

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический универси-  
тет»

**РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТА ТЕПЛОСЧЕТЧИКА С  
КОНТРОЛЕМ ДОСТОВЕРНОСТИ В ЧАСТИ ИЗМЕРЕНИЯ  
РАСХОДОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ**

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)

Идентификационный код ВКР: 160

Екатеринбург 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Российский государственный-профессионально-педагогический  
университет»

Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра электрооборудования и энергоснабжения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующая кафедрой ЭС

\_\_\_\_\_ А. О. Прокубовская

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016г.

**РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТА ТЕПЛОСЧЕТЧИКА С  
КОНТРОЛЕМ ДОСТОВЕРНОСТИ В ЧАСТИ ИЗМЕРЕНИЯ  
РАСХОДОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ**

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)  
профиля подготовки «Энергетика»  
специализации «Энергохозяйство предприятий, организаций, учреждений и  
энергосберегающие технологии»

Идентификационный номер ВКР: 160

Исполнитель:

студент группы ЭС-401 \_\_\_\_\_ Н. А. Сахаров

Руководитель:

ст. преподаватель кафедры ЭС \_\_\_\_\_ В. А. Семенов

Нормоконтролер:

ст. преподаватель кафедры ЭС \_\_\_\_\_ Т. В. Лискова

Екатеринбург 2016

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 65 страницах, содержит 22 рисунка, 4 таблицы, 21 источник литературы, а также 5 приложений на страницах

Ключевые слова: ТЕПЛОСЧЕТЧИК, РАСХОДОМЕР, НЕПРЕРЫВНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ, КОНТРОЛЬ ДОСТОВЕРНОСТИ, КРИТЕРИИ ДОСТОВЕРНОСТИ, АЛГОРИТМ.

Объектом исследования является теплосчётчик для закрытой системы теплоснабжения с предлагаемыми алгоритмами контроля достоверности и методами улучшения эксплуатационных характеристик.

Предметом исследования является разработка алгоритмов обработки и анализа информации, поступающих от измерительных преобразователей расхода комплекса приборов теплосчётчика.

Цель - разработать эскизного проекта узла коммерческого учёта теплотребления в части измерения и анализа расхода теплоносителя.

Сформулировано техническое задание на разработку теплосчётчика.

Выбраны приборы и оборудование.

Разработаны критерии достоверности измерений.

Разработан алгоритм обработки измерительных сигналов расхода.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	5
<b>1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ</b> .....	7
<b>1.1 Основные понятия</b> .....	7
<b>1.2 Теплосчетчик</b> .....	9
<b>1.3 Расходомеры</b> .....	13
<b>1.3.1 Расходомеры обтекания</b> .....	14
<b>1.3.2 Силовые расходомеры</b> .....	18
<b>1.3.3 Вихревые расходомеры</b> .....	21
<b>1.3.4 Ультразвуковые расходомеры</b> .....	24
<b>1.3.5 Электромагнитные расходомеры</b> .....	28
<b>1.3.6 Тахометрические расходомеры</b> .....	30
<b>1.3.7 Корреляционные расходомеры</b> .....	32
<b>1.4 Теплосчетчик с контролем достоверности</b> .....	34
<b>2. ПРОЕКТНОЕ ЗАДАНИЕ</b> .....	37
<b>2.1 Выбор приборов</b> .....	37
<b>2.1.1 Измерительный преобразователь «ТЭЖОН-19»</b> .....	37
<b>2.1.2 Преобразователь расхода вихреакустический «Метран-300ПР»</b> 41	
<b>2.1.3 Расходомер электромагнитный «Метран-370»</b> .....	44
<b>2.2 Программирование</b> .....	47
<b>2.2.1 Вводные данные</b> .....	50
<b>2.2.2 Критерий №1</b> .....	51
<b>2.2.3 Критерий №2</b> .....	52
<b>2.2.4 Критерий №3</b> .....	54
<b>2.3 Технические условия</b> .....	56
<b>3. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ</b> .....	58
<b>4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ</b> .....	59
<b>5. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ</b> .....	61
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	62

<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>63</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А.....</b>	<b>65</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....</b>	<b>66</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В.....</b>	<b>67</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....</b>	<b>68</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....</b>	<b>69</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Законодательство Российской Федерации (постановление Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2013г. N 1034 г. Москва «О коммерческом учете тепловой энергии, теплоносителя») предполагает обязательную установку приборов учёта параметров тепловой энергии.

В настоящей работе анализируются методы повышения достоверности и точности измерения приборов учёта тепловой энергии (теплосчётчиков).

Контроль и учёт потреблённой тепловой энергии является актуальным вопросом, как для потребителей тепла, так и для жилищно-коммунального хозяйства, поскольку от учёта зависит точность денежных расчётов за потреблённую энергию. Теплосчетчик с контролем достоверности позволяет проводить непрерывный и точный учет теплоносителя.

Теплосчетчик с контролем достоверности состоит из двух обычных тепловычислителей с подключенными к ним приборами измерения. Тепловычислители обмениваются результатами измерений и проверяют их. Результаты заносятся в архив. В случае недостоверности одного из компонентов теплосчетчика, он имеет возможность продолжить измерение, тем самым обеспечивая постоянный учет теплоносителя.

*Объектом исследования* является теплосчётчик для закрытой системы теплоснабжения с предлагаемыми алгоритмами контроля достоверности и методами улучшения эксплуатационных характеристик.

*Предметом исследования* является разработка алгоритмов обработки и анализа информации, поступающих от измерительных преобразователей расхода комплекса приборов теплосчётчика.

*Целью работы* является разработка эскизного проекта узла коммерческого учёта теплопотребления в части измерения и анализа расхода теплоносителя.

*Задачи:*

- выбрать приборы и оборудование;

- разработать алгоритм обработки измерительных сигналов расхода;
- рассчитать экономический эффект.

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

## 1.1 Основные понятия

Из «Правил коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя» от 18 ноября 2013 г:

- "ввод в эксплуатацию узла учета" - процедура проверки соответствия узла учета тепловой энергии требованиям нормативных правовых актов и проектной документации, включая составление акта ввода в эксплуатацию узла учета тепловой энергии;
- "время работы приборов учета" - интервал времени, в течение которого на основе показаний приборов учета ведется учет тепловой энергии, а также измерение и регистрация массы (объема) и температуры теплоносителя;
- "вычислитель" - составной элемент теплосчетчика, принимающий сигналы от датчиков и обеспечивающий расчет и накопление данных о количестве тепловой энергии и параметрах теплоносителя;
- "закрытая водяная система теплоснабжения" - комплекс технологически связанных между собой инженерных сооружений, предназначенных для теплоснабжения без отбора горячей воды (теплоносителя) из тепловой сети;
- "измерительная система учета" - многоканальное средство измерений, включающее каналы измерения тепловой энергии с измерительными компонентами - теплосчетчиками, а также дополнительные измерительные каналы массы (объема) теплоносителя и его параметров - температуры и давления;
- "индивидуальный тепловой пункт" - комплекс устройств для присоединения теплопотребляющей установки к тепловой сети, преобразования параметров теплоносителя и распределения его по видам тепловой нагрузки для одного здания, строения или сооружения;



- "качество тепловой энергии" - совокупность параметров (температур и давлений) теплоносителя, используемых в процессах производства, передачи и потребления тепловой энергии, обеспечивающих пригодность теплоносителя для работы теплопотребляющих установок в соответствии с их назначением;
- "неисправность средств измерений узла учета" - состояние средств измерений, при котором узел учета не соответствует требованиям нормативных правовых актов, нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации (в том числе в связи с истечением сроков поверки средств измерений, входящих в состав узла учета, нарушением установленных пломб, а также с работой в нештатных ситуациях);
- "прибор учета" - средство измерений, включающее технические устройства, которые выполняют функции измерения, накопления, хранения и отображения информации о количестве тепловой энергии, а также о массе (об объеме), температуре, давлении теплоносителя и времени работы приборов;
- "расходомер" - прибор, предназначенный для измерения расхода теплоносителя;
- "расход теплоносителя" - масса (объем) теплоносителя, прошедшего через поперечное сечение трубопровода за единицу времени;
- "расчетный метод" - совокупность организационных процедур и математических действий по определению количества тепловой энергии, теплоносителя при отсутствии приборов учета или их неработоспособности, применяемых в случаях, установленных настоящими Правилами;
- "теплосчетчик" - прибор, предназначенный для измерения отдаваемой теплоносителем или расходуемой вместе с ним тепловой энергии, представляющий собой единую конструкцию, либо состоящий из составных элементов - преобразователей расхода, расходомеров, водосчетчиков, датчиков температуры (давления) и вычислителя;

- "техническая эксплуатация узла учета" - совокупность операций по обслуживанию и ремонту элементов узла учета тепловой энергии, обеспечивающих достоверность результатов измерений;
- "функциональный отказ" - неисправность в системе узла учета или его элементов, при которой учет тепловой энергии, массы (объема) теплоносителя прекращается или становится недостоверным;
- "центральный тепловой пункт" - комплекс устройств для присоединения теплопотребляющих установок нескольких зданий, строений или сооружений к тепловой сети, а также для преобразования параметров теплоносителя и распределения его по видам тепловой нагрузки.

Также в данной работе встречаются следующие сокращения [9].

- АСКУЭ – Автоматическая система коммерческого учета энергопотребления;
- АСУТП – Автоматизированная система управления технологическими процессами.

## 1.2 Теплосчетчик

Теплосчетчик - прибор, предназначенный для измерения отдаваемой теплоносителем или расходуемой вместе с ним тепловой энергии, представляющий собой единую конструкцию, либо состоящий из составных элементов - преобразователей расхода, расходомеров, водосчетчиков, датчиков температуры (давления) и вычислителя.

Теплосчетчик состоит из датчиков расхода и температуры (давления), вычислителя или их комбинации.

Конструкция теплосчетчиков и приборов учета, входящих в состав теплосчетчиков, обеспечивает ограничение доступа к их частям в целях предотвращения несанкционированной настройки и вмешательства, которые могут привести к искажению результатов измерений.

Вычислитель теплосчетчика должен иметь нестираемый архив, в который заносятся основные технические характеристики и настроечные коэффициенты прибора. Данные архива выводятся на дисплей прибора и (или) компьютер. Настроечные коэффициенты заносятся в паспорт прибора. Любые изменения должны фиксироваться в архиве.

**Принцип работы теплосчётчика** основан на вычислении количества тепла с использованием данных полученных от датчика расхода и двух датчиков температуры. Счётчик замеряет количество воды, поступившее в систему отопления, температуру воды на входе и выходе из системы отопления.

Количество тепла определяется как произведение расхода теплоносителя прошедшего через систему отопления и разницы температур на входе и выходе из неё.

$$Q = G \cdot (t_1 - t_2), \text{ Гкал/ч,}$$

где  $G$  - массовый расход теплоносителя, т/ч;

$t_1$  и  $t_2$  - температуры теплоносителя на входе в систему и на выходе из неё соответственно, °С.

Данные о расходе передаются на вычислитель от датчика расхода, данные о температуре передаются от двух датчиков температуры, один из которых, устанавливается в подающий трубопровод системы отопления, а второй в обратный.

Вычислитель теплосчётчика на основе полученных данных определяет потреблённое количество тепла и заносит эти данные в архив. Данные о потреблённой тепловой энергии отображаются на жидкокристаллическом экране, либо могут быть сняты при помощи стандартного оптического интерфейса.

#### *Факторы, влияющие на точность теплосчётчика*

Погрешность счётчика при вычислении потреблённого тепла зависит от погрешностей расходомера, датчиков температуры и вычислителя, обрабатывающего собранные величины.

Для квартирного учёта применяются счётчики с допустимой погрешностью при вычислении количества тепла в диапазоне от +/-6 до +/-10%.

Реальная погрешность может быть больше базовой обусловленной техническими характеристиками комплектующих элементов. Погрешность прибора увеличивается если:

- разница температур между входом и выходом из системы составляет меньше 3°C;
- расход теплоносителя ниже минимального расхода, указанного в технических характеристиках прибора;
- монтаж выполнен с нарушениями требований изготовителя (большинство производителей снимают с себя гарантийные обязательства, если счётчик был установлен нелицензированной организацией).

#### *Измерение потребляемого тепла*

При расчёте тарифа, в качестве единицы тепловой энергии принята гигакалория (Гкал). Однако Гкал является внесистемной единицей измерения, которая широко использовалась ещё со времён СССР и осталась в наследие постсоветским странам.

#### *Съём данных с теплосчётчика*

**LCD дисплей** все теплосчётчики оборудованы экраном для визуального съёма показаний простым переключением одной кнопкой между разделами меню.

**ОРТО** передатчик включён в базовую комплектацию большинства приборов европейского производства и предназначен для съёма показаний с помощью ОРТО головки и вывода их на ПК. Как правило ОРТО датчик используется для получения и распечатки расширенных данных о работе теплосчётчика.

**M-Bus** модуль может входить в поставку счётчика и предназначен для подключения прибора в проводную сеть централизованного сбора показаний теплоснабжающей организацией. Несколько приборов объединяются в слаботочную (39V) сеть с помощью витой пары и подключаются к концентратору.

ру, который опрашивает их с определённой периодичностью, формирует отчёт и выводит его на ПК, либо пересылает в теплоснабжающую организацию.

**Radio** модуль, также может входить в поставку теплосчётчика и предназначен для беспроводной передачи данных по радио частоте на расстояние до нескольких сотен метров. Инспектор с приёмником, настроенным на заданную частоту, попадая в радиус действия прибора фиксирует полученные показания и передаёт их в теплоснабжающую организацию.

В некоторых европейских странах сбор показаний с приборов учёта возложен на службу сбора бытовых отходов, приёмник закрепляют на мусоровоз движущийся по фиксированному маршруту и опрашивающий приборы установленные в этом районе.

#### *Регистрация ошибок*

Все счётчики тепла оборудованы системой самотестирования на наличие ошибок. Вычислитель с заданной периодичностью опрашивает присоединённые датчики и в случае их повреждения регистрирует ошибку, код ошибки выводит на дисплей и заносит данные о её появлении в архив.

Ниже приведены некоторые из возможных ошибок, регистрируемых теплосчётчиком:

- повреждение датчика температуры;
- повреждение датчика расхода;
- неправильный монтаж датчиков температуры;
- неправильный монтаж датчика расхода;
- наличие воздуха в проточной части;
- слабый заряд элемента питания;
- положительная разница температур при отсутствии расхода на протяжении более 1 часа[6].

Принципиальная схема подключения элементов теплосчетчика «Эксперт-МТ» показана на рисунке 1.

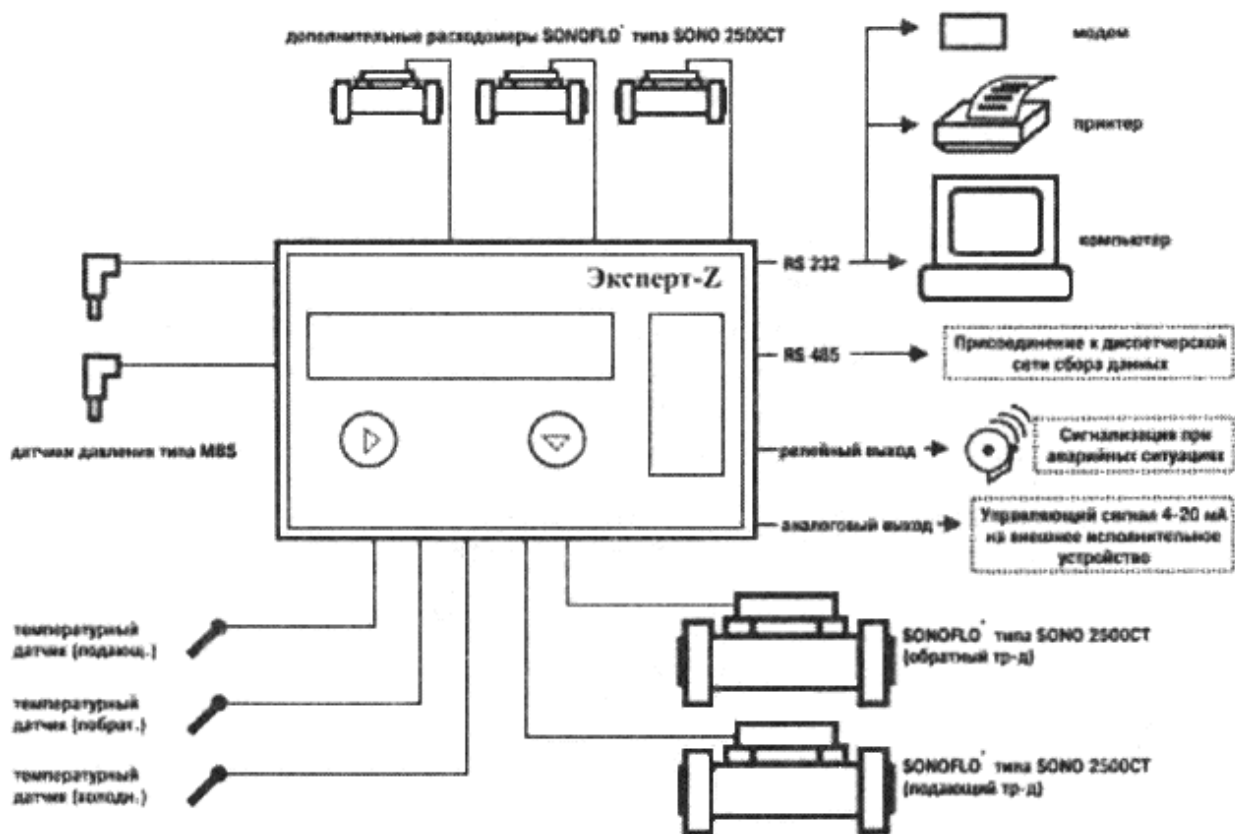


Рисунок 1 – Принципиальная схема подключения элементов тепло-счетчика «Эксперт-МТ»

### 1.3 Расходомеры

Согласно «Правилам...», расходомер - прибор, предназначенный для измерения расхода теплоносителя (Из правил).

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

Требования к расходомерам:

По принципу действия расходомеры подразделяются на следующие виды (указать принцип действия, достоинства и недостатки):

- расходомеры обтекания;
- силовые расходомеры;
- вихревые расходомеры;
- ультразвуковые расходомеры;
- электромагнитные расходомеры;

- турбинные расходомеры;
- корреляционные расходомеры.

### **1.3.1 Расходомеры обтекания**

Это приборы, у которых под воздействием динамического давления потока перемещается обтекаемое тело (диск, поплавков, поршень). Величина перемещения напрямую связана с расходом вещества. Большинство расходомеров сконструированы таким образом, что обтекаемое тело перемещается вдоль вертикальной оси. Но в ряде приборов обтекаемое тело в виде лопасти или диска поворачивается вокруг оси подвеса.

Расходомеры обтекания подразделяют на группы:

- расходомеры постоянного перепада давления - поплавков в расходомере перемещается вертикально, а сила сопротивления потоку создается за счет веса поплавка;
- расходомеры с изменяющимся перепадом давления - имеют еще и пружину, которая противодействует потоку и обтекаемое тело может перемещаться в различных плоскостях;
- расходомеры с поворотной лопастью – сопротивление потоку создается не только весом подвижной части, но еще и пружиной. В эту группу входят и расходомеры компенсационные, которые имеют поворотную лопасть, а сила сопротивления потоку образуется за счет постороннего источника энергии.

Во всех расходомерах обтекания между подвижным телом и стенками прибора остается проходное сечение.

Преимущества расходомеров обтекания:

- простота конструкции;
- безотказность в процессе эксплуатации;
- большой диапазон измерения;

- относительно небольшая погрешность измерения расхода  $\pm (1,5-2,5) \%$ .

Расходомеры постоянного перепада давления подразделяются на:

- ротаметры;
- поплавковые расходомеры;
- поршневые расходомеры (золотниковые).

Наибольшее применение в производственных процессах получили ротаметры. Внешний вид прибора «Ротаметр BGF» показан на рисунке 2.

Ротаметр имеет коническую трубку, в которой находится поплавок. На трубку наносится шкала. Шкала трубки ротаметра градуируется в соответствии с измеряемой средой.



Рисунок 2– Внешний вид прибора «Ротаметр BGF»



Ротаметры надежны в работе, простоты в эксплуатации и в устройстве, с них легко снимать величину расхода (потока), их хорошо использовать при измерении небольших расходов жидкостей и газов, они имеют большой диапазон измерения.

Поршневые (золотниковые) расходомеры— третья группа расходомеров постоянного перепада давления, в которых роль поплавка выполняет перемещающийся во втулке поршень. Измеряемое вещество поступает в расходомер, приподнимает поршень и выходит через прорезь или окно во втулке. Поршень поднимается в зависимости от величины расхода вещества, открывая во втулке все большую часть окна. При этом перепад давления на поршне сохраняется постоянным. Можно выбрать форму прорези таким образом, чтобы получить необходимую зависимость между перемещением поршня и расходом измеряемой среды (например, линейную).

Достоинства поршневых расходомеров:

- возможность изменения предела измерения через изменение действующей на поршень массы груза;
- способность измерения среды, имеющей механические примеси

*Расходомеры обтекания с изменяющимся перепадом давления*

В расходомерах обтекания с изменяющимся перепадом давления имеются поплавки, который находится под воздействием потока измеряемого вещества, перемещение поплавка является величиной расхода. Такие расходомеры подразделяются на:

- поплавково-архимедовые;
- поплавково-пружинные;
- расходомеры с электромагнитным уравниванием;
- шариковые, в которых вещество движется по криволинейной трубке.

Наиболее распространенные — расходомеры поплавково-пружинные.

Поплавково-пружинные расходомеры — это расходомеры, в которых поплавок (поршень) соединен с пружиной. В таких расходомерах давление

потока среды преодолевает наряду с весом поршня (поплавка) еще и упругость пружины.

Поплавково-пружинные расходомеры имеют ряд достоинств:

- значительно повышается предел измерения;
- возможность выбора другого предела (диапазона) измерения (если заменить пружину).

Расходомер переменного перепада давления— это расходомер, в котором достигнута пропорциональность между расходом вещества и перепадом давления с двух сторон поплавка за счет профилирования поплавка. В таком приборе измеряется не расход в зависимости от перемещения поплавка, а перепад давления.

Расходомеры обтекания с электромагнитным уравниванием, в них электромагнитным способом происходит уравнивание силы динамического давления на поплавок. В поле наружного соленоида находится железный сердечник, который связан с поплавком. На перемещение поплавка реагирует устройство (фотосопротивление, осветитель и т.д.), изменяющее силу тока в соленоиде и обеспечивающее возвращение поплавка к изначальное положение. Расходомеры с электромагнитным уравниванием (расходомеры с магнитной подвеской) используются при измерении небольших расходов. Моделей подобных расходомеров разработано достаточно много, в некоторых положение поплавка фиксируется электромагнитным способом.

Шариковые расходомеры обтекания, в них шарик перемещается по дуге окружности. В этом главное отличие от расходомеров, в которых шарик движется вертикально в цилиндрической трубке и при перемещении вверх открывает отверстие для прохода измеряемого вещества.

В нерабочем состоянии шарик находится в нижнем положении. С увеличением расхода шарик поднимается по имеющей форму неполного кольца стеклянной трубке. Между шариком и трубкой имеется проток для прохода жидкости.

*Расходомеры с поворотной лопастью*

В трубопроводе устанавливается лопасть, в процессе протекания вещества по трубопроводу гидродинамическое давление потока воздействует на лопасть. По величине противодействующей силы (углу поворота лопасти) определяется расход.

Расходомеры с поворотной лопастью делятся на:

- расходомеры с пружинным и с грузовым уравниванием
- расходомеры компенсационные с электрическим или пневматическим уравниванием

Преимущества:

- большой диапазон измерения, достигающий до 15-20, и
- возможность 2-х стороннего действия
- простота измерения больших расходов жидкости и газов
- возможность измерения расходов агрессивных жидкостей и газов, имеющих высокую температуру
- хорошие динамические характеристики (1,5-2 с затухание колебательного процесса)

Поворотная лопасть (основная часть расходомера) постоянно вибрирует даже при равномерном расходе из-за срыва вихрей с тыльной стороны лопасти. Легкая вибрация не сказывается на работе расходомера при небольших углах поворота лопасти, но при повороте лопасти до угла 60-65° и больше при измерении расхода газа вибрация часто резко растет. При измерении расхода жидкостей вибрация не наблюдается (вследствие большей вязкости). Таким образом, угол поворота будет оптимален:

- для газов - 60°С;
- жидкостей - 80°С [7].

### **1.3.2 Силовые расходомеры**

Это приборы, в которых вследствие изменяющегося массового расхода происходит силовое воздействие, потоку проходящего вещества придается

ускорение различного вида, при этом снимаются параметры, определяющие степень воздействия или эффекта воздействия.

Вследствие изменения первоначального прохождения через трубопровод вещества возникает ускорение потока и в зависимости от способов этих изменений расходомеры подразделяются на группы:

- кориолисовые расходомеры;
- гироскопические расходомеры;
- турбосиловые расходомеры.

Силовое воздействие в зависимости от конструкции расходомера бывает внутренним и внешним:

- внутреннее воздействие происходит вследствие уменьшения потенциальной энергии потока вещества (одним из способов уменьшения потенциальной энергии потока происходит вследствие его закручивания неподвижными винтовыми лопатками)
- внешнее воздействие, как правило, передается от электродвигателя, который колеблет (вращает) прямолопастную крыльчатку преобразователя расхода, закручивающую проходящий поток измеряемого вещества.

Величины массового расхода и дополнительное ускорение потока в силовых расходомерах пропорциональны относительно друг друга. Вследствие этого массовый расход и измеряемый параметр пропорционален. Поэтому силовые расходомеры называют массовыми расходомерами. Массовые расходомеры также используют для измерения среднего значения пульсирующих расходов.

Одним из преимуществ является то, что при установке массовых расходомеров нет необходимости в больших прямых участках до и после расходомера. Исключение составляет двойное колено, придающее винтовое движение потоку. Большое количество вращающихся частей внутри трубопровода и сложность конструкции их преобразователей расхода силовых расходомеров является их относительным недостатком.

У турбосиловых расходомеров ротор или крыльчатка постоянно вращаются. У гироскопических расходомеров и кориолисовых расходомеров подвижный элемент колеблется вокруг оси. Такие расходомеры называются вибрационными расходомерами.

Погрешность измерения массового расхода в силовых расходомерах составляет  $\pm 0,5-3,0\%$ , они иногда используются при измерении расхода топлива или расхода газа. В отдельную группу силовых расходомеров входят перепадно-силовые расходомеры, принцип работы которых заключается в преобразовании внешнего силового воздействия в разность давлений определенных мест потока, пропорциональных массовому расходу.

Турбосиловые расходомеры — это разновидность силовых расходомеров, в преобразователе которых поток закручивается, пропорционально массовому расходу вследствие силового воздействия.

Кориолисовые расходомеры — это расходомеры, в которых вследствие силового воздействия от меняющегося расхода возникает кориолисово ускорение. Для создания ускорения постоянно вращающийся преобразователь расхода имеет конфигурацию, передвигающий поток в радиальном направлении относительно оси вращения.

Внешний вид кориолисового расходомера «VERSAFLOWCORIOLIS 200» показан на рисунке 3.



Рисунок 3—Внешний вид кориолисового расходомера «VERSAFLOWCORIOLIS 200»

Конструктивной особенностью некоторых кориолисовых расходомеров является независимость расходуемой электродвигателем мощности от массового расхода измеряемого вещества. Мощность электродвигателя затрачивается на преодоление трения в уплотнениях, гибких соединениях преобразователя с трубопроводом и опорах. В других конструкциях однороторных кориолисовых расходомеров момент, закручивающий роторную крыльчатку, измеряется связанным с крыльчаткой электропреобразователем или пневмосиловым преобразователем.

Гироскопические расходомеры — это силовые расходомеры, в которых образуется и считывается гироскопический момент. В гироскопическом расходомере преобразователь выполняется из участка трубы петлевидной или кольцевой формы, вращающейся вокруг своей оси с постоянной угловой скоростью.

Вибрационными называются кориолисовы или гироскопические расходомеры, в которых подвижной элемент преобразователя расхода не вращается, а лишь совершает непрерывные колебания с постоянной или периодически затухающей амплитудой под влиянием внешнего силового воздействия.

Перепадно-силовые расходомеры существенно отличаются от силовых расходомеров, создающих в преобразователе расхода ускорение, пропорциональное массовому расходу. В перепадно-силовых расходомерах под действием особых насосов или вращения подвижного элемента преобразователя абсолютная или относительная (по отношению к подвижному элементу) скорость в одном месте потока увеличивается, а в другом — уменьшается измеряется возникающая при этом разность давлений (полных или статических) [7].

### **1.3.3 Вихревые расходомеры**

Принцип действия вихревых расходомеров основан на образовании вихревых дорожек, срывающихся с противоположных сторон тела поочеред-

но, при обтекании твердого тела потоком жидкости. Частота образования вихрей за телом пропорциональна скорости потока. Регистрация вихревых потоков и определение частоты (частотный метод) их образования позволяет определить объемный расход среды. Регистрация вихревых потоков происходит детекторами.

Внешний вид вихревого расходомера «EMERSON» показан на рисунке 4.



Рисунок 4—Внешний вид вихревого расходомера «EMERSON»

В зависимости типа детектора расходомеры подразделяют на:

- вихревые;
- вихреакустические.

В расходомерах с вихревыми детекторами определение частоты вихреобразования происходит при помощи двух пьезодатчиков, представляющих собой блок, состоящий из корпуса проточной части и блока электроники.

В корпусе проточной части располагаются первичные преобразователи расхода, давления и температуры.

Под блоком электроники подразумевается плата для цифровой обработки сигналов, полученных с первичных преобразователей. На входе проточной части устанавливается тело обтекания, создающее вихревые дорожки. При протекании потока газа (пара) через проточную часть образуются вихри, приводящие к появлению пульсаций давления среды, фиксируемые пьезодатчиками, с которых сигналы в форме электрических колебаний поступают на плату цифровой обработки, где происходит вычисление объемного расхода и формируется управляющий выходной сигнал.

В расходомерах с вихреакустическими детекторами за тело обтекания берут призму трапецеидального сечения, а регистрация вихревых дорожек происходит с помощью ультразвуковых преобразователей. Состав расходомера аналогичен расходомеру с вихревыми детекторами и представляет собой проточную часть и блок электроники. Принцип действия вихреакустических расходомеров аналогичен. В корпусе проточной части расположено тело обтекания (призма, проходя через которое поток образует вихревые дорожки). Для регистрации вихрей применяется пьезоизлучатель и пьезоприемник. С помощью опорного генератора пьезоизлучатель задает ультразвуковые колебания, которые, проходя через поток и взаимодействуя с вихрями, преобразуются в колебания, модулированные по фазе. Пьезоприемник фиксирует полученные колебания и определяет разность фаз между полученными сигналами и сигналами опорного генератора, и выдает напряжение пропорциональное скорости потока и, соответственно, расходу.

Внешний вид вихреакустического расходомера Метран-300ПР показан на рисунке 5.





Рисунок 5–Внешний вид вихреакустического расходомера Метран-300ПР

Основное применение вихреакустические расходомеры получили при измерениях расхода жидкостей (газов) с низкой вязкостью без завихрений (чистые жидкости)[21].

#### **1.3.4 Ультразвуковые расходомеры**

Ультразвуковыми расходомерами называют расходомеры, принцип действия которых заключается в измерении какого-либо эффекта (в зависимости от расхода), создающего при прохождении акустических колебаний сквозь поток жидкости или газа. Большинство акустических расходомеров работают в ультразвуковом диапазоне.

Внешний вид ультразвукового расходомера-счетчика жидкости «УВР-011Ф1-Г» показан на рисунке 6.



Рисунок 6 – Внешний вид ультразвукового расходомера-счетчика жидкости «УВР-011Ф1-Г»

Ультразвуковые расходомеры подразделяются на:

- расходомеры, работающие по принципу перемещения акустических колебаний движущейся средой;
- расходомеры, работающие на принципе эффекта Доплера.

Наибольшее применение получили расходомеры, сконструированные на принципе измерения разности времени прохождения акустических колебаний по направлению потока и против потока измеряемого вещества. Приборы, в которых акустические колебания проходят перпендикулярно к потоку и измеряется величина отклонения этих колебаний от первоначального направления встречаются редко. Приборы, работающие на явлении Доплера, используются для измерения местной скорости потока, реже для измерения расхода вещества и имеют более простые измерительные схемы.

Кроме вышеуказанных разновидностей расходомеров, разработаны длинноволновые акустические расходомеры, работающие в звуковом диапазоне частот акустических колебаний.

Ультразвуковые расходомеры, как правило, используют для измерения объемного расхода вещества, но при добавлении в конструкцию расходомера, реагирующего на плотность измеряемого вещества акустического преобразователя, возможно измерение массового расхода. Погрешность измерения ультразвуковых расходомеров находится пределах от 0,1 до 2,5 %. Чаще всего такие расходомеры используют при измерении расхода жидкости, так как

газы имеют низкое акустическое сопротивление и сложность получения интенсивных звуковых колебаний. Ультразвуковые расходомеры применяют для измерения расхода в трубах диаметром 10 мм и больше.

#### *Фазовые ультразвуковые расходомеры*

Это ультразвуковые расходомеры, работающие по принципу зависимости фазовых сдвигов ультразвуковых колебаний, образующихся на приемных пьезоэлементах, от разности временного прохождения колебаниями одинакового расстояния по потоку движущейся жидкости или газа и против потока.

#### *Частотные ультразвуковые расходомеры*

Это ультразвуковые расходомеры, работающие на принципе зависимости разности частот повторяющихся коротких импульсов ультразвуковых колебаний от разности времен прохождения ультразвуковыми колебаниями одинакового пути по потоку жидкости (газа) и против потока.

Частотные ультразвуковые расходомеры бывают частотно-пакетными (при измерении разности частот пакетов ультразвуковых колебаний, проходящих через газ или жидкость) и частотно-импульсными (при измерении разности проходящих через среду коротких импульсов).

#### *Времяимпульсные ультразвуковые расходомеры.*

Это ультразвуковые расходомеры, измеряющие разность времен прохождения коротких импульсов направлении потока жидкости или газа и против потока на расстоянии  $L$ .

Внешний вид времяимпульсного ультразвукового расходомера «Эталон-РМ» показан на рисунке 7.



Рисунок 7–Внешний вид времяимпульсного ультразвукового расходомера «Эталон-PM»

Времяимпульсные ультразвуковые расходомеры в основном одноканальные и работают на импульсах  $0,1-0,2$  мкс, посылаемых поочередно или одновременно навстречу друг другу с частотой примерно  $0,5$  кГц.

Ультразвуковые расходомеры с колебаниями, перпендикулярными к потоку.

Это ультразвуковые расходомеры, в которых акустические колебания по направлению потока и против потока измеряемого вещества отсутствуют и ультразвуковой луч вместо этого посылается перпендикулярно движению потока жидкости или газа и вычисляется величина отклонения луча от перпендикулярного направления, зависящая от скорости и измеряемого вещества. Акустические колебания излучает один пьезоэлемент, а воспринимаются одним или двумя пьезоэлементами.

Допплеровские ультразвуковые расходомеры работают по принципу измерения, зависящего от расхода доплеровской разности частот, возникающих вследствие отражения акустических колебаний неоднородностями по-

тока. Разность зависит от скорости частицы, отражающей акустические колебания и скорости с распространения этих колебаний. Вычисляемая разность частот служит для измерения скорости частицы отражателя, что равнозначно вычислению местной скорости потока.

Допплеровские ультразвуковые расходомеры обладают низкой точностью (2-3%) вследствие того, что выходной сигнал состоит из спектра разных частот, образующихся в результате сдвига исходной частоты большим количеством частиц, имеющих отличные скорости [7].

Внешний вид ультразвукового доплеровского расходомера «DFM 5.1» показан на рисунке 8.



Рисунок 8–Внешний вид ультразвукового доплеровского расходомера «DFM 5.1»

### 1.3.5 Электромагнитные расходомеры

Электромагнитные расходомеры — это расходомеры, работающие по принципу взаимодействия протекающей через расходомер жидкости с магнитным полем. В основе процесса лежит закон электромагнитной индукции. Соответственно, измеряемая жидкость должна быть электропроводящей.

В промышленности используются электромагнитные расходомеры с измеряемой ЭДС, индуцируемой в жидкости в процессе пересечения жидко-

стью магнитного поля. В участок трубы из немагнитного материала, изнутри покрытого неэлектропроводной изоляцией и расположенного между полюсами магнита, устанавливаются два электрода перпендикулярно потоку жидкости направлению расположения силовых линий магнитного поля. При этом вычисляется разность потенциалов на электродах, которая прямо пропорциональна объемному расходу.



Рисунок 9 – Электромагнитный расходомер «Метран-370»

Преимущества электромагнитных расходомеров:

- точность показаний расхода измеряемого вещества не связана с изменением его вязкости и плотности;
- применимость для труб различного диаметра;
- при установке и эксплуатации не происходит потери давления и требуются меньшие участки прямых труб;
- линейность шкалы;
- быстроедействие;
- применимость для вычисления расхода абразивных, агрессивных и вязких жидкостей.

Недостатком электромагнитных расходомеров является их неприменимость для измерения расхода жидкостей-диэлектриков, газа и пара. Приме-

нение электромагнитных расходомеров возможно, если удельная электрическая проводимость жидкости больше  $10^{-3}$  См/м (водопроводная вода, щелочи, кислоты, соки, сиропы, водные растворы, сточные жидкости и т. д) [7].

### 1.3.6 Тахометрические расходомеры

Тахометрические расходомеры и счетчики — это измерительные приборы с вращающейся крыльчаткой (турбинкой), скорость вращения которой пропорциональна объемному расходу.

Тахометрические расходомеры можно разделить на:

- турбинные расходомеры;
- шариковые расходомеры;
- камерные расходомеры.

Турбинные тахометрические расходомеры и счетчики используются в трубопроводах диаметром 4-750мм, с давлением до 250МПа, температурой -240-+700°С. Турбинные расходомеры используют в основном при измерении расхода и количества воды, нефтепродуктов, других жидкостей, а также для измерения расхода газа. Недостатком турбинных расходомеров является изнашивание опор вращения турбин и, следовательно, турбинные расходомеры и счетчики не используются для учета веществ с механическими примесями. Также турбинные расходомеры не применяются для измерения потока и расхода очень вязких веществ.

Внешний вид турбинного расходомера жидкостей серии WL показан на рисунке 10



Рисунок 10 – Внешний вид турбинного расходомера жидкостей серии  
WL

Шариковые расходомеры применяют для измерения расхода жидкостей в трубопроводах диаметром до 150-200мм. Преимущество шариковых расходомеров заключается в возможности их использования в условиях загрязненной среды.

Камерные счетчики жидкостии газа бывают с овальными шестернями, роторными, поршневыми, дисковыми, винтовыми, лопастными и т. д. Их точность измерения больше, и они имеют более широкий диапазон измерения. Камерные счетчики используются при измерении вязкой жидкости, даже очень большой, но они чувствительны к механическим примесям [7].

Внешний вид камерного счетчика-расходомера«ULTRA UFII» показан на рисунке 11.



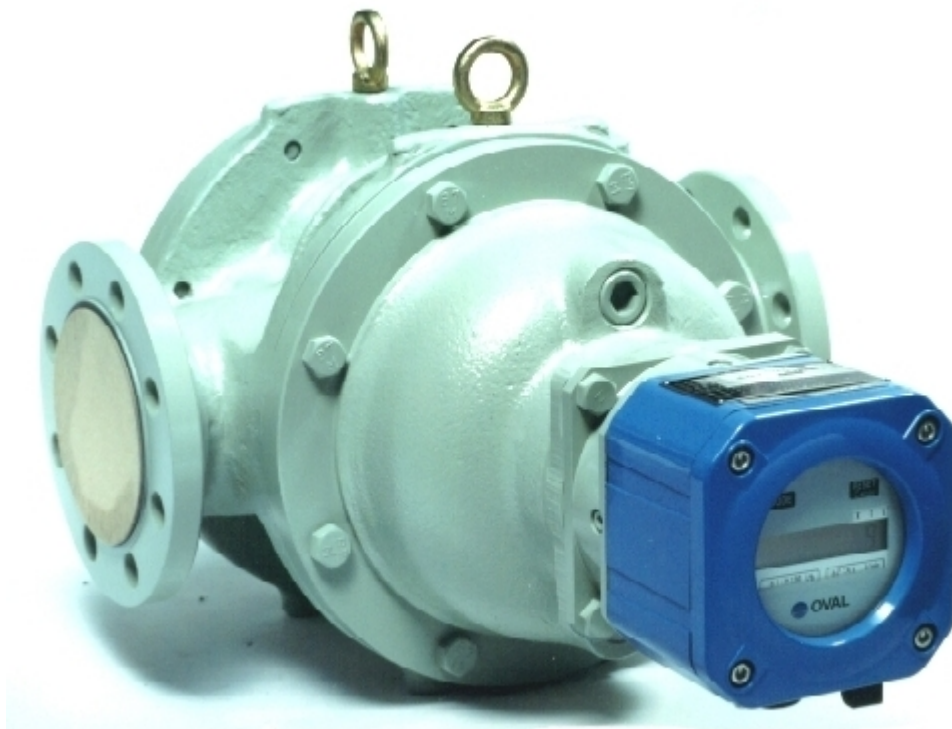


Рисунок 11 – Внешний вид камерного счетчика-расходомера«ULTRA UFII»

### **1.3.7 Корреляционные расходомеры**

Корреляционные расходомеры – это расходомеры, которые запоминают в заданном сечении трубопровода образ потока контролируемой среды и его последующее распознавание в другом сечении трубы расположенного на некотором расстоянии от первого. Схема корреляционного расходомера показана на рисунке 12.

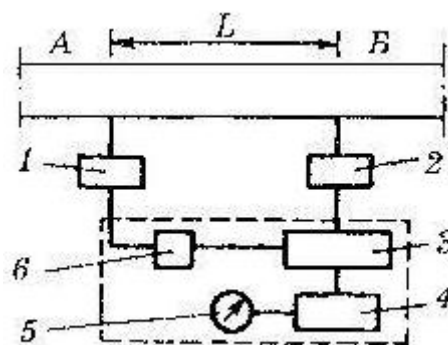


Рисунок 12 – Схема корреляционного расходомера:  
 1, 2 – преобразователи, 3 – блок умножения сигнала, 4 – блок средней величины сигнала, 5 – вычислительное устройство, 6 - преобразователь сигнала

Достоинства корреляционных расходомеров:

- возможность вычисления величины расхода многофазных потоков, загрязненных сред и расплавленных металлов;
- нет потери давления;
- нет соприкосновения с измеряемым веществом.

Недостатки корреляционных расходомеров:

- относительная длительность времени измерения потока;
- относительно небольшая точность измерения потока вещества (погрешность измерения расхода не менее 1,5-2%).

Виды корреляционных расходомеров.

В зависимости от вида и способа измерения параметров, случайные колебания которых контролируются в корреляционных расходомерах, существует много их различных вариантов.

Корреляционный ультразвуковой расходомер. В обоих контрольных сечениях снаружи или внутри трубы устанавливается излучатель акустических колебаний частотой 0,3-1МГц. Эти колебания направлены перпендикулярно к оси трубы и воспринимаются пьезопреобразователем, находящимся на противоположной стороне трубы. Присутствие в жидкости различных неоднородностей в виде твердых частиц или газовых пузырей вызывает в результате поглощения и рассеяния ослабление акустических колебаний, поступающих на приемные преобразователи, соединенные через усилители,

демодуляторы и фильтры с коррелометром. Турбулентность смещает луч, это модулирует по фазе сигнал приемника.

Разработан вариант корреляционного ультразвукового расходомера, в контрольных сечениях которого установлены лишь по одному пьезоэлементу, излучающему акустическую волну перпендикулярно к оси трубы и принимающему волну, отраженную от рефлектора, помещенного на противоположной стенке трубы. Неоднородности потока жидкости или газа влияют на образовавшуюся стоячую волну и изменяют акустическую нагрузку на пьезоэлемент, а, следовательно, и его электрический импульс. Расходомер измерял расход воды при скоростях выше 0,4м/с в трубе диаметром 34мм и расход воздуха при скоростях до 20м/с в трубе диаметром 100мм. Его устройство проще, но погрешность измерения до  $\pm 4\%$  [7].

#### **1.4 Теплосчетчик с контролем достоверности**

Практика эксплуатации узлов коммерческого учета тепловой энергии показывает наличие большого количества проблем, связанных как с надежностью приборов, входящих в состав теплосчетчика, достоверностью расчетных и измеренных величин, так и с некоторой неопределенностью трактовки законодательных документов, определяющих отношения между поставщиками и потребителями тепловой энергии. И поскольку коммерческий учет тепловой энергии является основой дальнейших денежных расчетов за поставленную (потребленную) тепловую энергию, то любое нарушение в работе теплосчетчика (явное или мнимое) приводит к финансовым потерям той или другой стороны.

Существенные издержки потребителей в процессе эксплуатации узла учета возникают в периоды периодических поверок приборов и выхода из строя по причинам, установленным в п.9.10 «Правил учета тепловой энергии и теплоносителя». Причем основную часть этих издержек составляют финансовые потери от разницы между расчетным (договорным) и реальным коли-

чеством потребленной тепловой энергии. Так потребитель с тепловой мощностью систем теплопотребления 1Гкал/ч при указанной разнице всего в 10%, может понести потери в сумме, соизмеримой с затратами на установку узла учета.

Нужно понимать, что неисправность в работе теплосчетчика происходит не по окончании межповерочного срока какого-либо прибора, а в процессе эксплуатации, оперативно выявить которую часто бывает очень сложно. Пункт 9.7 правил устанавливает, что потребитель обязан в течение суток с момента выхода из строя узла учета сообщить об этом теплоснабжающей организации, а в случае несвоевременного сообщения потребителем о нарушении режима и условий работы узла учета, и о выходе его из строя, узел учета считается вышедшим из строя с момента его последней проверки энерго-снабжающей организацией согласно п.9.9. При этом потребители пытаются трактовать момент выхода из строя теплосчетчика как момент обнаружения факта неисправности, а поставщики – как момент возникновения, который отражают архивные данные тепловычислителя. Чаще всего в таких случаях суды встают на сторону поставщиков, при этом потребители несут огромные финансовые потери, исчисляющиеся сотнями тысяч рублей.

Вступивший в действие в 2011г. закон №190-ФЗ «О теплоснабжении» в части 4 статьи 9 устанавливает, что региональные органы регулирования цен и тарифов могут вводить повышающие коэффициенты к тарифам на тепловую энергию при отсутствии надлежащего учета у потребителя и нарушении режимов теплопотребления. Недавно было объявлено, что в 2013 году в качестве эксперимента в 16 регионах России в соответствии с законом такие коэффициенты будут установлены. Это еще больше обострит указанную проблему.

Все это могло бы остаться чистой теорией, изложенной на бумаге, но благодаря широким возможностям теплоэнергоконтроллеров серии ТЭЖОН-20, выпускаемых ЗАО «Инженерно-внедренческое предприятие КРЕЙТ» г. Екатеринбург, оказалась возможной быстрая реализация проекта в виде ко-

нечного продукта. Приборы серии ТЭКОН-20, выпускаемые уже более 10 лет и зарекомендовавшие себя в практике учета с лучшей стороны, обладают особенностью, которая выгодно отличает их от аналогичных приборов других производителей. Эта особенность заключается в том, что программный аппарат этих приборов разделен на две части – одна составляет так называемые «жесткие» задачи или программы, которые неизменны и выполняются при любой конфигурации прибора, а вторая состоит из «гибких» модулей, необходимость и последовательность выполнения которых определяет пользователь самостоятельно. Большая номенклатура «гибких» модулей, предоставляемая пользователю в виде библиотеки алгоритмов, включает как сложные задачи, такие как: «вычисление тепловой энергии в открытой ВСТС», «расчет расхода с помощью датчика определенного типа», «архивирование параметра» и т.д., так и множество простых алгебраических, тригонометрических, статистических и логических функций. Каждая «гибкая» задача, реализующая определенный алгоритм, имеет ряд входных и выходных параметров, связывая которые между собой можно построить, как из кирпичиков, любой сложный пользовательский алгоритм. Более того, эти «гибкие» программы сертифицированы и метрологически аттестованы в процессе утверждения типа средства измерения.

На текущий момент можно сказать, что теплосчетчик непрерывного функционирования с контролем достоверности реализован «в железе» и готов к внедрению, как у потребителей, так и поставщиков тепловой энергии для проведения испытаний [19].

## **2. ПРОЕКТНОЕ ЗАДАНИЕ**

### **2.1 Выбор приборов**

В связи с тем, что данный проект не связан с определенным зданием, выбор приборов обосновывается предпочтениями разработчика. Для данного проекта выбраны следующие приборы:

- расчётно-измерительный преобразователь «ТЭКОН-19»;
- преобразователь расхода вихреакустический «Метран-300ПР»;
- расходомер электромагнитный «Метран-370».

Схему установки расходомеров на трубопровод можно увидеть в приложении А.

Принципиальную электрическую схему подключения расходомеров к вычислителю можно увидеть в приложении Б.

#### **2.1.1 Измерительный преобразователь «ТЭКОН-19»**

Серия расчётно-измерительных преобразователей «ТЭКОН-19» предназначена для:

- организации коммерческого и технологического учета энергоносителей с помощью любых типов датчиков расхода, перепада давления, абсолютного и избыточного давления, температуры;
- архивирования (хранения в памяти) учетных параметров;
- работы в составе АСКУЭ под управлением Диспетчерского программного комплекса "Искра" с возможностью использования различных каналов связи;
- работы в составе АСУТП совместно с устройствами регулирования и управления, получающими информацию от преобразователей по скоростной;
- шине Can bus.

«ТЭКОН-19» представляет собой интеллектуальный "инструмент" для реализации различных задач измерения и учёта.

Программное обеспечение «ТЭКОН-19» состоит из базового набора алгоритмов (жесткий набор задач) и набора загружаемых алгоритмов (очередь задач пользователя).

Базовый набор алгоритмов выполняет следующие функции:

- измерение аналоговых сигналов на измерительных каналах (ИК);
- измерение частотных, числовых импульсных сигналов на ИК;
- обмен по интерфейсам Can Bus, RS232;
- индикацию информации на дисплее;
- защиту от несанкционированного доступа;
- самоконтроль и ведение системного журнала событий;
- контроль обрыва измерительных цепей датчиков;
- операционная система для загрузки задач;
- счет времени, ведение календаря.

Пределы допускаемой относительной погрешности расчета:

- расхода, объема, массы и количества газов и газовых смесей, приведенных к стандартным условиям  $\pm 0,002 \dots 0,1\%$  в зависимости от типа ИП расхода;
- расхода, объема и массы жидкостей и водяного пара  $\pm 0,1\%$ ;
- количества тепловой энергии среды  $\pm 0,15\%$ ;
- количества электроэнергии  $\pm 0,0001\%$ ;
- арифметических действий над параметрами  $\pm 0,0001\%$ .

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений:

- сопротивлений 50-250 Ом, 250-1000 Ом, 1000-4000 Ом составляют  $\pm 0,04$  Ом,  $\pm 0,2$  Ом,  $\pm 2$  Ом соответственно;
- силы тока 0-5 мА, 5-20 мА составляют  $\pm 0,005$  мА,  $\pm 0,02$  мА, соответственно;
- частоты в диапазоне до 1000 Гц составляют  $\pm 0,2$  Гц;
- количества импульсов составляет  $\pm 1$  имп.

Пределы допускаемой приведенной погрешности преобразования измеренных значений сопротивления и силы тока в значения параметров энергоносителя составляют  $\pm (0,0001 \dots 0,004) \%$ .

Пределы допускаемой относительной погрешности измерения времени  $\pm 0,01\%$ .

Внешний вид передней панели и нумерация клемм «ТЭКОН-19» для различных исполнений показан на рисунке 13.

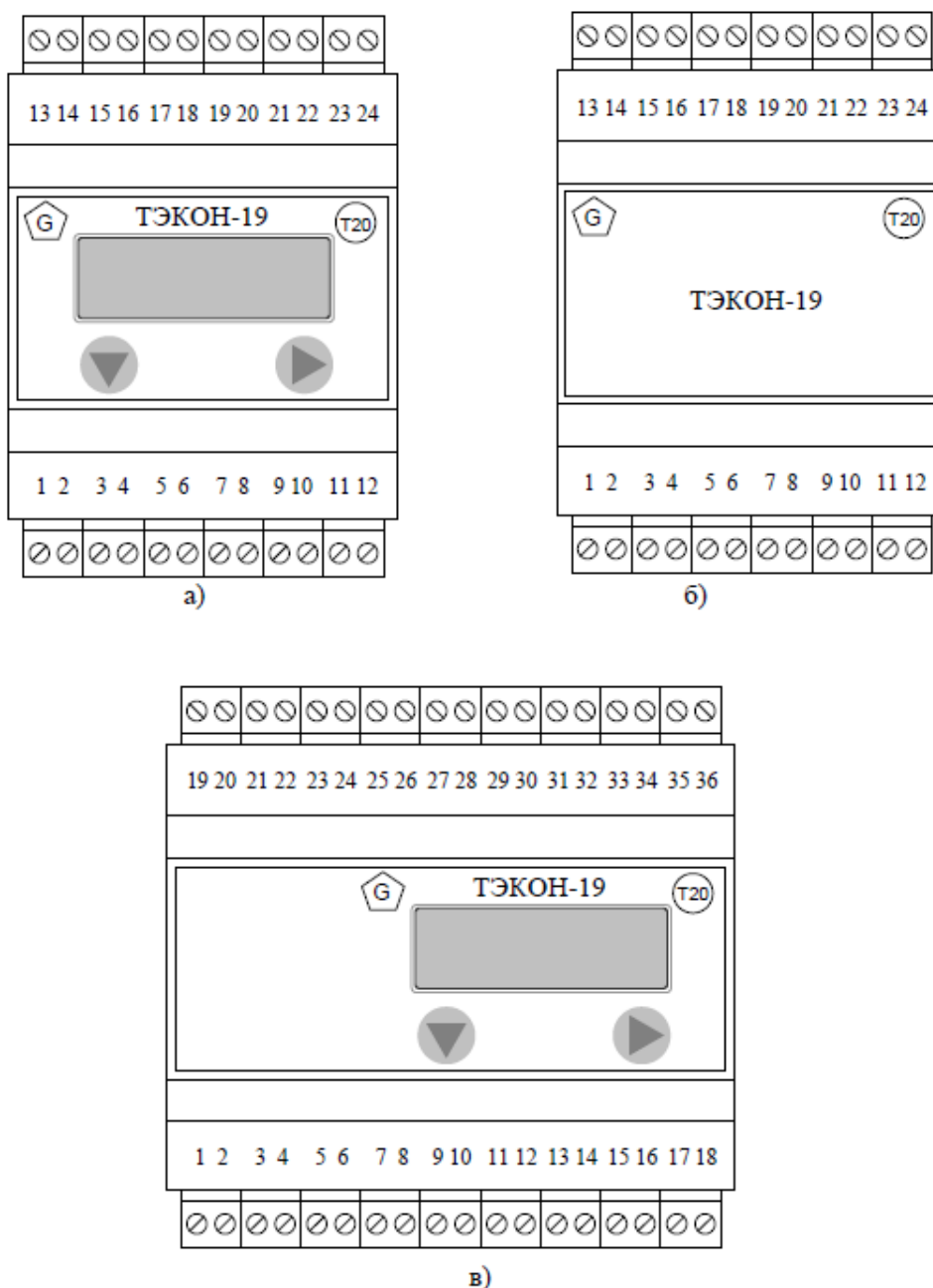


Рисунок 13 – Внешний вид передней панели и нумерация клемм «ТЭКОН-19» для различных исполнений:  
а) корпус 70 без индикатора, б) корпус 70, в) корпус 105



«ТЭЖОН-19» выполняет расчеты следующими методами:

- расхода, объема, массы и количества газов и газовых смесей, в том числе природного и влажного нефтяного газа, кислорода, диоксида углерода, азота, аргона, водорода, ацетилен, аммиака, приведенные к стандартным условиям, в соответствии с ПР 50.2.019, ГСССД МР 113, ГСССД МР 118, ГСССД МР 134 по измеренным сигналам ИП, рассчитанным или введенным по цифровому информационному каналу с других элементов измерительной системы (ИС) значениям расхода, давления, температуры, плотности газа при стандартных условиях, атмосферного давления и компонентного состава газа;
- расхода, объема и массы жидкостей, в том числе воды и жидкого аммиака, по измеренным сигналам ИП или введенным по цифровому информационному каналу с других элементов ИС значениям расхода, давления и температуры;
- расхода, объема и массы жидкостей, газов и газовых смесей методом переменного перепада давления в соответствии с ГОСТ 8.586.5 по измеренным сигналам ИП или введенным по цифровому информационному каналу с других элементов ИС значениям давления, перепада давления на сужающем устройстве (СУ) и температуры;
- расхода, объема и массы жидкостей, газов и газовых смесей с помощью осредняющих напорных трубок TORBAR и ANNUBAR 485 в соответствии с МИ 3173, МИ 2667;
- расхода, объема и массы водяного пара по измеренным сигналам ИП или введенным по цифровому информационному каналу с других элементов ИС значениям расхода, давления и температуры с возможностью вычисления давления по измеренной температуре и температуры по измеренному давлению на линии насыщения;
- количества тепловой энергии, произведенной или потребленной в элементе системы теплоснабжения или охлаждения по результатам определения массы, температуры и давления среды;

- количества электроэнергии при двухтарифном учете отдельно по каждому тарифному интервалу (дневной и ночной) [5].

Электрическую схему подключения и соединения «ТЭЖОН-19» можно увидеть в приложении В.

### **2.1.2 Преобразователь расхода вихреакустический «Метран-300ПР»**

Основные параметры вихреакустического преобразователя расхода «Метран-300ПР»:

- измеряемые среды: вода (теплофикационная, питьевая, техническая, дистиллированная и т.п.), водные растворы, кроме абразивных, вязкостью до  $2 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с);

- диапазон температур измеряемой среды - 1...150°C;

- избыточное давление измеряемой среды - до 1,6 МПа;

- условный проход Ду (DN) 25...300;

- пределы измерения расхода 0,18...2 000 м<sup>3</sup>/ч;

- динамический диапазон 1:100;

- пределы относительной погрешности измерения объема  $\pm 1,0\%$ ;

- выходные сигналы:

- импульсный пассивный типа "замкнуто/разомкнуто" - оптопара;

- токовый 4-20 мА с HART-протоколом;

- цифровой протокол ModBus RTU/RS485;

- 3-х строчный ЖКИ.

- питание от источника постоянного тока стабилизированным напряжением от 16 до 36 В;

- интервал между поверками - 4 года.

Конструктивно внутренний диаметр проточной части расходомеров с условным проходом от 25 до 200 мм меньше, чем внутренний диаметр сопря-

гаемого трубопровода. Для плавного сопряжения внутренних диаметров трубопровода и проточной части предусмотрены конические переходы. Конструктивные особенности различных исполнений расходомера Метран-300ПР приведены в таблице 1.

Стандартное исполнение расходомера предполагает наличие импульсного (пассивный) выходного сигнала типа "замкнуто/разомкнуто" - оптопара. Остальные типы выходных сигналов доступны в виде опций.

Расходомер может быть оснащен 3-х строчным ЖКИ, который размещается под стеклом крышки электронного блока. Преобразователь имеет сальниковый ввод или вилку 2РМГ22Б10Ш1Е1Б штепсельного разъема (в зависимости от заказа), которые служат для соединения преобразователя со вторичными приборами. Корпус электронного блока закрыт крышками, уплотнение которых производится резиновыми кольцами.

Таблица 1 - Конструктивные особенности расходомера «Метран 300ПР»

Конструктивные особенности	Исполнение расходомера		
	Метран-300ПР-А	Метран-300ПР-В	Метран-300ПР
Диаметр	25...100	150, 200	250, 300
Схема съема сигнала	Однолучевая		Двухлучевая
Сопряжение внутреннего диаметра проточной части с внутренним диаметром трубопровода	Конические переходы выполнены в проточной части расходомера	Конические переходы выполнены в виде отдельных патрубков и входят в состав КМЧ	Конические переходы не требуются

Основные элементы конструкции преобразователя приведены на рисунке 14: проточная часть преобразователя (1) представляет собой полый цилиндр специальной конструкции, в котором установлены тело обтекания (2), термодатчик и пьезопреобразователи.

Для снижения требований к длинам прямых участков до и после преобразователя и повышения временной стабильности метрологических характеристик преобразователя используются конические сужения потока – конфузور и диффузор, установленные на входе в проточную часть и выходе из проточной части. У преобразователей исполнений А и L конфузор и диффузор выполнены непосредственно в проточной части, у преобразователей ис-

полнения В конфузор и диффузор изготавливаются и монтируются отдельно. У преобразователей Ду250, Ду300 мм конфузоры и диффузоры отсутствуют.

Электронный блок преобразователя размещен в отдельном корпусе (3), соединенном с проточной частью трубчатым кронштейном (4). В корпусе размещены электронные платы и клеммная колодка (5). На колодке размещены два светодиода (6).

Свечение красного светодиода сигнализирует о возникновении исключительной ситуации. Зеленый светодиод мигает при поступлении импульса на импульсный выход преобразователя.

Преобразователь имеет сальниковый ввод (10) или вилку 2РМГ22Б10Ш1Е1Б штепсельного разъема (7) (в зависимости от заказа), которые служат для соединения преобразователя по импульсному выходному сигналу со вторичными приборами. При наличии аналогового токового сигнала и (или) выходного сигнала на цифровом интерфейсе на противоположной боковой стороне корпуса располагается розетка 2РМ22Б10Г1В1 (8). Корпус электронного блока закрыт крышками (11) и (12), уплотнение которых производится резиновыми кольцами.

ЖКИ (при наличии) размещается под стеклом крышки электронного блока (12). У преобразователей без ЖКИ крышка выполнена без стекла [5].

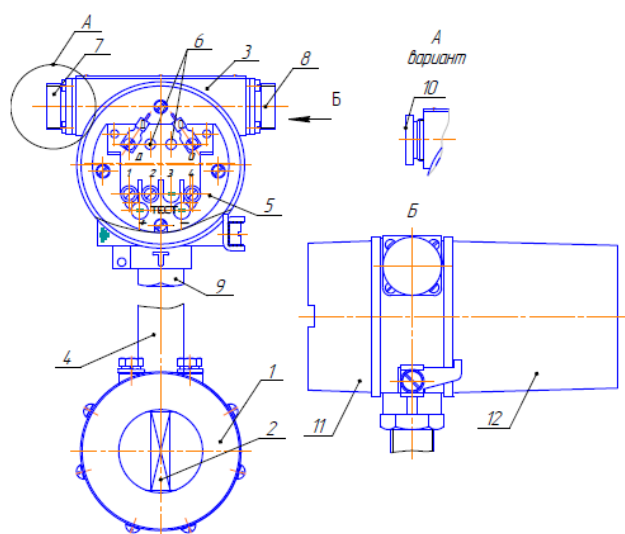


Рисунок 14 – Элементы конструкции расходомера Метран-300ПР

Чертеж расходомера Метран-300ПР можно найти в приложении Г.

### 2.1.3 Расходомер электромагнитный «Метран-370»

Основные свойства электромагнитного расходомера «Метран-370»:

- измеряемые среды: жидкости с электропроводностью не менее 5 мкСм/см;
- условный проход  $D_u$  (DN) от 15 до 200;
- пределы основной относительной погрешности измерения расхода  $\pm 0,5\%$ ;
- Давление измеряемой среды:
  - до 4,0 МПа;
  - до 2,5 МПа ( $D_u$  150, 200);
- выходные сигналы: 4-20 мА с HART-протоколом, частотно-импульсный;
- интегральный или удаленный (до 300 м) монтаж преобразователя;
- наличие взрывозащищенного исполнения

Прямые участки: до расходомера  $5D_u$ , после  $2D_u$ .

Расходомеры электромагнитные Метран-370 предназначены для измерений объемного расхода электропроводных жидкостей, пульп, эмульсий и т.п. Представляют собой российский аналог расходомеров электромагнитных серии Rosemount 8700.

Используются в системах автоматического контроля и управления технологическими процессами в энергетической, металлургической, химической, пищевой, бумажной и других отраслях промышленности, а также в системах коммерческого учета жидкостей.

Основные преимущества:

- измерение расхода агрессивных сред;
- применение на питьевой воде;
- высокая точность измерений;
- отсутствие движущихся частей и потерь давления.

*Технические характеристики и параметры*

- Диапазон измерений:

Объемные расходы в зависимости от условного проходарасходомера и скоростей потока приведены в таблице 2. Условный проход расходомера выбирается, исходя изконкретного значения расхода измеряемой среды, и можетбыть меньше условного прохода трубопровода. В этомслучае в трубопро-  
воде монтируются конические переходы инеобходимые прямые участки.

Таблица 2. Диапазоны измерений

Dy	Измеряемый расход м <sup>3</sup> /ч	
	Мин. диапазон измерений при скорости потока 0,3 м/с	Макс. диапазон измерений при скорости потока 10 м/с
15	0,21	6,45
25	0,61	18,35
40	1,44	43,23
50	2,37	71,25
80	5,23	156,98
100	8,33	270,34
150	20,45	613,48
200	35,41	1062,0

- Параметры измеряемой среды:
  - температура:  
от -29 до 180°C;  
от -29 до 125°C - для Ex-исполнения в зависимостиот температурных диапазонов Т3...Т6;
  - давление до 4 МПа (до 2,5 МПа - для Dy 150 и 200);
  - электропроводность не менее 5 мкСм/см;
- Выходные сигналы:
  - 4-20 мА с HART-протоколом;
  - частотно-импульсный 0-10 кГц;
- расходомеры устойчивы к воздействию:
  - атмосферного давления в диапазоне от 84,0 до 106,7 кПа согласно группе исполнения P1 по ГОСТ Р 52931;

- вибрации в диапазоне от 10 до 2000 Гц при ускорении 9,8 м/с<sup>2</sup>

- расходомеры соответствуют требованиям ТР ТС 020/2011 "Электромагнитная совместимость технических средств", декларация о соответствии ТС N RU Д-РУ.АВ72.В02255.

- степень защиты от пыли и воды составных частей расходомера по ГОСТ 14254:

- преобразователь 8732Е IP66;
- датчик расхода Метран-371 IP68.

- время демпфирования устанавливается в пределах от 0 до 256 с [5].

Габаритные и присоединительные размеры расходомера «Метран-370» показаны на рисунке 15 и таблице 3.

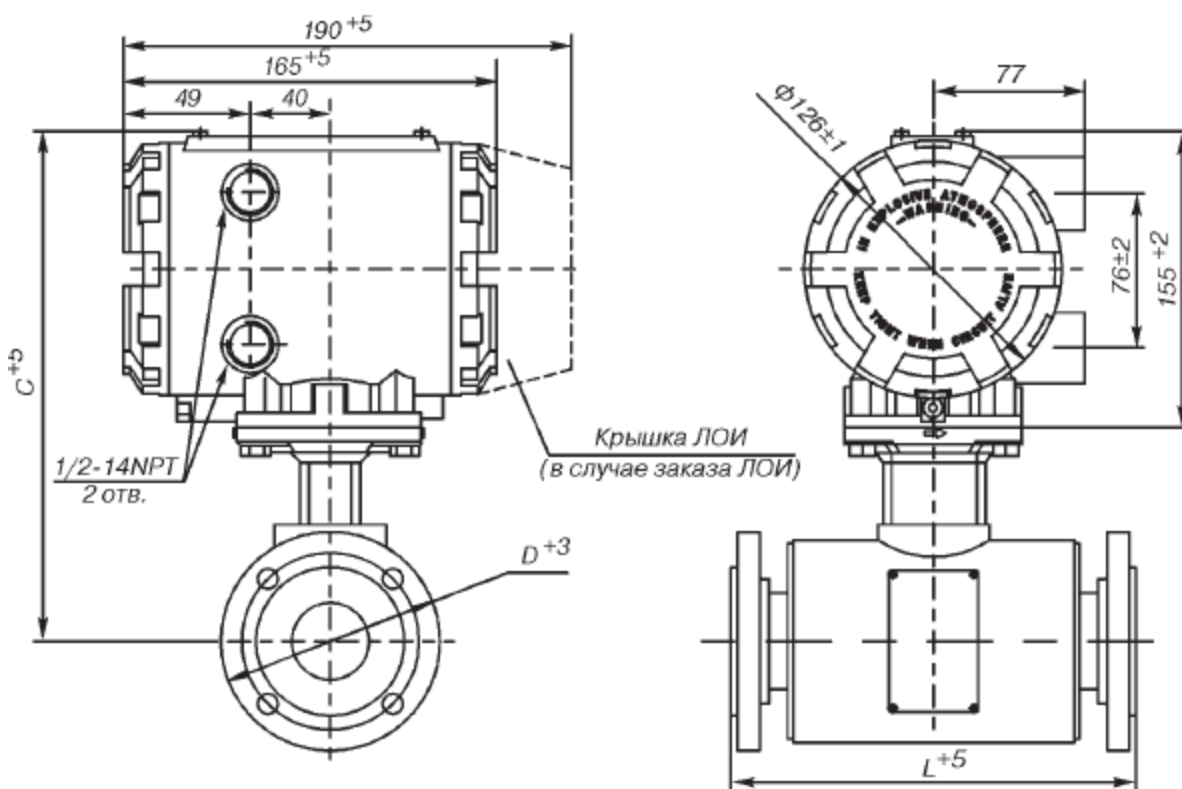


Рисунок 15 – Габаритные и присоединительные размеры расходомера «Метран-370»

Таблица 3. Размеры.

Dy	Номинальное давление PN. МПа	Размеры мм		
		C	D	L
15	4	260	95	200
25	4	260	115	200
40	4	269	150	200
50	4	269	165	200
80	4	295	200	200
100	4	304	235	250
150	2.5	329	285	332
200	2.5	354	340	350

## 2.2 Программирование

Для правильной работы теплосчетчика требуется указать критерии достоверности.

### *Критерий 0 (законодательный критерий)*

Правила [1] устанавливают предельные величины погрешностей приборов учета, которые должны обеспечивать:

- измерение массы (объема) теплоносителя с относительной погрешностью не более 2% в диапазоне расхода воды от 4 до 100%;
- измерение температуры теплоносителя с абсолютной погрешностью, не превышающей значений, определяемых по формуле  $\Delta t = \pm (0,6 + 0,004 \times t)$ ;
- измерение давления теплоносителя с относительной погрешностью не более 2%;
- измерение тепловой энергии горячей воды с относительной погрешностью не более 5% при разности температур в подающем и обратном трубопроводе от 10 до 20% и не более 4% при разности температур в подающем и обратном трубопроводах более 20%

### *Критерий 1 (оценочный критерий)*

Разность двух согласованных измерений физической величины не должна превышать удвоенное произведение предельной абсолютной погрешности СИ, установленной критерием 0.



$$|X1 - X2| \leq 2\Delta x(1)$$

Под согласованными понимаются измерения физической величины, выполненные разными измерительными преобразователями, установленными на одном трубопроводе, в совпадающие интервалы времени. Поскольку в погрешность измерения входят не только основные погрешности средств измерения, но и дополнительные систематические погрешности, связанные с неточностью монтажа ИП, загрязненностью теплоносителя, прочими факторами, а также дополнительной погрешностью, вносимой вычислителем, поэтому базой для оценки выбрана предельная погрешность СИ, устанавливаемая критерием 0.

#### *Критерий 2 (результативный критерий)*

По результатам двух согласованных измерений физической величины наиболее достоверной, т.е. наиболее приближенной к истинному значению, является величина равная:

- при измерении ИП с одинаковыми классами точности - среднему от двух измеренных величин:

$$X_{\text{ср}} = (X1 + X2) / 2; \quad (2)$$

- при измерении ИП с разными классами точности:

$$X_{\text{ср}} = X1 + \Delta x1 / (\Delta x1 + \Delta x2) * (X2 - X1); \quad (3)$$

где  $\Delta x1$  и  $\Delta x2$  – абсолютные погрешности ИП, рассчитанные для рабочих условий эксплуатации.

Формула (3) имеет общий вид, так как при  $\Delta x1 = \Delta x2$  она сворачивается до формулы (2). На рисунке 16 показаны две функции распределения величины, соответствующие нормальному закону Гаусса и наиболее достоверная величина  $X_{\text{ср}}$  для двух ИП одного класса точности (Рисунок 16в) и с разными классами точности (Рисунок 16г). Величина  $X_{\text{ср}}$  рассчитывается по условию уравнивания вероятностей появления значений  $X1$  и  $X2$ . Здесь видно, что при равной вероятности значений для преобразователей одной точности истинная величина  $X_{\text{ист}}$  лежит посередине отрезка АВ, что соответствует среднеарифметической величине, а для преобразователей с разными клас-

сами точности Хист делит отрезок АВ пропорционально дисперсиям распределения, или, что тоже самое, пропорционально отношению  $\Delta x_1$  и  $\Delta x_2$  (Рисунок 16г).

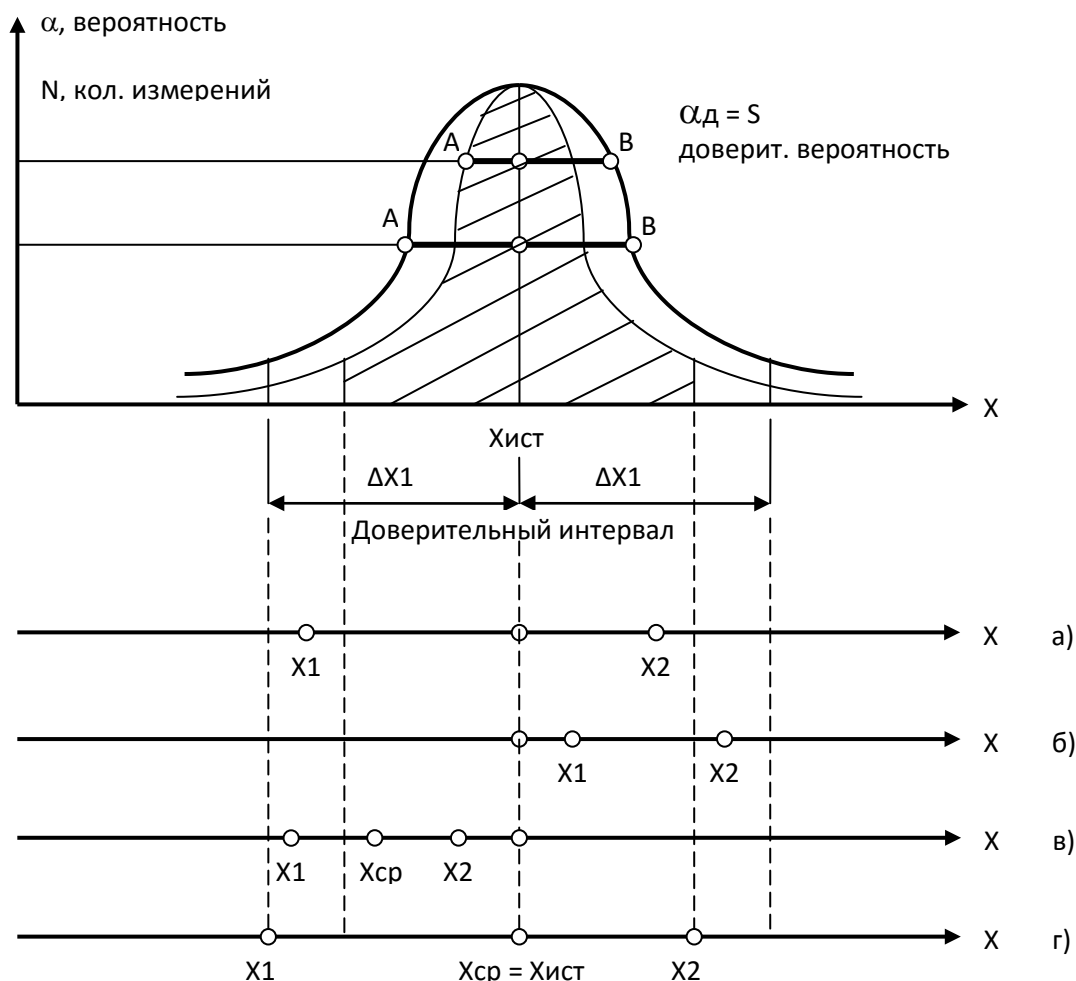


Рисунок 16 – Пояснения к определению критериев достоверности

### Критерий №3 (доверительный критерий)

При большом количестве измерений динамично изменяющейся физической величины все измерения считаются достоверными, если отношение количества измерений, неудовлетворяющих первому критерию к количеству измерений, удовлетворяющих этому критерию, выраженное в долях, больше установленной доверительной вероятности.

$$\alpha_{\text{дов}} \leq 1 - N_{\text{н}}/N_{\text{д}}[5]$$

Условно алгоритм можно разделить на 4 части:

1. Вводные данные.
2. Критерий №1
3. Критерий №2
4. Критерий №3.

### 2.2.1 Вводные данные

Ввод происходит при помощи следующих команд, показанных на рисунке 17.

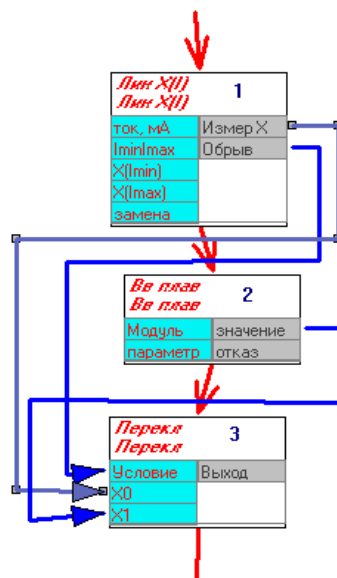


Рисунок 17– Вводные данные (1-3).

Алгоритм 1 – алгоритм токового линейного датчика имеет номер 0191 по базеданных и позволяет вычислить любую физическую величину X, зависимость которой от тока ИП имеет линейный характер. Попутно алгоритм проверяет измерительный канал на обрыв по току. Выходной величиной Xв данном случае является объемный расход с датчика расхода. С выхода «Измер X» данные приходят на алгоритмы 3, 4, 8, 10, 17, 18, 19. Выход «отказ» приходит на алгоритмы 3 и 11.

Алгоритм 2 – алгоритм ввода параметра с плавающей запятой имеет номер 0286 по базе данных и позволяет получать данные из других устройств. На вход подается значение расхода из парного данному теплосчетчика. С вы-

хода «значение» данные приходят на алгоритмы 3, 5, 8, 17, 18, 19. С выхода «отказ» данные приходят на алгоритм 11.

Алгоритм 3 – алгоритм переключения имеет номер 0121. В зависимости от значения, подаваемого на вход «Условие», алгоритм выдает одно из значений – X0 или X1. На входы подаются значения с алгоритмов 1 и 2. С выхода данные приходят на алгоритм 12.

### 2.2.2 Критерий №1

Алгоритм критерия №1 показан на рисунке 18.

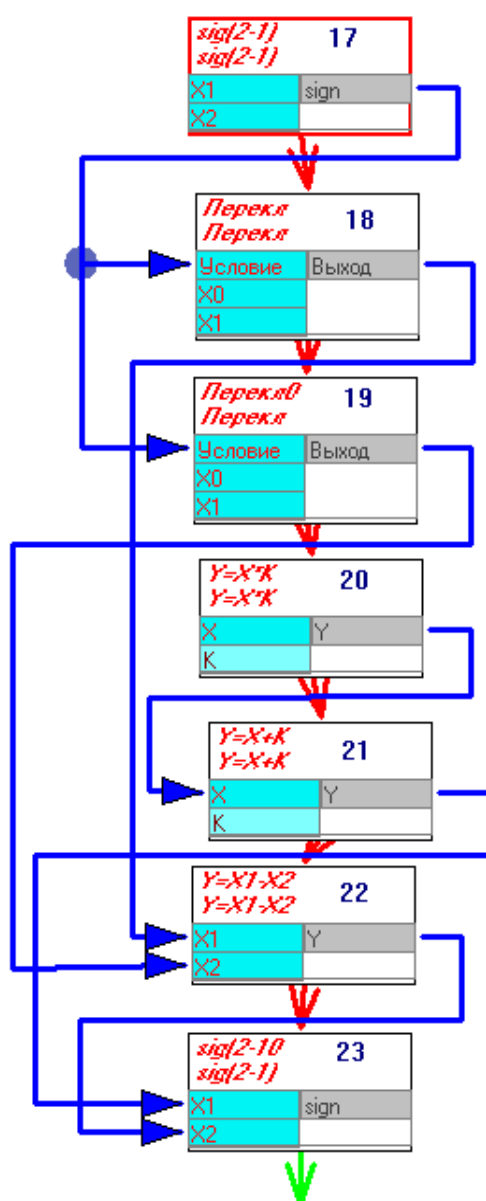


Рисунок 18 – Критерий №1 (17-23)

Алгоритмы 17 и 23 – алгоритмы сравнения двух параметров имеют номер 0089. На вход подаются значения с алгоритмов 1 и 2, после чего сравниваются. В зависимости от того, какое значение больше, подается соответствующий битовый сигнал. Выход алгоритма 17 передает данные на алгоритмы 18 и 19, а выход алгоритма 23 – на алгоритм 24.

Алгоритмы 18 и 19 – алгоритм переключения имеет номер 0121. В зависимости от значения, подаваемого на вход «Условие», алгоритм выдает одно из значений – X0 или X1. На входы подаются значения с алгоритмов 1, 2 и 17.

Алгоритмы 20, 21 и 22 – арифметические алгоритмы. Алгоритм 20 – умножение переменной величины на константу (номер 0035), алгоритм 21 – сложение переменной величины с константой (0031), алгоритм 22 – вычитание из одной переменной – другой (0032). На вход алгоритма 20 подается значение с алгоритма 10, на вход алгоритма 21 – с алгоритма 20, на входы алгоритма 22 – с алгоритмов 18 и 19. С выхода алгоритма 20 данные передаются на алгоритм 21, с алгоритмов 21 и 22 – на алгоритм 23.

### 2.2.3 Критерий №2

Алгоритм критерия №2 показан на рисунке 19.

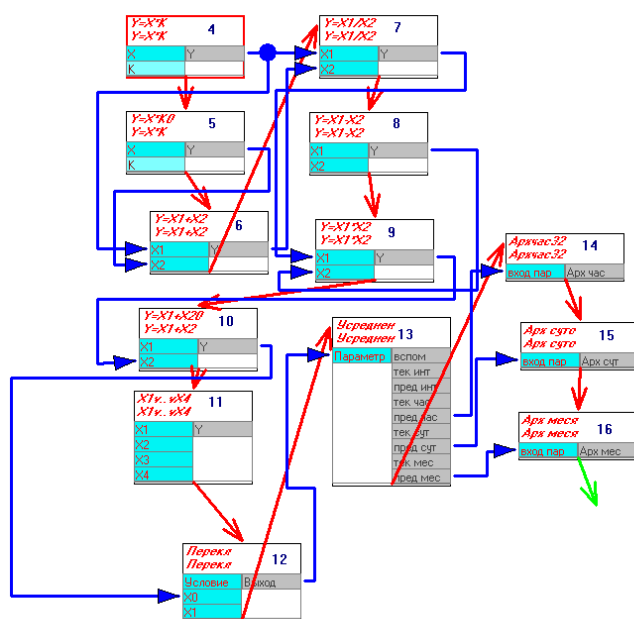


Рисунок 19 – Критерий №2

Алгоритмы 4-10 – арифметические алгоритмы. Алгоритмы 4 и 5 – умножение переменной на константу (номер 0035), алгоритмы 6 и 10 – сложение двух переменных (номер 0030), алгоритм 7 – деление одной переменной на другую (номер 0037), алгоритм 8 – вычитание одной переменной из другой (номер 0032), алгоритм 9 – умножение одной переменной на другую (номер 0034).

На вход алгоритма 4 приходят данные с алгоритма 1, на вход алгоритма 5 – с алгоритма 2, на вход алгоритма 6 – с алгоритмов 4 и 5, на вход алгоритма 7 – с алгоритмов 4 и 7, на вход алгоритма 8 – с алгоритмов 1 и 2, на вход алгоритма 9 – с алгоритмов 7 и 8, на вход алгоритма 10 – с алгоритмов 1 и 9.

С выхода алгоритма 4 данные передаются на алгоритмы 6 и 7, с выхода алгоритма 5 – на алгоритм 6, с выхода алгоритма 6 – на алгоритм 7, с выхода алгоритма 8 – на алгоритм 9, с выхода алгоритма 9 – на алгоритм 10, с выхода алгоритма 10 – на алгоритм 12.

Алгоритм 11 – алгоритм логического «или» идет под номером 0199. При подаче на любой из входов битового значения, равного 1, он выдает битовый сигнал, равный 1. Если все входящие сигналы равны 0, то на выходе будет 0. На вход сигналы приходят с алгоритмов 1, 2 и 26. С выхода сигнал приходит на алгоритм 12.

Алгоритм 12 – алгоритм переключения имеет номер 0121. На вход подаются сигналы с алгоритмов 3, 10 и 11. С выхода алгоритма сигнал приходит на вход алгоритма 13.

Алгоритм 13 – алгоритм усреднения параметров имеет номер 0024 и предназначен для усреднения значения параметра с плавающей запятой X в течение измерительного интервала, астрономического часа и календарных суток. На вход подается сигнал из алгоритма 12. С выходов подаются сигналы на алгоритмы 14, 15 и 16.

Алгоритмы 14 15 и 16 – архивы часов, суток и месяцев на 32 суток, 365/366 дней и 12 месяцев и имеют номера 0228, 0226 и 0225 соответственно. Данные алгоритмы предназначены для сохранения назначенного входного

параметра с плавающей запятой, записываемые в момент смены, астрономического часа, суток и месяцев соответственно. Данные алгоритмы получают данные от алгоритма 13 из выходов «пред. час», «пред. сут» и «пред. мес» соответственно.

### 2.2.4 Критерий №3

Алгоритм критерия №3 показан на рисунке 20

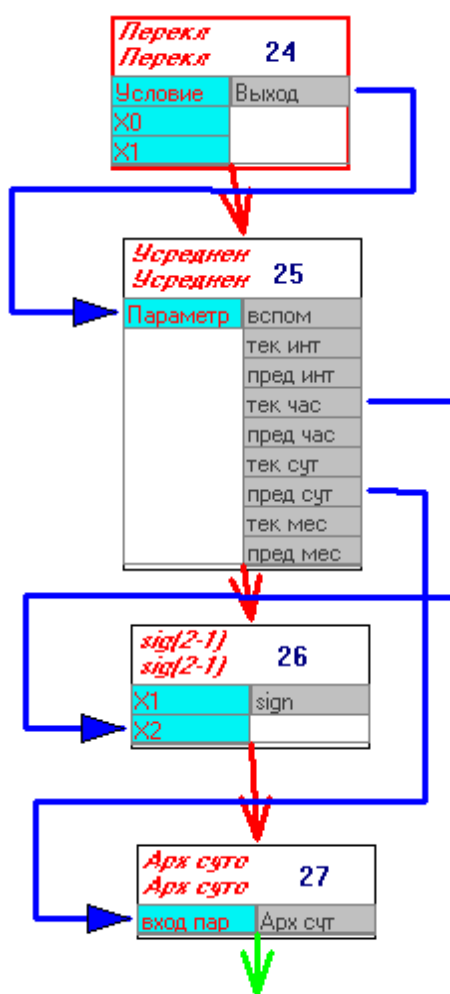


Рисунок 20 – Критерий 3 (24-27)

Алгоритм 24 – алгоритм переключения имеет номер 0121. На вход подаются сигналы с алгоритма 23. С выхода алгоритма сигнал приходит на вход алгоритма 25.

Алгоритм 25 – алгоритм усреднения параметров имеет номер 0024 и предназначен для усреднения значения параметра с плавающей запятой X в течение измерительного интервала, астрономического часа и календарных суток. На вход подается сигнал из алгоритма 24. С выходов подаются сигналы на алгоритмы 26 и 27.

Алгоритм 26 – алгоритм сравнения двух величин имеет номер 0089. На вход подается сигнал с алгоритма 25. С выхода сигнал подается сигнал на алгоритм 11

Алгоритм 27 – алгоритм архивирования суток имеет номер 0226. На вход подается сигнал с алгоритма 25.

Полностью алгоритм имеет примерно такой вид:

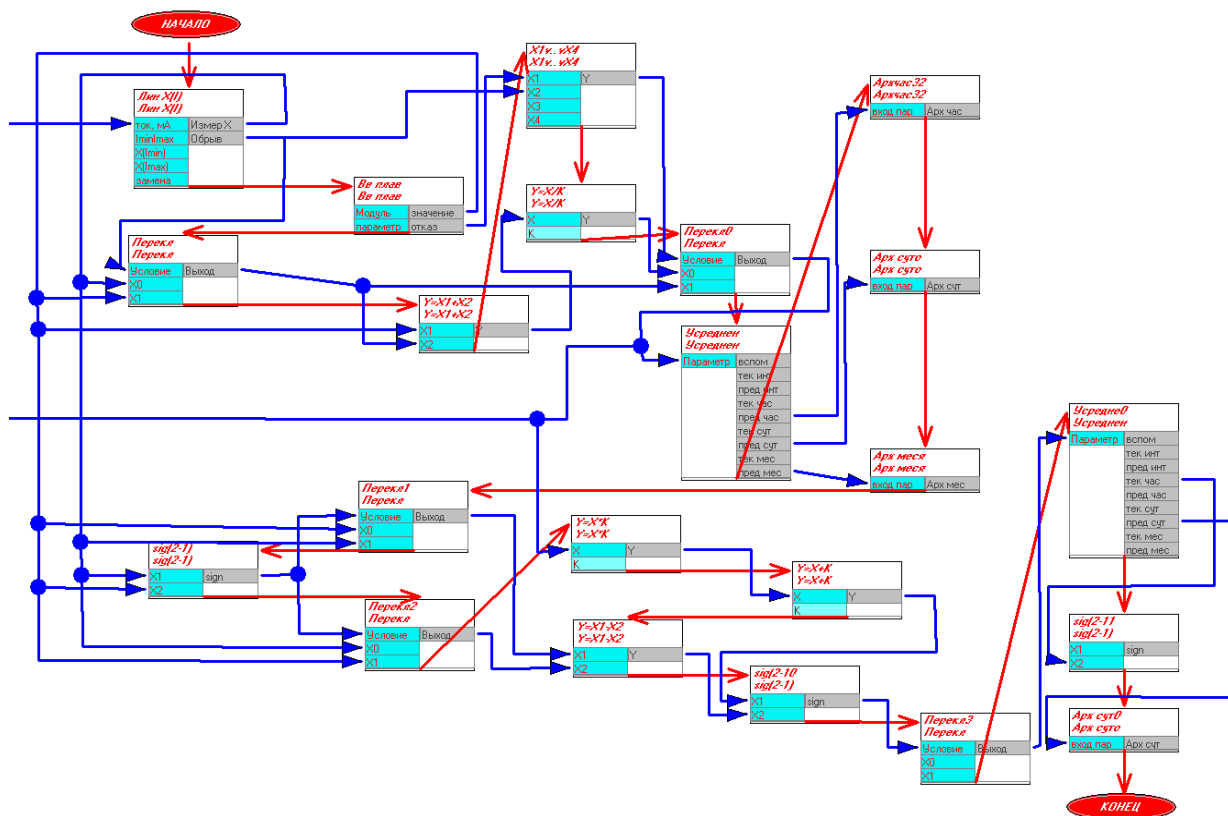


Рисунок 21 – Примерный вид алгоритма измерения расхода



## 2.3 Технические условия

### *Техническое обслуживание*

Сданный в эксплуатацию расходомер не требует специального обслуживания, кроме периодического осмотра с целью проверки:

- соблюдения условий эксплуатации;
- наличия напряжения электрического питания и соответствия его параметров требованиям настоящего руководства;
- целостности маркировочных табличек;
- отсутствия внешних повреждений.

Периодичность осмотра зависит от условий эксплуатации и определяется предприятием, ведущим техническое обслуживание узла учета, по согласованию с эксплуатирующей организацией.

При техническом обслуживании особое внимание необходимо уделять контролю технологических параметров, в частности, давления жидкости в трубопроводе, и не допускать режимов эксплуатации, способствующих возникновению кавитации.

Несоблюдение условий эксплуатации может привести к отказу преобразователя или превышению допустимого значения погрешности измерений

### *Поверка*

Периодическая поверка проводится в соответствии с документом СПГК.5236.000.00 МП.

Интервал между поверками – 2 года [15].

### *Транспортирование и хранение*

Температура окружающего воздуха при транспортировании расходомеров должна быть в диапазоне, указанном в таблице 4. Влажность окружающего воздуха при этом должна быть  $(95\pm 3)$  % при температуре + 35 °С и ниже.

Таблица 4 – Температурные диапазоны при транспортировании расходомеров.

Исполнение преобразователя, входящего в состав расходомера	Температурный диапазон, °С
Без ЛОИ	От минус 40 до плюс 85
С ЛОИ	От минус 30 до плюс 80

Расходомер в упаковке предприятия-изготовителя транспортируется всеми видами закрытого транспорта, в том числе и воздушным транспортом в отапливаемых герметизированных отсеках, в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на данном виде транспорта.

При транспортировании расходомеров железнодорожным транспортом вид отправки – мелкая или малотоннажная. Допускается транспортирование расходомеров в контейнерах. Во время погрузочно-разгрузочных работ и транспортирования ящики не должны подвергаться резким ударам и воздействию атмосферных осадков. Способ укладки ящиков с расходомерами на транспортирующее средство должен исключать их перемещение.

Срок пребывания расходомеров в соответствующих условиях транспортирования – не более 3 месяцев.

В зимнее время ящики с расходомерами распаковываются в отапливаемом помещении не менее чем через 12 ч после внесения их в помещение.

Расходомеры могут храниться как в транспортной таре с укладкой в штабеля до трех ящиков по высоте, так и без упаковки на стеллажах.

Условия хранения расходомеров в транспортной таре - 3 по ГОСТ 15150.

Условия хранения расходомеров без упаковки - 1 по ГОСТ 15150.

Воздух помещения, в котором хранятся расходомеры, не должен содержать коррозионно-активных веществ [18].

### 3. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

В результате расчётов в смете была вычислена стоимость установки теплосчетчика с контролем достоверности – 545571.8 руб. (стоимость может меняться в зависимости от положения труб относительно друг друга и типа здания). Полную смету можно найти в приложении Д и на диске.

Пример тарифа на тепловую энергию показан на рисунке 22.

Открытое акционерное общество "Уральский завод гражданской авиации", г. Екатеринбург					
СТ: поставка тепловой энергии в муниципальном образовании "город Екатеринбург"					
Для потребителей, в случае отсутствия дифференциации тарифов по схеме подключения					
одноставочный, руб./Гкал					
с 01.01.2015 по 30.06.2015	1077,01				
с 01.07.2015 по 31.12.2015	1077,01				
с 01.01.2016 по 30.06.2016	1024,63				
с 01.07.2016 по 31.12.2016	1024,63				
2017 год	1197,76				

Рисунок 22 – пример тарифа на тепловую энергию

Согласно тарифам, средняя стоимость 1Гкал тепловой энергии – 1200 рублей. Данный теплосчетчик рассчитывается на группу зданий с общим потреблением 5 Гкал/час. В течение месяца по нормативам данная группа зданий потребляет 3600 Гкал. В результате владельцы здания ежемесячно должны платить 4320000. руб. Практика показывает, что после установки теплосчетчика разница между расходом по нормативу и фактическим расходом составляет 20-30%. В денежном эквиваленте это составляет 864000-129600 рублей.

Это уже окупает установку теплосчетчика, а если учесть то, что данный теплосчетчик позволяет избежать отсутствия учета тепловой энергии во время поверки.

#### **4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ**

При монтаже, эксплуатации, техническом обслуживании и демонтаже расходомера необходимо строго соблюдать общие правила безопасности, учитывающие специфику конкретного вида работ.

При погрузочных (разгрузочных) работах, монтаже (демонтаже) расходомера должны использоваться стропы для расходомера Ду 15 – Ду 50 мм должны применяться гибкие стропы, а при транспортировании расходомера Ду 80 – Ду 200 мм используются специальные проушины на фланцах

Все операции по хранению, транспортированию, поверке и вводу в эксплуатацию расходомера необходимо выполнять с соблюдением требований по защите от статического электричества.

К монтажу (демонтажу), эксплуатации, техническому обслуживанию расходомера должны допускаться лица, изучившие настоящее руководство по эксплуатации и прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с электротехническими установками.

Запрещается эксплуатация расходомера при снятых крышках, а также при отсутствии заземления корпуса.

Запрещается оставлять датчики с футеровкой из тефлона (ptfe) без технологических заглушек на срок более чем 30 мин во избежание нарушения геометрии футеровки.

Заземление корпуса расходомера должно производиться подсоединением шины «Земля» к клемме, отмеченной знаком заземления, а также с помощью комплекта проводов к трубопроводу.

Замена, присоединение и отсоединение расходомера от магистралей, подводящих измеряемую среду, должны производиться при полном отсутствии давления в магистральных и отключенном напряжении питания.

Запрещается при проведении монтажных, пуско-наладочных работ и ремонта:

- производить замену электрорадиоэлементов при включенном преобразователе;

- использовать неисправные электроприборы, электроинструменты, а также применять их без подключения к шине защитного заземления.

При проведении монтажных работ опасными факторами являются:

- действующее значение напряжения питания переменного тока 220 В и выше частотой 50 Гц;

- избыточное давление в трубопроводе;

- повышенная температура контролируемой среды.

Перед проведением работ необходимо убедиться с помощью измерительных приборов, что на трубопроводе отсутствует опасное для жизни напряжение постоянного или переменного тока.

Эксплуатация взрывозащищенных расходомеров должна проводиться только обученным персоналом в соответствии с ГОСТ IEC 60079-14-2011[18].

## **5. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ**

Так как теплосчетчик с контролем достоверности имеет в основном программные изменения, то он не содержит опасных веществ, то для его утилизации не требуется особенных правил.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках выполнения выпускной квалификационной работы был разработан эскизный проект узла коммерческого учёта теплопотребления в части измерения и анализа расхода теплоносителя.

В ходе разработки выпускной квалификационной работы были:

- сформулированы технические условия на разработку теплосчётчика;
- выбраны приборы и оборудование для измерения расхода – вихреакустический преобразователь расхода «Метран-300ПР» и электромагнитный расходомер «Метран-370»;
- разработан алгоритм обработки измерительных сигналов расходов теплоносителя;
- произведен расчет экономической выгоды теплосчетчика непрерывного функционирования с контролем достоверности;
- произведен анализ мер безопасности при работе с приборами.

Контроль и учёт потреблённой тепловой энергии является важным вопросом, как для потребителей тепла, так и для жилищно-коммунального хозяйства, поскольку от учёта зависит точность денежных расчётов за потреблённую энергию. Теплосчетчик с контролем достоверности позволит проводить непрерывный и точный учет теплоносителя.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Астраханцев И. А. Учет и анализ: учебное пособие М., - Высшее образование – 2011. – 344с.
2. Брюханов В. А. Методы повышения точности измерений в промышленности – М.: Изд-во стандартов, 1991г.
3. ГОСТ Р ЕН 1434-12006 «Теплосчетчик» - М. 2006г.
4. Единый расчетный центр [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.erc.ur.ru>(дата обращения 20.06.16).
5. Каталог компании Метран [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www2.emersonprocess.com/> (дата обращения 22.06.16).
6. Каталог теплотехнического оборудования [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ktto.com.ua/>(дата обращения 16.04.16).
7. ООО «FlowService» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rotametr.ru/> (дата обращения 17.04.16).
8. По теплу [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://www.1poteply.ru/>(дата обращения 15.05.16).
9. Постановление Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2013 г. N 1034 г. Москва "О коммерческом учете тепловой энергии, теплоносителя".
10. Постановление Главы города Екатеринбурга от 23.12.2005 № 1276.
11. Постановление РЭК Свердловской области от 27.08.2012 № 131-ПК.
12. Постановление РЭК Свердловской области от 27.08.2012 № 132-ПК.
13. Постановление РЭК Свердловской области от 15 декабря 2014 г. N 205-ПК.
14. Постановление РЭК Свердловской области от 15 декабря 2014 г. N 208-ПК.



15. Преобразователи расхода вихреакустические Метран-300ПР. Руководство по эксплуатации.
16. Преобразователь расчетно-измерительный ТЭКОН-19. Руководство по эксплуатации – Екатеринбург: ИВП КРЕЙТ, 2013г.
17. Преобразователь расчетно-измерительный ТЭКОН-19. Алгоритмы расчета – Екатеринбург: ИВП КРЕЙТ, 2015г.
18. Расходомер электромагнитный Метран-370. Руководство по эксплуатации.
19. Семенов В.А., Федорова С.В., «О разработке теплосчетчика непрерывного функционирования с контролем достоверности»[Текст] / Семенов В.А., Федорова С.В. //Информационные технологии в энергетическом комплексе, №12 (май) 2014г.
20. Теплопункт [Электронный ресурс] – Режим доступа:<http://www.teplopunkt.ru/>(дата обращения 18.04.16).
21. Торговый дом Расходомер.ру. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://www.td-rashodomer.ru/>(дата обращения 17.04.16).

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

292-244 Э7

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ УЧАСТОК ПОДАЮЩЕГО ТРИБОПРОВОДА ОТОПЛЕНИЯ

Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
1	Бобышка приварная под вылазу L=40мм	1	
2	Гильза термометра МЭОм,5 L=80мм	1	
3	Кран лабораторный запорный Ду32	2	
4	Нв вылазу в угор	1	
5	Перекод конусный К76/57	2	
6	Расходомер МЕТРАН-300ПР	1	
7	Расходомер МЕТРАН-370	1	
8	Труба водогазопроводная Ду32	1	
	ГОСТ 3262-80		

1. Монтаж сварных соединений производить с учетом технических требований изложенных в разделе "Общие данные".

2. Монтаж расходомера выполнить с учетом направления потока воды и маркировкой на корпусе расходомера.

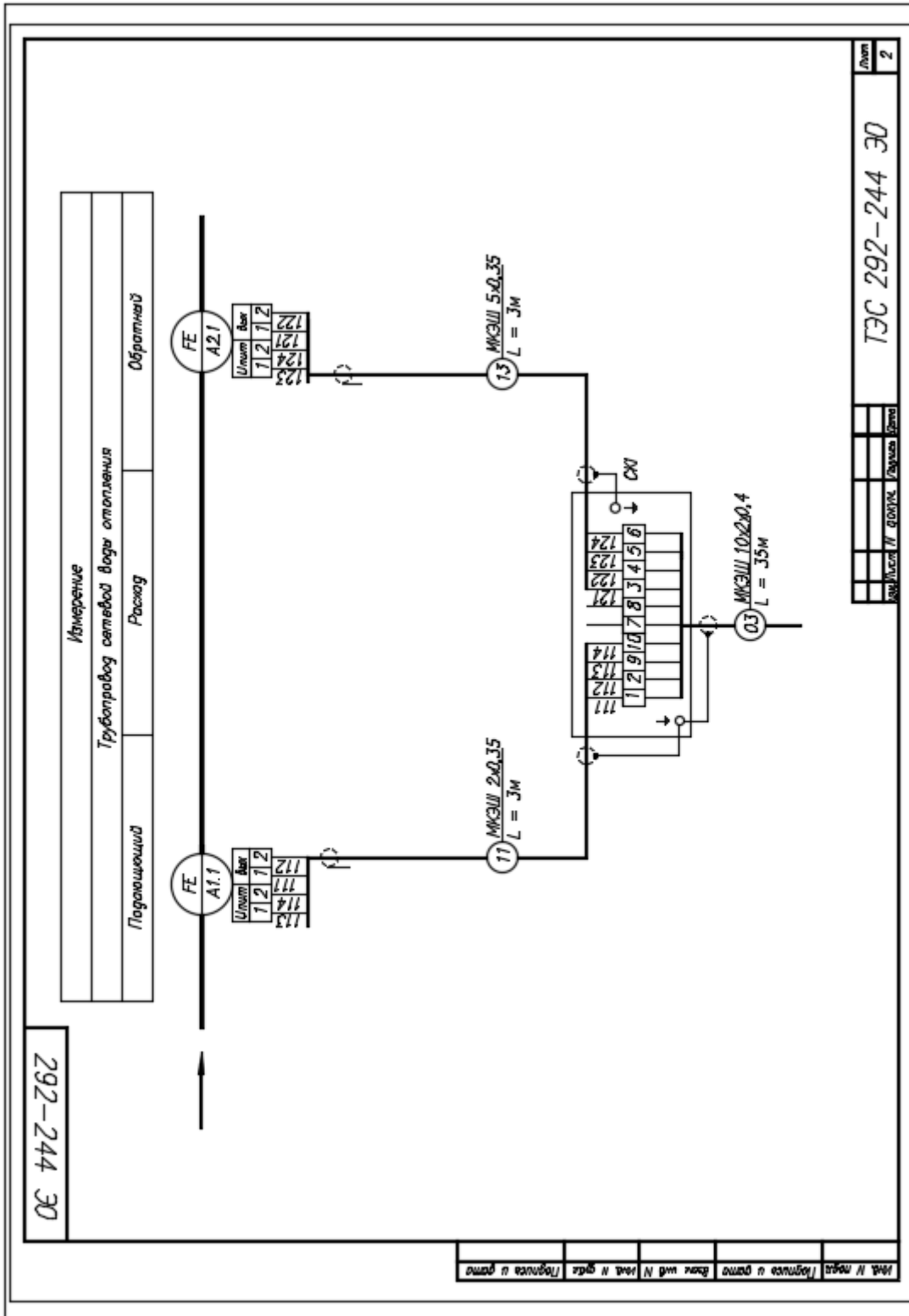
3. На смонтированном участке выдолбить антикоррозионное покрытие труб краской по ГОСТ 5631-70 по эриту ГФ-020 ГОСТ 4056-83.

8.

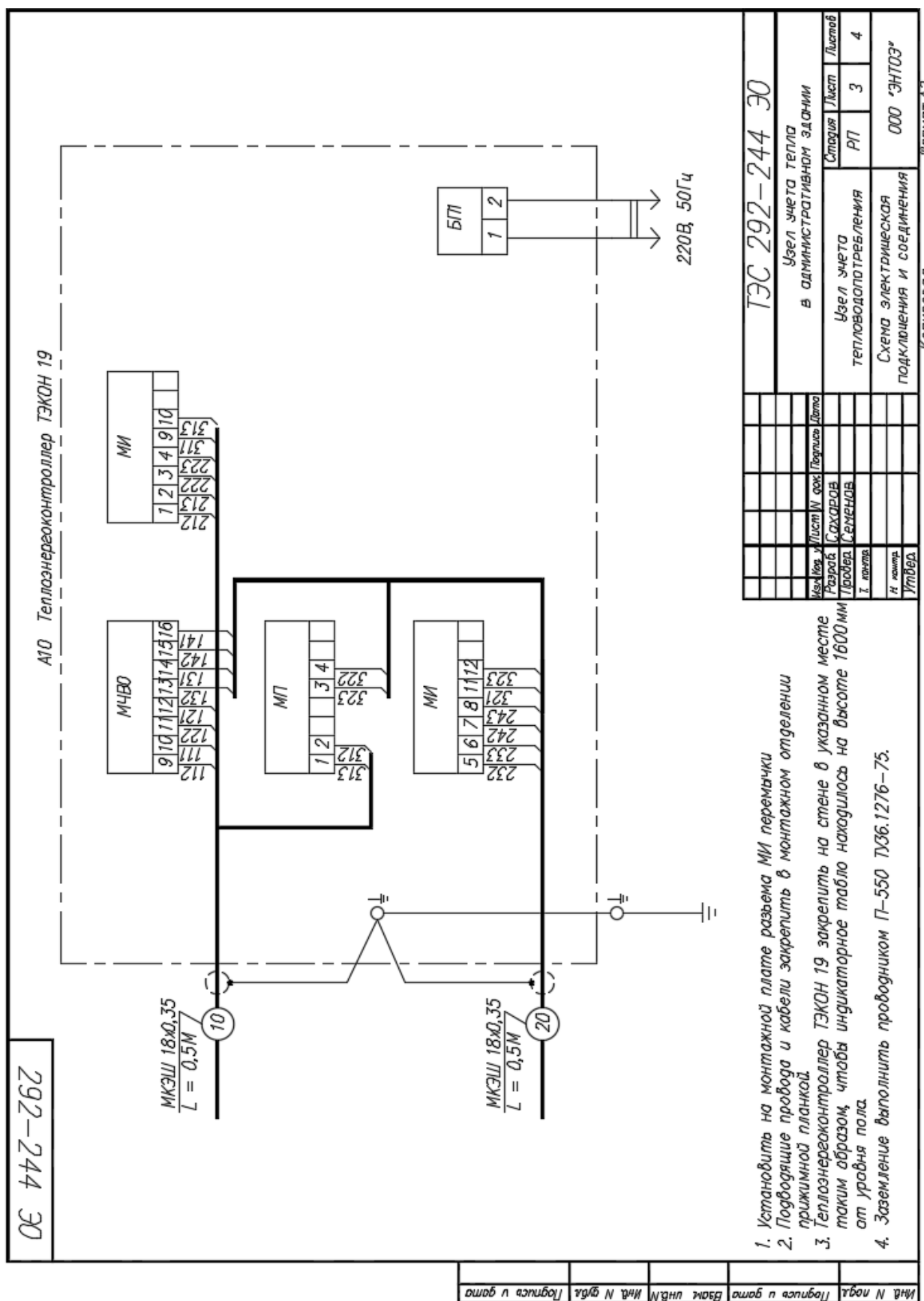
Изд. №	Лист №	Листов	Итого	Всего	Всего	Всего	Всего	Всего	Всего

ТЭС 292-244 Э7

# ПРИЛОЖЕНИЕ Б



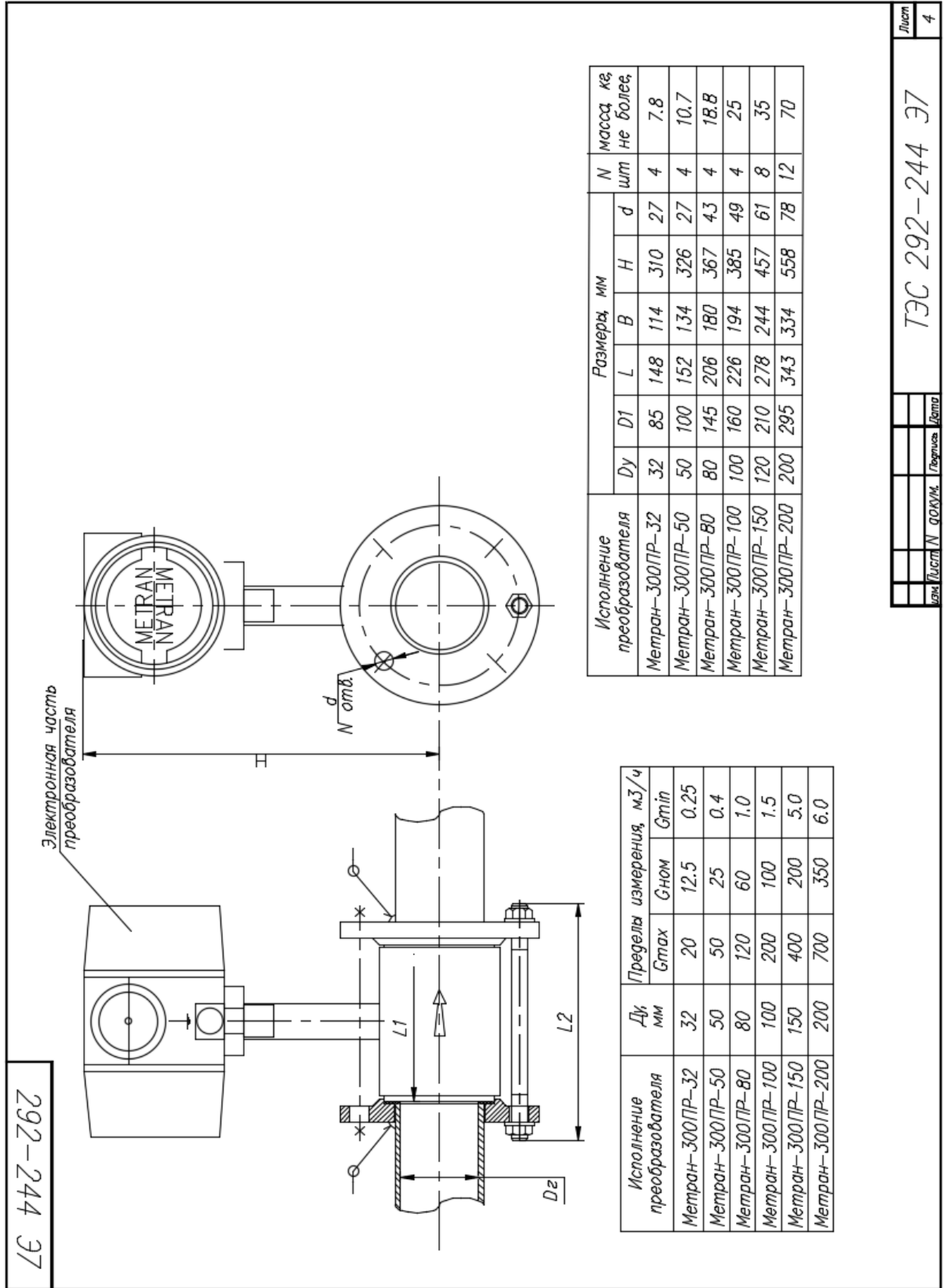
# ПРИЛОЖЕНИЕ В



Инд. N подкл.	Логпись и дата	Блок инд.М	Инд. N грл.
Инд. N грл.	Логпись и дата	Блок инд.М	Инд. N грл.

Инд. N подкл.	Логпись и дата	Блок инд.М	Инд. N грл.
Инд. N грл.	Логпись и дата	Блок инд.М	Инд. N грл.
ТЭС 292-244 Э0		Узел учета тепла в административном здании	
Узел учета тепловодопотребления		Старая РП	Листов 4
Схема электрическая подключения и соединения		РП	3
ООО "ЭНТОЗ"		Листов 4	
Копировал		Формат А3	

# ПРИЛОЖЕНИЕ Г



292-244 Э7

ТЭС 292-244 Э7

# ПРИЛОЖЕНИЕ Д

СОГЛАСОВАНО:

(наименование стройки)

УТВЕРЖДАЮ:

## ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ (локальная смета)

\_\_\_\_\_ 2016 г.

Установка узла учета тепловодопотребления  
(наименование работ и затрат, наименование объекта)

\_\_\_\_\_ 2016 г.

Основание:

Сметная стоимость руб. 545571,8

Трудозатраты чел. час 91,23

Составлен(а) в текущих (прогнозных) ценах по состоянию на 2016 г.

№ пп	Обозначение	Наименование	Ед. изм.	Кол.	Стоимость единицы			Общая стоимость			Т/з осм. раб. на ед.	Т/з осм. раб. Всего	Т/з мех. на ед.	Т/з мех. Всего		
					Всего	В том числе			Всего	В том числе						
						Осм.Эт	Эк.Маш	ЭтМех		Осм.Эт					Эк.Маш	ЭтМех
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>Раздел 1. Приборы и оборудование не предусмотренные расценками</b>																
1		Теплоучетчик ТЭЖОН 19	шт	2	12666,93				25333,86							
2		Расходомер Метран 300ПР	шт	2	18940,00				37880,00							
3		Расходомер Метран 370	шт	2	178000,00				356000,00							
4		Термопреобразователь Метран-2700	шт	4	7253,00				29012,00							
5			шт	0					0,00							
6			шт	0					0,00							
7			шт	0					0,00							
<b>Раздел 2. Монтажные работы</b>																
1	ТЕР65-01-01	Разборка трубопроводов из водогазопроводных труб диаметром до 52 мм	100 м трубопровод	0	481,26	405,87	6,23	1,2	0,00	0,00	0,00	0,00	34,66	0	0,1	0
2	ТЕР65-01-02	Разборка трубопроводов из водогазопроводных труб диаметром до 65 мм	100 м трубопровод	0,03	828,05	698,15	10,71	2,04	24,84	20,94	0,32	0,06	59,62	1,7886	0,17	0,0051
3	ТЕР16-06-002-1	Установка водосмерных узлов, поставленных на место монтажа сборными в блоки, без обводной линии диаметром входа до 65 мм, диаметром водосмера до 40 мм	1 узел	2	406,48	84,09	9,45	0,83	812,96	168,18	18,90	1,66	6,58	13,16	0,05	0,1
4	ТЕР16-06-002-2	Установка водосмерных узлов, поставленных на место монтажа сборными в блоки, без обводной линии диаметром входа до 100 мм, диаметром водосмера до 80 мм	1 узел	0	471,34	128,69	21,03	2,24	0,00	0,00	0,00	0,00	10,07	0	0,13	0
5	ТЕР14-01-033-2	Установка вентилей и клапанов обратных муфтовых диаметром до 32 мм	1 шт	0	15,02	13,67			0,00	0,00			1,07	0	0	0
6	ТЕР16-02-007-1	Установка фланцевых соединений на стальных трубопроводах диаметром 50 мм	1 соединени	2	122,39	13,41	4,59	0,16	244,78	26,82	9,18	0,32	0,96	1,92	0,01	0,02
7	ТЕР13-03-002-4	Огрунтовка металлических поверхностей за один раз: грунтовка ГФ-021	100 м <sup>2</sup> окрашиваемой поверхности	0,02	385,49	79,65	9,82	0,31	7,71	1,59	0,20	0,01	5,31	0,1062	0,02	0,0004
8	ТЕР16-07-005-1	Гидравлическое испытание трубопроводов систем отопления, водопровода и горячего водоснабжения диаметром: до 50 мм	100 м	0,03	106,32	82,11	13,93		3,19	2,46	0,42		5,01	0,1503		
<b>Раздел 3. Материалы, не учтенные в расценках раздела 2</b>																
1	СЦМ-300-0961	Фланцы стальные плоские приварные из стали ВСт3сп2, ВСт3сп3; давлением 1.6 Мпа (16 кгс/см <sup>2</sup> ), диаметром 32 мм	шт	0	26,31				0,00							
2	СЦМ-300-0963	Фланцы стальные плоские приварные из стали ВСт3сп2, ВСт3сп3; давлением 1.6 Мпа (16 кгс/см <sup>2</sup> ), диаметром 50 мм	шт	16	47,6				761,60							
3	СЦМ-300-1224	Крепления для трубопроводов: хромштейны, планки, хомуты	кг	40	17,02				680,80							

Раздел 3. Электромонтажные и наладочные работы																	
1	ТСЦ5-500-9013-3	Розетка РЦ-16-0-0 с заземленным штепсельным открытой ум для скрытой установки, одноместная, с тремя заземляющими контактами РЦ16	шт	0	29,09				0,00								
2	ТЕРм10-01-055-2	Прокладка кабеля и провода по стенам. Кабель масса 1м до 1кг, по стене кирпичной	100 м кабеля	1,36	1936,97	974,14	117,6	23,88	2634,28	1324,83	159,94	32,48	37,1	50,456	1,53	2,0808	
3	ТЕРм10-01-055-3	Прокладка кабеля и провода по стенам. Кабель масса 1м до 1кг, по стене бетонной	100 м кабеля	0	1000,83	334,13	133,74	27,16	0,00	0,00	0,00	0,00	42,3	0	1,74	0	
4	ТСЦ5-545-5099	Переключатели универсальные УПП-5612 У3	шт	0	72,47				0,00								
5	1517-1453-2	Выключатели, тумблеры, переключатели сетевые, концевые, розетки сетевые, концевые, розетки и др. -П1Т, ТВ, ТП, ПЕ, ВПК-2000, ВУ-212, НКР-1, НКР-2, -2000, ВУ-212А,	шт	3	23,3				75,90								
6	ТСЦ5-500-9002-1	Блок клеммов Б324-4П16	шт	2	156,56				313,12								
7	ТСЦ5-500-9632-1	Упор (рейка для установки наборных клеммов К109-1 У2 1000х32х10	шт	2	4,12				8,24								
8	17-04-11152 д.1	Термометр манометрический сигнализирующий. Термометр ТСМ-0193	шт	2	330				660,00								
9	ТЕРМ11-2-22-4	Термометру сопротивления	шт	4	57,28	38,1	8,83	1,72	229,12	152,40	35,32	6,88					
10	1517 д.7	Шкаф щита ЩШМ	шт	1	710,16				710,16								
11	ТЕРМ11-8-1-1	Присоединение к приборам электрических проводов под вант: с окончанием наконечником	100шт	0,4	224,54	160,23			89,82	64,09							
12	ТЕРМ8-3-574-1	Разводка по устройствам и подключение жил кабелей или проводов внешней сети к блокам клеммов и к клеммам аппаратов и приборов, установленных на устройствах. Кабели или провода, сечение, мм2, до 10	100шт	0,4	1128,89	234,7	2,3	0,37	451,56	93,88	0,92	0,15					
13	2405-1389	Коробки соединительные=КСК-8 ТУ36-1753-75=	шт	2	48,4				96,80								
14	ТЕРМ10-4-66-4	Коробка КСК-8	шт	2	57,66	48,04			115,32	96,08							
15	ТСЦ5-530-9013-1	Трубы ПВХ-20 мм	м	10	13,42				134,20								
16	ТЕРМ8-2-409-1	Монтаж трубы	100м	0,1	2260,28	315,35	602,91	250,7	226,03	31,54	60,29	25,07					
17	ТСЦ5-507-9001-1	Провода на напряжение с жилой жилой, марки ПВ-1 сеч. 1,5 мм2	1000м	0,01	1946,7				19,47								
18	ТСЦ5	Кабель МКЭШ 5х0,5	м	136	12,2				1659,20								
19	ТЕРМ8-2-148-1	Кабели проложенные в трубе, блоках, коробах, масса 1 м, кг, до: 1	100м	0,8	321,43	74,33	2,3	0,37	257,14	59,46	1,84	0,30					
20	ТЕРМ1-01-003-03	Автоматизированные системы управления III категории технической сложности с количеством каналов: 3 (Наладка и настройка)	СИСТ	1	1254,3				1254,30								
21	ТЕР16-07-005-01	Гидравлическое испытание трубопроводов систем отопления, водопровода и горячего водоснабжения диаметром: до 50 мм	100м	0	106,32	82,11	13,93	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00					

Итого прямые затраты по смете	48681,29	2042,28	287,32	66,92		67,38	2,21
Степенные условия ОЗП=20%,ЗМ=20%,ЗПМ=20%,ТЗ=20%,ТЗМ=20%	463,92	408,46	57,46	13,38		13,32	0,44
Указ к ТЕРм2001 п.1.13 ОЗП=15%,ЗМ=25%,ЗПМ=25%,ТЗ=15%,ТЗМ=25%	378,17	306,34	71,83	16,73		10,14	0,55
<b>ИТОГО</b>	<b>49523,39</b>	<b>2757,08</b>	<b>416,62</b>	<b>97,03</b>		<b>91,23</b>	<b>3,20</b>
Накладные расходы	3080,53						
74,00% ФОТ (от 4 206,02)	630,43						
128,00% ФОТ (от 8 691,22)	2103,32						
130,00% ФОТ (от 1 312,43)	333,93						
90,00% ФОТ (от 72,91)	12,84						
Сметная прибыль	1788,07						
30,00% ФОТ (от 4 206,02)	423,97						
83,00%*0,85 ФОТ (от 8 691,22)	1159,29						
89,00%*0,85 ФОТ (от 1 312,43)	194,32						
70,00%*0,85 ФОТ (от 72,91)	8,49						
<b>ИТОГО ПО СМЕТЕ</b>	<b>54393,99</b>						
(31 132,70 х 3,5)	462348,94						
индекс удорожания 3,278%	0						
Итого	462348,94						
нак 13%	83222,81						
<b>ВСЕГО ПО СМЕТЕ</b>	<b>545571,75</b>						