивления. Если для измерения температуры по каким-либо причинам не требуется получение результат с высокой точностью, то применяют полупроводниковые датчики на диодах, транзисторах и специальных интегральных схемах.

В основу *бесконтактных методов* положены измерения энергообмена посредством излучения между объектом измерения и преобразователем. Излучением электромагнитных волн обладают все тела. В зависимости от вида этого электромагнитного излучения, длины волны и его параметров неконтактные методы можно разделить на пирометрические, которые применяют для измерения температур в диапазон от 4000 до 6000 К, и спектрометрические, применяемые для измерения сверхвысоких температур. Веществом с таким диапазон температур является плазма [11].

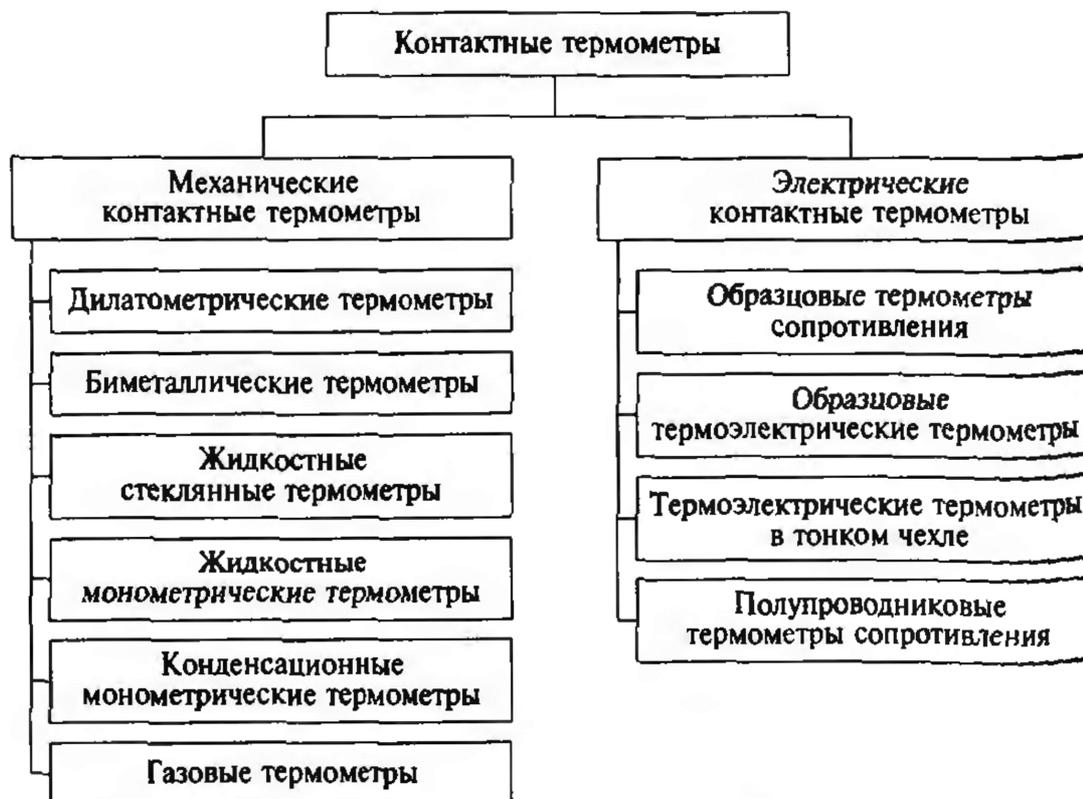


Рисунок 16 – Классификация контактных термометров

5.2 Термометры сопротивления

В термометрах сопротивления используют зависимость электрического сопротивления металлов от температуры. У металлов, не имеющих примесей, такая зависимость практически линейна.

$$R_T = R_0(1 + \alpha_0) \quad (16)$$

где:

R_0 – значение сопротивления при θ , °С;

α – температурный коэффициент сопротивления, 1/°С.

Формула определения температурного коэффициента:

$$\alpha = \frac{\Delta R}{R} \times \Delta \theta \quad (17)$$

где:

$\Delta R/R$ – относительное изменение сопротивления датчика при изменении температуры $\Delta \theta$.

Температурный коэффициент еще можно отразить в процентах на градус Цельсия, %/°С:

$$\alpha = \left(\Delta R \times \frac{100}{R} \right) / (\Delta \theta). \quad (18)$$

Наиболее распространенные металлы, используемые в термометрах сопротивления: медь и платина. Для термометров с медным чувствительным элементом диапазон измерения лежит в диапазоне от минус 50 до 200 °С. Для платиновых – от минус 250 до 1000 °С. Номинальные значения сопротивлений для таких датчиков от 10 до 1000 Ом при температуре 0 °С.

Медные термометры сопротивления изготавливаются с различными номинальными сопротивлениями, от 25 до 1000 Ом. На приборе обычно маркируются как 100М, если при 0 °С значение его сопротивления равно 100 Ом.

Платиновые термометры сопротивления изготавливаются из чистой платины (99,99 %). Чаще всего используются с номинальным сопротивлением

100 Ом (Pt100) при 0 °С. Но термометры с номинальными значениями 25, 500, 1000 Ом также находят свое применение.

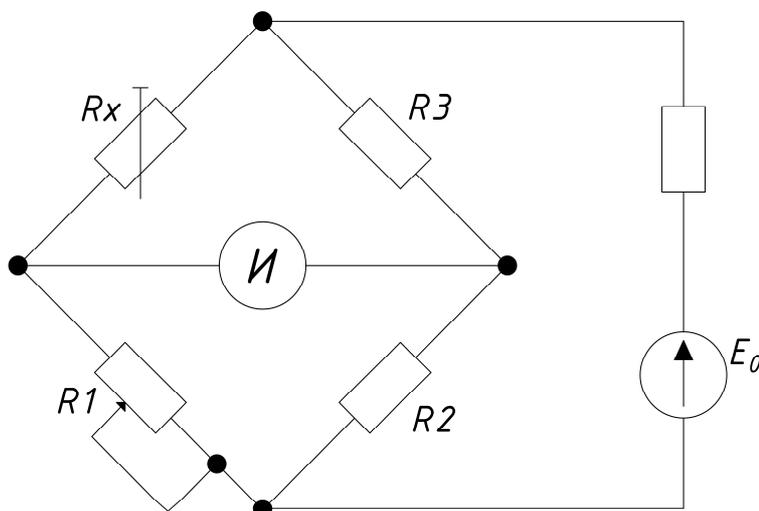


Рисунок 17 – Схема включения термометра сопротивления в мостовую схему

В качестве чувствительного элемента здесь выступает катушка из тонкой проволоки, покрытой изоляционным слоем лака, диаметром в доли миллиметра. Катушка располагается на диэлектрическом стержне, обычно выполненном из керамики, стекла или слюды.

Бывают также термосопротивления фольгового исполнения (TFD – Thin Film Detector). В таких датчиках обеспечивается меньшую инерционность измерителя. У фольговых термосопротивлений время реакции на изменение температуры обычно в 5 – 10 раз меньше, чем у проволочных. Такой параметр особенно важен для систем, в которых необходимо регистрировать динамические изменения быстроменяющихся температур.

Как правило, термометры сопротивления включаются в мостовые схемы. Мостовые схемы бывают уравновешенные и неуравновешенные. В случае уравновешенного моста применяют регулируемые сопротивления, которые изменяют с целью достижения равновесия. Под равновесием подразумевается отсутствие разности потенциалов между контактами измерения, что означает

равенство произведений сопротивлений R_1 , R_2 , R_3 , R_x (рисунок 20) противоположных плеч моста:

$$R_x R_2 = R_1 R_3. \quad (19)$$

Зная значения сопротивлений R_1 , R_2 , R_3 , можно определить значение неизвестного сопротивления R_x :

$$R_x = R_1 R_3 / R_2. \quad (20)$$

Если в качестве R_x выступает термометр сопротивления с сопротивлением R_T , зная характеристику термометра можно определить значение температуры θ , которое воздействует на чувствительный элемент. Если используется схема неуравновешенного моста, то значение температуры определяется как разность потенциалов между измерительными контактами. Уравновешенные мосты более точны и имеют меньшую погрешность по сравнению с неуравновешенной схемой

Одним из главных недостатков термометров сопротивления является влияние на сигнал сопротивления проводника, по которому он передается. В практике не всегда мостовая схема может быть расположена вблизи от места, в котором установлен датчик. Обычно для этого требуются многометровые линии связи. В зависимости от поставленных задач применяются двух-, трех- или четырехпроводное подключение термометра сопротивления к измерительной схеме.

Двухпроводная схема (рисунок 17) имеет преимущество в том, для подключения термометра сопротивления необходим всего двухжильный кабель. Это особенно важно, когда линии связи имеют большую длину. Однако, недостаток в том, что в такой схеме сопротивление линии связи $r_{лс}$ соединительных проводников напрямую входит в результат измерения. Также, на проводник влияет изменения температуры окружающей среды, что также вносит большую погрешность.

Существуют различные способы для реализации компенсации такой погрешности. Один из них – подключение термометра сопротивления по трехпроводной схеме (рисунок 18).

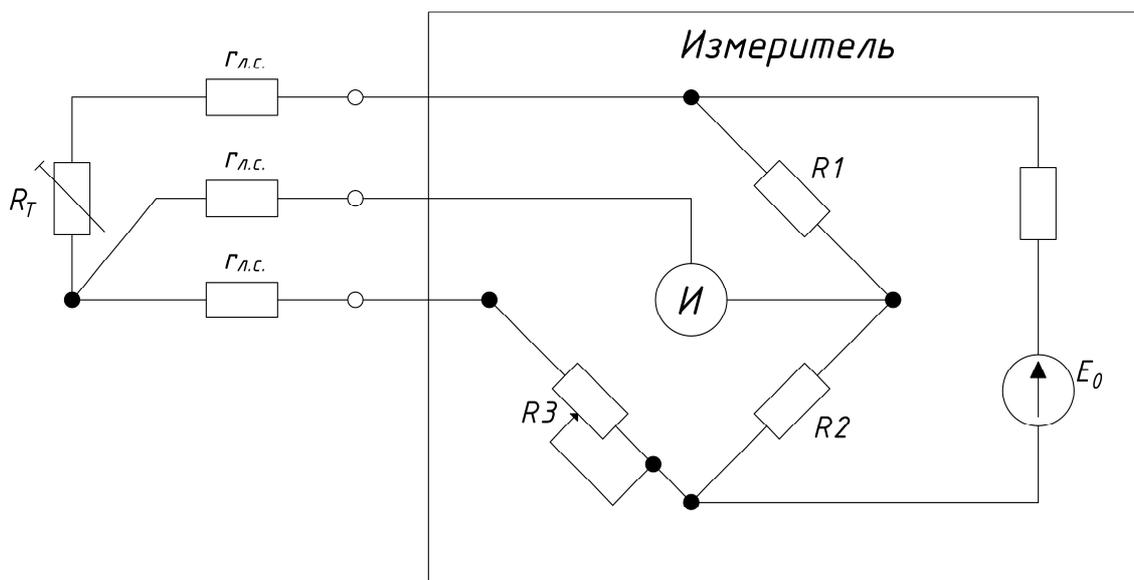


Рисунок 18 – Подключение термометра сопротивления по трехпроводной схеме

Таким образом, при равновесии мостовой схемы выполняется следующее соотношение:

$$(R_T + r_{л.с.}) \times R_2 = R_1 \times (R_3 + r_{л.с.}). \quad (21)$$

Если в схеме моста значения сопротивлений R_1 и R_2 равны и сопротивления $r_{л.с.}$ соединительных проводников одинаковы, то результат измерения будет определяться только температурой термометра сопротивления и не будет зависеть от значения сопротивлений $r_{л.с.}$. В случае равновесия моста ток в цепи индикатора будет отсутствовать, а значение сопротивления проводника не влияет на результат измерения.

На рисунке 19 приведена четырехпроводная схема подключения термометра сопротивления. Такой способ подключения уже не будет мостовым. В основе такого измерителя лежит источник известного постоянного тока I_0 , который протекает через сопротивление термометра R_T .

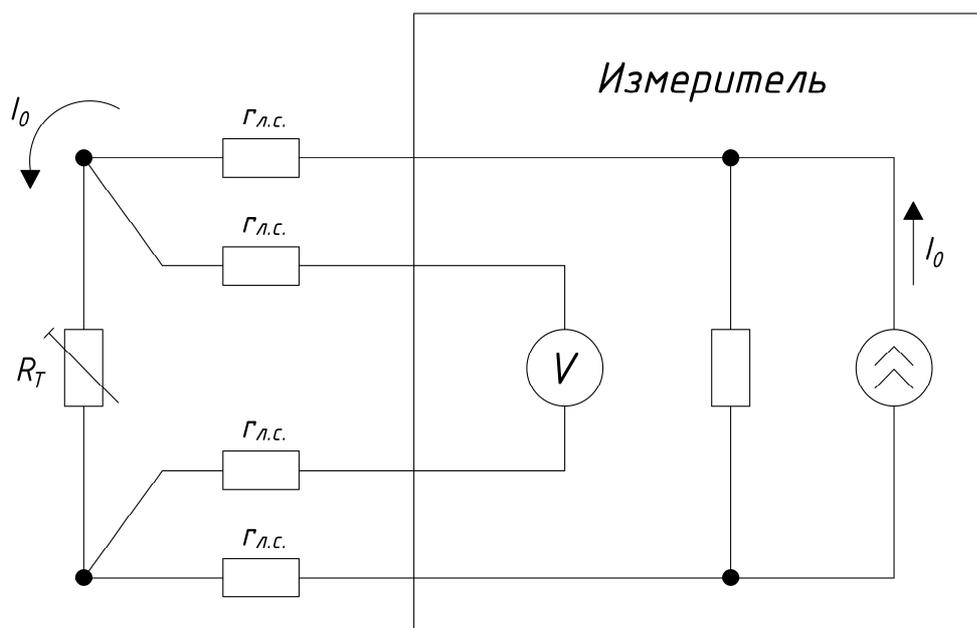


Рисунок 19 – Подключение термометра сопротивления по четырехпроводной схеме

При этом значение сопротивления проводов $r_{л.с.}$ и их изменения практически не влияют на значение тока I_0 , и, как следствие, на результат измерения. Измерение температуры сводится к снятию падения напряжения с сопротивления R_T посредством вольтметра V .

Одним из признаков методической погрешности может быть отклонение результата вследствие нагрева термометра сопротивления находящемуся на участке цепи тока. Уменьшение напряжения питания моста E_0 позволяет уменьшать этот ток, но приводит к снижению чувствительности прибора. Для повышения чувствительности прибора и одновременно для сохранения допустимого значения тока в сопротивлениях для питания используют не постоянное напряжение, а импульсное достаточно большой амплитуды.

5.3 Термопары

Термопары применяются для измерения температур, которые находятся в диапазоне от минус 200 до 2000 °С. Принцип измерения термопары основан на *эффекте Зеебека* [10].

Эффект Зеебека – возникновение термоЭДС в замкнутой электрической цепи, которая состоит из соединенных последовательно разнородных проводников, места соединений которых находятся под влиянием разных температур (рисунок 20).

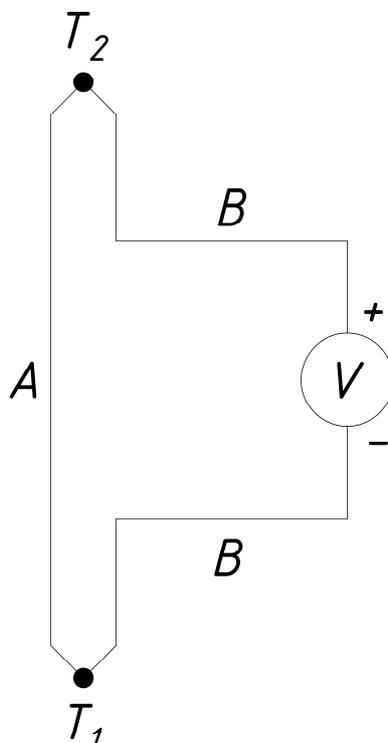


Рисунок 20 – Принципиальная схема термопары

Значение возникающей термоЭДС полностью зависит от внутренних свойств проводников или полупроводников и температур и горячего T_1 и холодная T_2 спаев.

Зависимость термоЭДС от разности температур спаев нелинейна, но для небольших диапазонов температур, при невысоких точностных требованиях ее можно считать линейной. Тогда термоЭДС термопары E_T определяется следующим образом:

$$E_T = S_T(\theta_1 - \theta_2). \quad (22)$$

где S_T – чувствительность термопары; θ_1 – температура рабочего (горячего) спая; θ_2 – температура свободного (холодного) спая.

Для обеспечения однозначной зависимости термоЭДС от температуры θ_1 необходимо поддерживать постоянной и известной температуру θ_2 . Обычно

такая температура равно $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ или $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Таким образом, зная значение чувствительности прибора S_T и измерив значение термоЭДС термопары E_T , можно вычислить температуру θ_1 .

Для измерений в более широких диапазонах температур необходимо использовать более точные выражения, такими, как полиномиальные аппроксимации нелинейной зависимости E_T от разности температур.

В современных термопарах в качестве компенсации неточностей измерения используют способы и устройства автоматической компенсации влияния температуры на холодный спай термопары.

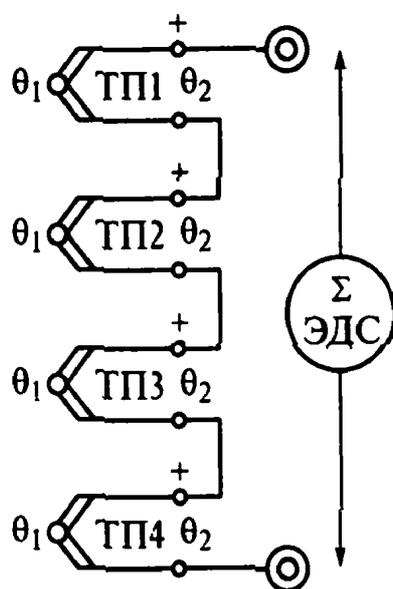


Рисунок 21 – Термобатарея

Последовательное объединение термопар в термобатарею применяют для повышения чувствительности (рисунок 21). Все концы горячего спая находятся в среде измерения с температурой θ_1 , а концы с холодным спаем – при постоянной или известной температуре θ_2 . ТермоЭДС $\Sigma \varepsilon$ будет равна сумме термоЭДС отдельно взятых термопар.

Для нахождения разности температур двух измеряемых сред применяются дифференциальные термопары, которые состоят из двух встречно включенных термопар (рисунок 22). Концы термопары с горячим спаем имеют разную температуру θ_A и θ_B , а концы с холодным спаем –

одинаковую θ_2 . В результате выходное напряжение пропорционально разности температур.

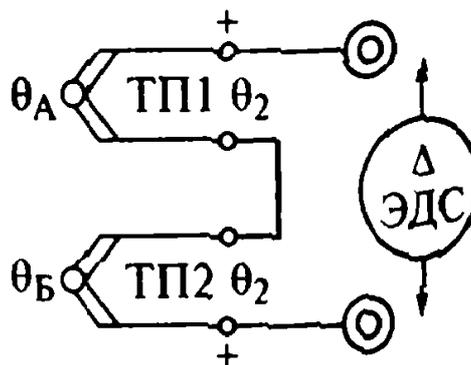


Рисунок 22 – Дифференциальная термопара

В качестве выходного сигнала в термопаре – постоянное напряжение, которое может быть преобразовано в цифровой код и может быть легко измерен с помощью, например, цифрового мультиметра. Термопары могут быть подключены к различным преобразователям, которые в свою очередь могут подключаться к промышленным контроллерам для ведения, например, регулирования или статистики динамических изменений.

Термопары выделяются высокой точностью и чувствительностью среди других средств измерения температуры, а также, сравнительно малым значением гистерезиса и хорошей повторяемостью измерения. Диапазон выходных напряжений обычно находится в пределах от 0 до 50 мВ. Температурный коэффициент, то есть чувствительность термопары, обычно располагается в диапазон от 10 до 50 мкВ/°С.

В соответствии с международной общепринятой классификацией термоэлектрические преобразователи подразделяются на несколько типов, в зависимости от используемых материалов для их изготовления. В таблице 2 приведены основные виды термопар и их характеристики.

В России термопары с маркировкой *E* и *J* приборостроительными фирмами не выпускаются.

Таблица 2 – Виды термопар

Тип термопары	Материал	Диапазон измерения, °С	Коэффициент преобразования при 20 °С, мкВ/°С
Е	Хромель-константан	от минус 270 до 1000	62
J	Железо-константан	от минус 210 до 1000	51
К (ТХА)	Хромель-алюмель	от минус 200 до 1000	40
R (ТПП)	Платина-платинородий (13 % родия)	от минус 50 до 1500	7
S (ТПП)	Платина-платинородий (10 % родия)	от минус 50 до 1600	7
T (ТМК)	Медь-константан	от минус 270 до 400	40

На практике чаще всего применяются термопары трех видов: *J*, *K*, *T*.

Для измерения сред с высокой температурой, или агрессивных сред следует применять термопары типа *R* и *S*.

6 Схемы организации поквартирного учета тепловой энергии

6.1 Общедомовой тепловой пункт для домов с вертикальными двухтрубными системами отопления

В зависимости от типа жилого дома могут применяться различные способы для поквартирного учета тепловой энергии. Если рассматривать внедрение систем учета в уже построенные жилые дома, то возникает ряд проблем, которые могут помешать это сделать. К таким домам относятся постройки 1970-80 годов, так называемые «хрущевки» – наиболее распространенные серии панельных домов в России. В этих панельных домах, как правило, используется вертикальная двухтрубная система отопления. На рисунке 23 схематично изображено расположение стояков и радиаторов. Так как для реализации учета расхода теплоэнергии в каждой квартире необходимо произвести врезку расходомера в стояк, а таких стояков в квартирах как минимум два, то такой проект будет иметь очень высокую стоимость. В трехкомнатной квартире количество стояков может достигать до шести штук. Если на каждом этаже, в каждой квартире устанавливать расходомер, то это приведет к большому гидравлическому сопротивлению системы, и, как следствие, к нестабильности системы. Помимо расходомера, на каждый измерительный участок необходимо врезать датчик температуры.

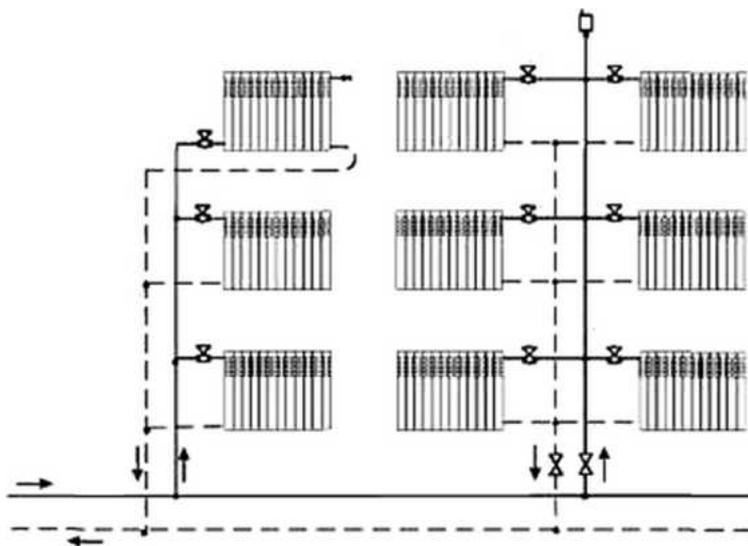


Рисунок 23 – Схема двухтрубной вертикальной разводки отопления в жилых домах

Отсюда можно сделать вывод, что такое решение имеет ряд недостатков. Для измерения разности температур между подающим и обратным трубопроводами необходимо использовать высокоточные датчики температуры, так как эта разница относительно одной квартиры невелика.

Таким образом, решение нецелесообразно, и жилая квартира будет излишне нагромождена измерительными приборами, которые, ко всему прочему, будут излучать большое количество электромагнитных волн.

Один из вариантов реализации учета расхода тепла в домах с двухтрубной вертикальной системой отопления это установка общедомового теплового пункта, который расположится, например, в подвале дома, на месте ввода магистрали от теплотрассы. В этом случае расход тепловой энергии будет делиться между всеми жильцами дома в зависимости от жилой площади квартиры [12].

В тепловом пункте осуществляется не только учет расхода теплоносителя, но и погодное регулирование. Достигается это за счет измерения температуры наружного воздуха и составления температурного режима в зависимости от погодных условий. Технологическая схема общедомового теплового пункта приведена в приложении А.

6.2 Беспроводная система учета тепла для вертикальных двухтрубных систем отопления

Такой способ индивидуального учета теплоэнергии основывается на применении устройств распределения тепловой энергии [15].

Устройства распределения тепловой энергии предназначены для измерений температурного напора квартирных приборов отопления и представления результата измерений нарастающим итогом в форме интеграла по времени, пропорционального отданной прибором отопления тепловой энергии. Распределитель каждые 3 минуты снимает показания температуры

поверхности отопительного прибора в той точке, в которой он установлен, и записывает во внутреннюю память разность показаний температуры поверхности отопительного прибора и температуры воздуха в помещении. Результате таких измерений и преобразований показания тепла, отданного радиатором, соответствует количеству тепла в условных единицах. Так как отопительные приборы разных размеров могут отдавать разное количество теплоты, а измеренная температура в определенной точке разных радиаторов будут одинаковы, то для этого результат измерения в условных единицах умножают на радиаторный коэффициент, который соответствует данному типу прибора. Такой коэффициент производитель радиатора должен приводить в паспорте на отопительный прибор.



Рисунок 24 – Установка распределителя тепла на радиаторе

Совокупность отображаемых отсчетов устройств для распределения тепловой энергии в коллективной системе отопления совместно с показаниями общего счетчика тепловой энергии на отопление позволяют произвести расчет затрат на отопление каждого потребителя.

Таким образом, формула для вычисления расхода тепла будет вычисляться по формуле (23).

$$E_{\text{помещ.}} = P_{\text{распр.}} \times K_{\text{рад.}} \times K_{\text{помещ.}} \quad (23)$$

где

$E_{\text{помещ.}}$ – единицы потребления тепла в данном помещении за расчетный период;

$P_{распр.}$ – показания распределителя тепла;

$K_{рад.}$ – радиаторный коэффициент;

$K_{помещ.}$ – дополнительный коэффициент помещения (коэффициент расположения квартиры в здании, коэффициент долевого участия данной квартире в данном помещении и т.д.), который определяется эксплуатирующей организацией и вводится в программу оператором.

Главными преимуществами такой организации поквартирного учета являются, в первую очередь, относительная дешевизна оборудования. Проект можно реализовать в любых постройках с вертикальной и горизонтальной, однотрубной и двухтрубной системой отопления. Практически все приборы учета и сбора информации работают в беспроводном режиме, что сводит к минимуму монтажные работы.

Из недостатков можно отметить возможность несанкционированного вмешательства в устройство работы распределителя тепла, отделение измеряющей пластины от радиатора и прочее. Однако, эти недостатки можно исключить путем опломбирования радиаторных крепежей распределителя и самого прибора непосредственно.

6.3 Измерения расхода тепла в двухтрубных горизонтальных системах отопления

Горизонтальная разводка отопления преимущественно встречается в домах современного образца и является самой простой для реализации поквартирного учета теплоэнергии любыми способами. В таких системах разводки отопления по квартирам практически независимы друг от друга. Это можно увидеть из рисунка 25.

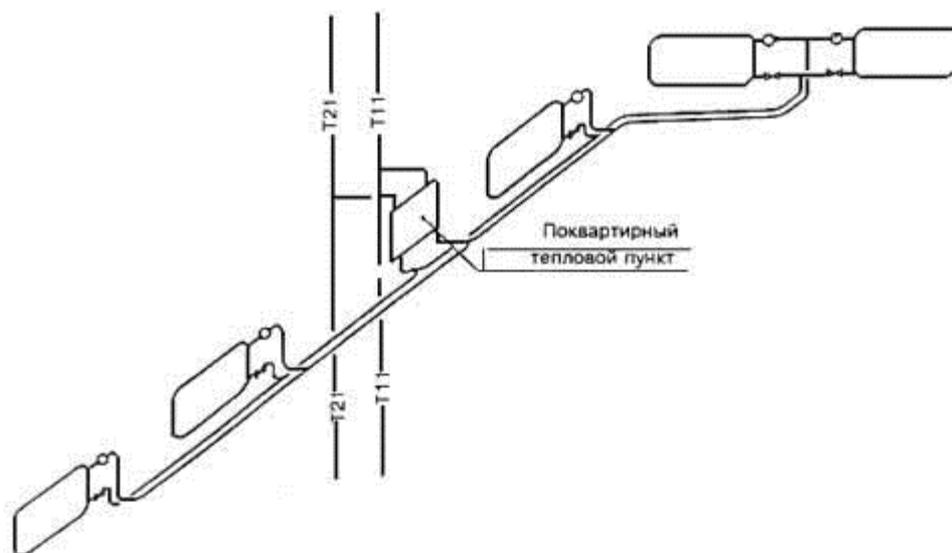


Рисунок 25 – Фрагмент горизонтальной двухтрубной разводки системы отопления

В каждом подъезде по всей его высоте проложены две магистрали: подающий и обратный трубопровод. На каждом этаже квартиры подключаются к этим магистралям, и, фактически, имеют свои коллекторы подачи и обратной воды теплосети. От таких коллекторов отопительные приборы могут подключаться либо последовательно, как в случае однотрубных систем отопления, либо параллельно.

Таким образом, в качестве системы учета тепловой энергии можно применить датчики расхода воды и датчики температуры, монтируемые в коллекторных шкафах квартиры [12]. Измерительный участок для горизонтальной системы отопления изображен на рисунке 26.

Такой метод измерения расхода тепла применим только для систем с горизонтальной разводкой отопления, так как не требует больших вмешательств в гидравлическую систему и в этом заключается его единственный недостаток. Организовывать такой учет теплоэнергии лучше всего во вновь строящихся жилых зданиях на этапе черновой отделки квартир. К тому же, для организации диспетчеризации в такой схеме потребуются прокладка большого количества кабелей, что ведет к удорожанию проекта.

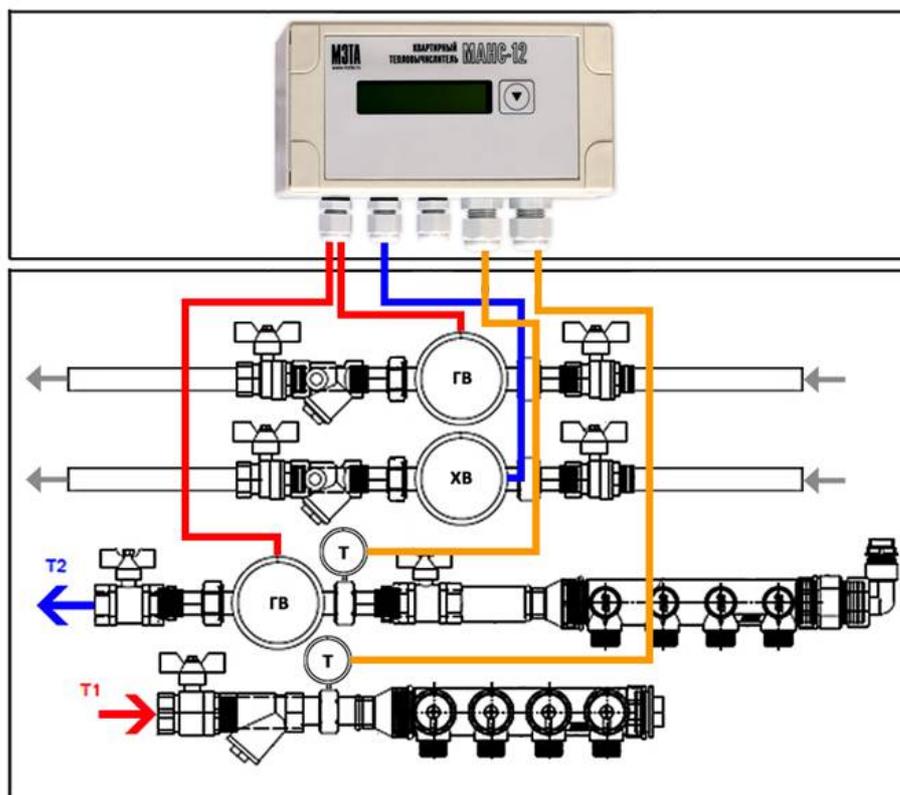


Рисунок 26 – Измерительный участок на базе теплосчетчика ЗАО «МЗТА» МАНС-12

Преимуществами же, по сравнению, например, с распределителями тепла, является привычные для обычного потребителя показания расхода счетчиков воды, которые можно контролировать визуально. В качестве расходомеров могут применяться обычные тахометрические счетчики с импульсным выходом.

7 Выбор схемы учета тепловой энергии

Рассмотрим более подробно метод беспроводного учета тепловой энергии, основанный на применении распределителя тепла «Danfoss».

Для правильно организации поквартирного учета существует свод правил:

- На отопительных приборах должны быть установлены термостатические регуляторы.

- Распределителями и терморегуляторами в здании должно быть оборудовано не менее 50% отапливаемых помещений (желательно 75%).

- Измерение фактической величины затрат тепловой энергии на отопление должно производиться общедомовым счетчиком тепла.

- В жилищной организации должны быть организованы перерасчеты оплат для жильцов по показаниям общедомовых и квартирных приборов учета.

7.1 Распределитель тепла

В качестве радиаторного распределителя применяется Danfoss INDIV-5. Распределители тепла – это приборы для измерения температурного напора квартирных приборов отопления и представления результата измерений нарастающим итогом в форме интеграла по времени, пропорционального отданной прибором отопления тепловой энергии.

Радиаторные распределители предназначены для организации поквартирного учета тепла в жилых зданиях с вертикальной разводкой системы отопления, когда через каждую квартиру проходит несколько отопительных стояков. Все жилые здания массовой застройки имеют вертикальную разводку системы отопления. Применение поквартирного учета

тепла совместно с регулированием дает возможность каждому жильцу снижать оплаты за отопление по своему усмотрению.

Таблица 3 – Технические данные INDIV-5

Характеристика	Значение характеристики	
Диапазон температур теплоносителя (в точке монтажа)	$T_{\text{мин}} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{макс}} = 105 \text{ }^{\circ}\text{C}$	
Пределы допускаемой погрешности	при $5 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq \Delta t \leq 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$	12%
	при $10 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq \Delta t \leq 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$	8%
	при $15 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq \Delta t \leq 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$	5%
Срок службы	10 лет	

Прибор устанавливается на каждый радиатор в квартире. Распределитель тепла выпускается в двух исполнениях: со встроенным датчиком температуры и с выносным, для монтажа на радиатор с защитным кожухом. В зависимости от типа радиатора поставляется соответствующий вид крепежа.



Рисунок 27 – Распределитель тепла INDIV-5

7.2 Импульсный адаптер

Двухканальный импульсный адаптер INDIV-PAD преобразует импульсный сигнал от тахометрических счетчиков холодной и горячей воды. К такому адаптеру можно подключить максимум два счетчика.



Рисунок 28 – Импульсный адаптер INDIV-PAD

Основные функции адаптера:

- получение информации о расходе с первичных счетчиков;
- отслеживание обрыва проводной связи;
- обработка полученных данных о расходе и составление архивных записей;
- осуществление беспроводной передачи информации на сетевой узел связи.

Адаптер импульсных сигналов имеет возможность получать информацию с четырех типов счетчиков с импульсными выходами:

- счетчики воды;
- счетчики тепла;
- счетчики газа;
- счетчики пара.

7.3 Сетевые узлы

Сетевой узел NNB предназначен для сбора информации в границах одной квартиры с первичных счетчиков и передачи этой информации в главный сетевой узел. Сетевые узлы имеют беспроводной интерфейс связи по радиочастотному каналу с частотой сигнала 868,9 МГц.

Максимальное количество первичных преобразователей, принимаемых сетевым узлом, равно пятистам.



Рисунок 29 – Сетевой узел NNB-Std

В качестве общедомового концентратора радиосигналов с сетевых узлов следует применять автоматический концентратор Ista Memonic 3 radio (рисунок 30). Преимущественное отличие этого концентратора от главного сетевого узла компании Danfoss заключается в том, что Memonic 3 radio имеет встроенный GPRS-модем (сетевой узел NNV-IP оснащен только Ethernet-интерфейсом). Такое решение может сократить расходы на дополнительном оборудовании.

Концентратор – это полностью автономное устройство с питанием от встроенной батареи со сроком службы не менее 10 лет. Подключать концентратор к сети питания, связи или Интернету не нужно. Концентратор работает полностью в автоматическом режиме, с определенной периодичностью производит радиосбор данных со всех приборов учета,

установленных на объекте и в виде GPRS-пакета передает все собранные данные на сервер.

Собранные данные круглосуточно доступны для просмотра и скачивания с любого компьютера, имеющего Интернет-соединение – администратор объекта или жители имеют авторизованный доступ к серверу. Данные предоставляются в виде таблиц с ежедневными показаниями приборов учета.



Рисунок 30 – Концентратор Memonic 3 Radio.

Один концентратор может считывать данные до 500 приборов, поэтому, в большинстве случаев, для одного объекта достаточно всего одного концентратора. Никакие дополнительные устройства для поддержки радиосвязи внутри здания не требуются.

Концентратор Иста работает в том же радиочастотном диапазоне, что и первичные счетчики и сетевые узлы Danfoss (868,9 МГц).

7.4 Измерительный участок расхода теплоносителя

Для контроля расхода теплоносителя на каждый стояк отопления в подвальном помещении (для домов с нижней разводкой) или на чердаке (для домов с верхней разводкой) устанавливается расходомер. Учет расхода необходим для вычисления потребления тепловой энергии в квартире. В качестве расходомера может быть применен любой счетчик, имеющий импульсный выход. Так как вводная магистраль теплосети обычно большого диаметра (от 32 до 50 мм), то рациональнее применять электромагнитный расходомер, например, Взлет ЭРСВ.

7.5 Диспетчеризация

В приложении Б представлено схематическое расположение оборудования в квартирах. Так как все приборы имеют беспроводной интерфейс, метод учета не требует дополнительной прокладки кабельных изделий от приборов измерения расхода. Для реализации удаленной диспетчеризации, передачи данных о расходах в обслуживающую компанию необходимо настроить все общедомовые концентраторы на передачу информации по GPRS-модему.

Для вычисления расхода тепловой энергии необходимо рабочее место оператора со специальным программным обеспечением, которое будет в автоматическом режиме использовать все необходимые данные расхода, учитывая квартирные и радиаторные коэффициенты.

7.6 Примеры применения системы поквартирного учета

В 2009 году компанией Danfoss был проведен эксперимент в городе Москве. Объектом эксперимента стали многоквартирные дома, расположенные по улице Обручева. В составе проекта были:

автоматизированный узел управления, общедомовой тепловой пункт, пропорционаторы, балансировочные клапаны, радиаторные терморегуляторы. Для каждого дома, участвовавшего в эксперименте, был произведен свой набор реконструкционных решений.

В течение трех лет в трех 12-этажных домах поэтапно были реализованы различные мероприятия для обеспечения максимальной энергоэффективности.

В результате модернизации достигнуто снижение потребления теплоэнергии на 45% в целом по зданию. Повысился уровень комфорта в жилых помещениях за счет удобного регулирования температурного режима. В некоторых квартирах самые экономные жители сократили теплоспотребление на 60-70%.



Рисунок 31 – Фотография участвующих в эксперименте домов в г. Москва.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-1Б11	Чернецкому Антону Андреевичу

Институт	ИНЭО	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	200100 Приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	<i>Расчет затрат на разработку НИРС</i>
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	<i>НДС – 18%, зачисления на заработную плату – 30%</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	
2. Разработка устава научно-технического проекта	
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику _____ GSM-900/1800 _____	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1Б11	Чернецкий Антон Андреевич		

8 Технико-экономическое обоснование НИР

8.1 Организация и планирование работ

При проведении научно-исследовательскую работы задействовались два исполнителя:

- научный руководитель (НР),
- инженер (И).

Составим таблицу перечня работ и продолжительности их выполнения:

Таблица 8.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
Изучение литературы	И	И – 100%
Проведение сравнительного анализа существующих методов и подходов	НР, И	НР – 20% И – 100%
Выбор метода контроля	НР, И	НР-100% И-70%
Выбор средств контроля	НР, И	НР-100% И-80%
Анализ эффективности выбранного подхода	И	И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Составление презентации	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

Расчет продолжительности этапов работ осуществим опытно-

статическим вероятностным методом, в котором для определения ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяется метод двух оценок

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (8.1)$$

где t_{\min} – минимальная трудоемкость работ, чел/дн,

t_{\max} – максимальная трудоемкость работа, чел/дн.

Составим таблицу продолжительности каждого этапа работ.

Таблица 8.2 – Трудозатраты на выполнение проекта

№	Наименование работ	Исполнители	Продолжительность работ в днях		
			t_{\min}	t_{\max}	$t_{ож}$
1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР, И	0,9	1,5	1,14
2	Составление и утверждение ТЗ	НР, И	2	3	2,8
3	Разработка календарного плана	НР, И	0,7	1,2	0,86
4	Изучение литературы	И	5	10	7
5	Проведение сравнительного анализа существующих методов и подходов	НР, И	2	5	3,2
6	Выбор метода контроля	НР, И	4	6,5	5
7	Выбор средств контроля	НР, И	4	5,2	4,48
8	Анализ эффективности выбранного подхода	И	2	3	2,4
9	Оформление расчетно-пояснительной записки	И	12	15	13,2
10	Составление презентации	И	3	6	4,2
11	Подведение итогов	НР, И	1	2	1,4
	Итого:				45,68

Рассчитаем длительность этапов работ в рабочих и календарных днях по формулам:

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{д}, \quad T_{кд} = T_{рд} * T_{к} \quad (8.2)$$

где $t_{ож}$ – трудоемкость работы, чел/дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ ($K_{ВН} = 1$);

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ($K_{Д} = 1.2$);

$T_{РД}$ – продолжительность выполнения этапа в рабочих днях;

$T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитаем по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (8.3)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 12$).

Следовательно, коэффициент календарности составляет $T_{К} = 1.213$.

В таблице 8.3 рассчитаем длительности каждого этапа в рабочих и календарных днях.

Таблица 8.3 – длительности этапов работ

№	Этап	Исполнители	Длительность работ, чел/дн.			
			$T_{РД}$		$T_{КД}$	
			НР	И	НР	И
1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	1,68	-	2,04	-
2	Составление и утверждение ТЗ	НР, И	3,36	3,36	4,08	4,08
3	Разработка календарного плана	НР, И	1,03	0,100	1,25	0,125
4	Изучение литературы	И	-	8,4	-	10,19
5	Проведение сравнительного анализа существующих методов и подходов	НР, И	0,768	3,84	0,94	4,66

6	Выбор метода контроля	НР, И	6	4,2	7,28	5,1
---	-----------------------	-------	---	-----	------	-----

Таблица 8.3 – Продолжение

7	Выбор средств контроля	НР, И	5,376	4,3	6,52	5,22
8	Анализ эффективности выбранного подхода	И	-	2,9	-	3,52
9	Оформление расчетно-пояснительной записки	И	-	15,84	-	19,22
10	Составление презентации	И	-	5,04	-	6,11
11	Подведение итогов	НР, И	1,01	1,68	1,23	2,04
	Итого:		19,25	49,66	23,34	60,27

Рассчитаем величину завершенности работы на каждом из этапов. Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$H_i = \frac{t_{Hi}}{t_0} \cdot 100\%, \quad (8.4)$$

где t_{Hi} - нарастающая трудоемкость с момента начала работы i -го этапа;
 t_0 – общая трудоемкость, вычисляемая по формуле.

$$t_0 = \sum_{i=1}^n t_{ож_i}, \quad (8.5)$$

где $t_{ож_i}$ – ожидаемая продолжительность i -го этапа.

Удельный вес каждого этапа Y_i определяется по формуле:

$$Y_i = \frac{t_{ож_i}}{t_0} \cdot 100\%. \quad (8.6)$$

В таблице 8.4 отображены основные результаты завершенности и удельного веса каждого этапа.

Таблица 8.4 – Основные результаты завершенности работы
на каждом из этапов

№	Этап	$H_i, \%$	$Y_i, \%$
1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	1,68	1,68
2	Составление и утверждение ТЗ	6,72	8,4
3	Разработка календарного плана	1,13	9,53
4	Изучение литературы	8,4	17,93
5	Проведение сравнительного анализа существующих методов и подходов	4,06	21,99
6	Выбор метода контроля	10,2	32,19
7	Выбор средств контроля	9,676	41,86
8	Анализ эффективности выбранного подхода	2,9	44,76
9	Оформление расчетно-пояснительной записки	15,84	60,6
10	Составление презентации	5,04	65,64
11	Подведение итогов	2,69	68,33

Таблица 8.5 иллюстрирует линейный график работ на основе рассчитанного для инженера и научного руководителя времени $T_{кд}$.

Таблица 8.5 – Линейный график работ

Этап	НР	И	Март			Апрель			Май		
			10	20	30	40	50	60	70	80	90
1	2,04	-	■								
2	4,08	4,08	■								
3	1,25	0,125	■								
4	-	10,19		■							
5	0,94	4,66			■						
6	7,28	5,1			■						
7	6,52	5,22				■					
8	-	3,52					■				
9	-	19,22						■			
10	-	6,11							■		
11	1,23	2,04								■	■

■ НР ■ И

8.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

Расчет сметной стоимости на выполнение данной разработки производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- основная заработная плата;
- отчисления в социальные фонды;
- расходы на электроэнергию;
- амортизационные отчисления;
- прочие расходы.

Расчет затрат на материалы

К данной статье относятся стоимость покупных материалов, используемых при разработке. Таблица 8.6 сметой расходов на покупные материалы, включающая цену за единицу материала, количество и общую сумму.

Таблица 8.6 – Расходные материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Счетчик-распределитель	3215	180 шт.	578 700
Импульсный адаптер	5535	60 шт.	332 100
Сетевой узел	22 665	4 шт.	90 660
Главный сетевой узел	111 900	1 шт.	111 900
Термостатический регулятор	1403	180 шт.	252 547
Трехходовой регулятор	16 825	1 шт.	16 825
Насос циркуляционный	106 761	1 шт.	106 761
Расходомер	25 800	2 шт.	51 600
Тепловычислитель	14 400	1 шт.	14 400
Присоединительная арматура	5300	2 шт.	10 600

Таблица 8.6 – Продолжение

Источник вторичного питания	1900	3 шт.	5700
Температурный датчик	1100	2 шт.	2200
Кабельная продукция	65	95 м	6175
Итого:			1 573 058

Общая цена на оборудование составила $C_{\text{мат}} = 1\,573\,058$ рублей.

Расчет основной заработной платы

Следующая статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, выполняющего разработку. Расчет основной заработной платы основывается на трудоемкости выполнения каждого из этапов и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$\text{Дневная з/п} = \frac{\text{Месячный оклад}}{25,17 \text{ дней}} \quad (8.7)$$

Так как в году 302 рабочих дня, следовательно, в месяце 25,17 рабочих дней. Затраты на выполнение работы по каждому исполнителю отображены в таблице 8.3. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ГП}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,8$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,113 * 1,3 = 1,59$. Вышеуказанное значение $K_{\text{доп.ЗП}}$ применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае $K_{\text{и}} = 1,59$.

Таблица 8.7 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес	Среднеднев- ная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	Коэф- фициент	Фонд з/платы, руб.
НР	16 751	675	23	1,699	26 377
И	35 000	1410	61	1,59	136 756
Итого:					163 133

Таким образом затраты на основную заработную плату составили $C_{зп} = 163\ 133$ руб.

Расчет отчислений в социальные фонды

Отчисления по данной статье определяются по следующей формуле:

$$C_{соц} = K_{соц} \cdot C_{осн}, \quad (8.8)$$

где $K_{соц}$ – коэффициент, учитывающий размер отчислений. Следующий коэффициент составляет 30% от затрат на заработную плату и включает в себя:

- 1) отчисления в пенсионный фонд;
- 2) на социальное страхование;
- 3) на медицинское страхование.

Таким образом, отчисления от заработной платы составляют

$$C_{соц} = 0,3 \cdot 163\ 133 = 48940$$

Расчет затрат на электроэнергию

Данная статья расходов включает в себя затраты на электроэнергию, затраченную при работе необходимого для разработки оборудования и освещения. Затраты на электроэнергию при работе оборудования рассчитываются по формуле:

$$C_{эл.об} = P_{об} \cdot \Pi_{э} \cdot t_{об}, \quad (8.9)$$

где $\mathcal{E}_{\text{об}}$ – затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием, руб.;

$P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\mathcal{C}_{\mathcal{E}}$ – тарифная цена за 1 кВт час, $\mathcal{C}_{\mathcal{E}} = 2,93$ руб/кВт час;

$t_{\text{об}}$ – время оборудования, час.

Время работы оборудования вычислим на основе данных таблицы 12.3 из расчета того, что продолжительность рабочего дня длится 8 часов.

Затраты на электроэнергию необходимые для разработки и выполнения проекта приведены в таблице 8.8.

Таблица 8.8 – Затраты на электроэнергию для технологических целей

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$, кВт	Затраты $\mathcal{E}_{\text{об}}$, руб.
Персональный компьютер	400*0,6	0,43	302,37
Итого:			302,37

Расчет амортизационных расходов

Амортизационные отчисления рассчитываются на время использования по формуле:

$$C_{\text{ам}} = \frac{N_A \cdot \mathcal{C}_{\text{об}}}{F_D} \cdot t_{\text{вт}} \cdot n, \quad (8.10)$$

Где N_A – годовая норма амортизации, $N_A = 40\%$;

$\mathcal{C}_{\text{об}}$ – цена оборудования, $\mathcal{C}_{\text{об}} = 1\,573\,058$ руб.;

F_D – действительный годовой фонд рабочего времени, $F_D = 2384$ часов;

$t_{\text{вт}}$ – время работы при создании прибора, $t_{\text{вт}} = 400$ часа;

Таким образом, затраты на амортизационные отчисления составили:

$$C_{\text{ам}} = \frac{0,4 \cdot 55000 \cdot 400}{2384} = 3691,28 \text{ руб.}$$

Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на разработку проекта, которые не учтены в предыдущих статьях.

Прочие расходы составляют 10% от единовременных затрат на выполнение технического продукта и проводятся по формуле:

$$C_{\text{ПРОЧ}} = (C_{\text{МАТ}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{СОЦ}} + C_{\text{ЭЛ.ОБ}} + C_{\text{АМ}}) \cdot 0,1 . \quad (8.11)$$

$$C_{\text{проч}} = (1573058 + 163133 + 48940 + 302,37 + 3691,28) \cdot 0,1 = 178912,465 \text{ р.}$$

Расчет общей себестоимости разработки

После проведения расчета затрат на разработку можно рассчитать себестоимость разработки подхода к идентификации.

Таблица 8.9 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
1 Материалы и покупные изделия	$C_{\text{МАТ}}$	1 573 058
2 Основная заработная плата	$C_{\text{ЗП}}$	163 133
3 Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{СОЦ}}$	48940
4 Расходы на электроэнергию	$C_{\text{ЭЛ.ОБ}}$	302,37
5 Амортизационные отчисления	$C_{\text{АМ}}$	3691,28
6 Прочие расходы	$C_{\text{ПРОЧ}}$	178 912,5
Итого:		1 968 037,15

Общие расходы на разработку составили $C = 1\,968\,037,15$ рублей.

Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации

(масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере 5 ÷ 20 % от полной себестоимости проекта. В данной работе она составляет 393607 руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(1\,968\,037,15 + 393\,607) * 0,18 = 425\,096$ руб.

Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 1\,968\,037,15 + 393\,607 + 425\,096 = 2\,786\,740,15 \text{ руб.}$$

Полная смета затрат на выполнение НИР

Таблица 8.10 отображает полную смету затрат, потраченную на разработку.

Таблица 8.10 – Полная смета затрат

Наименование статьи	Затраты, руб.
1 Материалы и покупные изделия	1573058
2 Основная заработная плата	163133
3 Отчисления в социальные фонды	48940
4 Расходы на электроэнергию	302,37
5 Амортизационные отчисления	3691,28
6 Прочие расходы	178912,5
7 Общая себестоимость проекта	2786740,15