

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Филиал Федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
в г. Нижневартовске

Кафедра «Информатика»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
И.о.зав.кафедрой «Информатика»  
к.ф-м.н, доцент

\_\_\_\_\_  
/А.В.Ялаев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

## Информационная измерительная система блока вычисления расхода

### ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ ЮУрГУ-12.03.01. 2018.448.ПЗ ВКР

Консультанты  
Экономическая часть

к.э.н., доцент

\_\_\_\_\_  
/А.В.Прокопьев/

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018г.

Безопасность жизнедеятельности  
к.ф-м.н доцент

\_\_\_\_\_  
/А.В.Ялаев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.  
\_2018г.

Руководитель работы

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_  
/Д.В.Топольский/

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор работы  
обучающийся группы НвФл-431

\_\_\_\_\_  
/С.А.Петров/

«\_\_» \_\_\_\_\_

Нормоконтролер

старший преподаватель

\_\_\_\_\_  
/Л.Н.Буйлушкина/

«\_\_» \_\_\_\_\_  
2018г.

Нижневартовск 2018

## АННОТАЦИЯ

Петров С.А., Информационная измерительная система блока вычисления расхода. – Нижневартовск: филиал ЮУрГУ, Информатика: 2018, 76 с., 21 ил., 9 табл., библиогр. список – 25 наим.

Целью выпускной квалификационной работы является модернизация информационной измерительной системы контроля расход газа в трубопроводе.

Выпускная квалификационная работа содержит аналитический обзор методов измерения расхода газа, применяемых в промышленности, выбор средства измерения расхода газа, сравнение отечественных и зарубежных вычислителей расхода, модернизацию информационной измерительной системы, расчет экономической эффективности модернизации, данные о соответствии модернизации требованиям по безопасности.

Внедрение разработанной информационной измерительной системы в технологический процесс нефтяных производств позволит существенно сократить расходы на техническое обслуживание.

<i>12.03.01.2018.448.ПЗ</i>				
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>
<i>Разработал</i>		<i>Петров С.А.</i>		
<i>Проверил</i>		<i>Топольский Д.В.</i>		
<i>Н.контр.</i>		<i>Буйвикина Л.Н.</i>		
<i>Утвердил</i>		<i>Ялаев А.В.</i>		
<i>Информационная измерительная система блока вычисления расхода</i>				
		<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
		<i>В</i>   <i>К</i>   <i>Р</i>	5	76
<i>Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Нижневартовске кафедра «Информатика»</i>				

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР .....	9
1.1 Методы измерения расхода газа .....	9
1.2 Средства измерения расхода газа.....	15
1.3 Сравнение отечественных и зарубежных вычислителей расхода.....	25
1.4 Описание характеристики блока БВР.М.....	39
2 РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ БЛОКА БВР.М .....	45
2.1 Структурная схема.....	45
2.2 Функциональная схема .....	46
2.3 Принципиальная схема .....	49
2.4 Расчет погрешности измерительного канала.....	50
2.5 Разработка блок-схемы описание алгоритма.....	51
3 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	53
3.1 Расчет затрат на реализацию модернизации на предприятии .....	53
3.2 Экономическое обоснование работы.....	57
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	67
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	69
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	72
ПРИЛОЖЕНИЕ А. АЛГОРИТМ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА.....	72
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА.....	73
ПРИЛОЖЕНИЕ В. КОМПАКТ-ДИСК .....	2

## ВВЕДЕНИЕ

Добыча газа в Российской Федерации оказывает значительное влияние на поддержание и развитие отечественной экономики. Страна занимает лидирующее место по запасам этого топлива во всем мире.

На сегодняшний день добыча газа в Российской Федерации имеет важнейшее значение, как для решения внутренних производственных задач, так и для пополнения казны государства за счет реализации этого сырья на международном рынке.

В то время как, в стране существует большое количество газовых месторождений, также идет активное развитие в плане создания новых газопроводов.

Потребление газа осуществляется во многих отраслях промышленности. Без расходомеров нельзя обеспечить управление и оптимизацию технологических режимов в энергетике, металлургии, нефтяной, газовой, целлюлозно-бумажной, пищевой и во многих других отраслях промышленности. Без этих приборов невозможны и автоматизация производствами достижение максимальной ее эффективности.

В газовой промышленности измерение расхода сводится к проблеме так называемого учета газа. Целью данных измерительных процессов является определение объемов природного газа, проходящего через участников системы газораспределения для проведения взаимных расчетов.

Главными проблемами учета природного газа являются точность учета и обеспечение совпадения результатов измерений на узлах учета поставщика и потребителей: приведенный к стандартным условиям объем газа, отпущенный поставщиком, должен быть равен сумме приведенных к стандартным условиям объемов газа, полученных всеми потребителями. Последняя задача называется сведением балансов в пределах устойчивой структуры газораспределения.

Целью данной выпускной квалификационной работы является: увеличение функциональности вычислительного блока.

Задачи выпускной квалификационной работы:

1. Провести сравнение отечественных и зарубежных аналогов вычислителей расхода.
2. Разработать структурную схему.
3. Разработать функциональную схему.
4. Разработать принципиальную схему.
5. Рассчитать погрешность измерительного канала
6. Разработать алгоритм работы измерительного канала.
7. Разработать раздел организационно-экономический.
8. Разработать раздел безопасность жизнедеятельности.

# 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

## 1.1 Методы измерения расхода газа

В газовой промышленности одной из важнейших задач является измерение расхода газа. Система учета количества газа невозможна без средств измерения расхода, основанных на различных методах измерения расхода. Хотя, в настоящее время средства измерения расхода газа хорошо развиты, но тем не менее применяемые методы не без недостатков, а к предлагаемым современным методам специалисты на производстве относятся с осторожностью.

Существуют следующие методы измерений;

- объемный метод;
- метод переменного перепада давления (дросселирующие устройства и расходомеры обтекания);
- метод скоростного напора (напорные трубки);

Также одновременно предпринимаются попытки реализации новых методов измерения: вихревой, ультразвуковой, кориолисовый и других.

На объектах газовой промышленности расход газа измеряют в основном методом переменного перепада давления, основанный на дросселированные, т.е. сужении потока вещества, движущегося по трубопроводу. Сужение потока приводит к возрастанию средней скорости потока, а, следовательно, к увеличению его кинетической энергии и уменьшению потенциальной согласно закону сохранения энергии. Соответственно статическое давление в месте сужения уменьшается и возникает разность (перепад) давлений потока до сужения и в суженном сечении. Измерение расхода сводится к измерению перепада, связанного со скоростью потока жидкости или газа. Для образования переменного перепада давления, пропорционального скорости потока, применяют напорную трубку, трубку (сопло) Вентури, сопло и диафрагму.

При объемном методе измерения применяются мембранные (лопастные, диафрагменные), ротационные, тахометрические (турбинные), акустические и вихревые.

Суть метода основана на измерении объема вытесненного газа в соответствующих камерах, устанавливаемых в газопровод. Замеры исчисляются в количестве циклов вытесненного газа. Метод может быть действительным при давлении в трубе до 1 МПа, температуры среды, не превышающей 15 градусов по Цельсию, и диаметре трубопровода в 1,5 – 3 см. [5].

Главным достоинством, многократно перекрывающим изъяны и сделавшим данный метод измерения самым распространенным по количеству установленных приборов, является то, что это единственный метод, обеспечивающий прямое, а не косвенное измерение объема проходящего газа. Кроме этого, нужно отметить полную нечувствительность к любым искажениям эпюр скоростей потока на входе и выходе, что позволяет отказаться от прямых участков и резко сократить габариты

Метод скоростного напора – скоростные счетчики основаны на суммировании числа оборотов помещенного в поток вращающегося элемента за определенный промежуток времени. Вращающийся элемент приводится в движение за счет кинетической энергии самого потока. Скорость вращения пропорциональна средней скорости протекающей жидкости и газа, а, следовательно, и расходу.

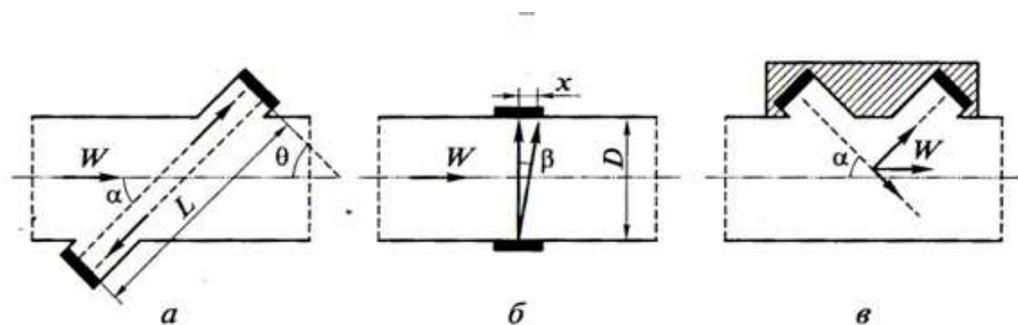
При реализации ультразвукового метода измерение расхода можно свести к определению разности времени излучения и приема сигналов, разности фаз и разности частот при прохождении ультразвуковых волн (частотой выше 15 кГц) вдоль и против направления движущегося потока.

Существует три метода измерения расхода вещества с помощью ультразвука:  
1) по разности времен распространения ультразвуковых каналов (далее – УЗК), направленных по потоку и против него;

2) по степени отклонения УЗК, направленных перпендикулярно к потоку, от первоначального направления;

3) метод, основанный на эффекте Доплера (доплеровские расходомеры). В качестве излучателей-приемников УЗК во всех методах используются пьезоэлектрические преобразователи.

В первом методе излучатели (они же являются и приемниками) УЗК располагаются диаметрально противоположно с внешней стороны трубопровода таким образом, чтобы их плоскости были расположены под некоторым углом  $\theta$  к оси трубы (Рисунок 1.1, а).



а – основанные на измерении разности времен распространения УЗК, направленных по потоку и против него; б – основанные на измерении степени отклонения УЗК, направленных перпендикулярно к потоку, от первоначального направления; в – доплеровские расходомеры;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\theta$  – углы;  $W$  – скорость движения вещества;  $L$  – расстояние между пьезоэлементами;  $D$  – диаметр трубы;  $x$  – линейное отклонение луча на приемном пьезоэлементе

Рисунок 1.1 – Ультразвуковые расходомеры

УЗК под углом  $\alpha = 90^\circ - \theta$  к оси трубопровода проходят в измеряемом веществе путь длиной  $L$ . Если  $W$  – скорость движения вещества,  $c$  – скорость распространения УЗК в неподвижном измеряемом веществе, то значения времени прохождения УЗК указанного пути по направлению движения потока  $t_1$  и против него  $t_2$  будут равны соответственно (формула 1):

$$t_1 = \frac{L}{c + W \cos \alpha}, t_2 = \frac{L}{c - W \cos \alpha}. \quad (1)$$

Тогда разность  $\Delta t = t_2 - t_1$  запишется следующим образом (формула 2):

$$\Delta t = \frac{2LW \cos \alpha}{c^2 - W^2 \cos^2 \alpha}. \quad (2)$$

Таким образом, разность зависит от скорости движения вещества, следовательно, от объемного расхода. Она может быть измерена одним из трех способов:

- 1) время-импульсным, основанным на измерении собственно  $\Delta t$ ;
- 2) фазовым, при котором измеряется разность фазовых сдвигов УЗК, направленных по потоку и против него;
- 3) частотным, при котором измеряется разность частот повторения коротких импульсов или пакетов УЗК, направленных по потоку и против него. Последний метод получил наибольшее распространение.

Во втором методе измерения расхода вещества с помощью ультразвука УЗК излучает лишь один пьезоэлемент, а воспринимаются они одним или двумя пьезоэлементами (см. рисунок.1.1,б). Угол отклонения УЗК от перпендикулярного направления  $\beta$  определяется уравнением (формула 3):

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{x}{D} = \frac{W}{c}, \quad (3)$$

где  $x$  — линейное отклонение луча на приемном пьезоэлементе;

$D$  — диаметр трубы. (формула 4):

Следовательно,

$$x = \frac{WD}{c} \quad (4)$$

т.е. линейное отклонение пропорционально скорости, или объемному расходу.

Величина линейного отклонения определяется, по выходному сигналу усилителя, на который поступает сигнал с приемного пьезоэлемента. При одном приемном пьезоэлементе количество акустической энергии, поступающей на него, будет уменьшаться с ростом скорости, и выходной сигнал усилителя будет падать. Поэтому используется схема с двумя приемными пьезоэлементами, расположенными симметрично относительно излучателя, так как в этом случае выходной сигнал дифференциального усилителя возрастает с ростом скорости потока.

Третий метод измерения расхода вещества с помощью ультразвука основывается на зависимости от расхода доплеровской разности частот, возникающей при отражении УЗК от неоднородностей потока. В соответствии с этим методом излучатель и приемник УЗК размещают на одной стороне трубопровода (см. рисунок. 1.1, в).

Доплеровская разность  $\Delta f$  исходной  $f_1$  и отраженной  $f_2$  частот УЗК определяется выражением (формула 5):

$$\Delta f = f_1 - f_2 = \frac{2f_1 W \cos \alpha}{c} \quad (5)$$

т. е. доплеровская разность частот пропорциональна скорости, или объемному расходу.

Сигнал с приемного пьезоэлемента поступает на фильтр-выпрямитель, далее на усилитель и, наконец, на измеритель доплеровского сдвига частот.

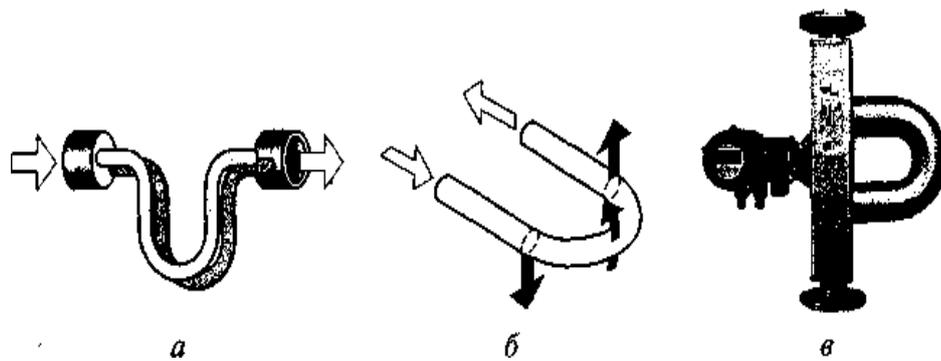
Достоинством ультразвуковых расходомеров является возможность установки прибора на трубопроводах диаметром от 10 мм и более, а также измерение расхода любых жидких сред, в том числе неэлектропроводных. Недостатки: необходимость индивидуальной градуировки; зависимость от

профиля скоростей, который меняется с изменением расхода; влияние на показания изменений физико-химических свойств вещества и его температуры, от которых зависит скорость ультразвука [5].

Кориолисовый метод измерения расхода. Принцип действия кориолисовых расходомеров основан на обеспечении условий возникновения в трубопроводах с потоком газа силы Кориолиса, которая пропорциональна массовому расходу газа, с последующим преобразованием этой силы в деформацию, временной интервал или разность фаз двух сигналов.

Сила Кориолиса действует на тела, которые участвуют одновременно в двух движениях: вращательное движение и прямолинейное движение, в частности по радиусу вращательного движения. Направление силы Кориолиса зависит от направления прямолинейного движения: если оно направлено по радиусу от центра вращательного движения, сила Кориолиса направлена против направления вращения, а если прямолинейное движение направлено к центру, эта сила направлена по направлению вращательного движения. Сила Кориолиса лежит в плоскости вращательного движения и перпендикулярна к скорости прямолинейного движения.

Вибрирующую часть трубопровода обычно выполняют в виде U-образной трубки, концы которой жестко закреплены (Рисунок 1.2, а). Поток газа втекает в точке крепления во входную трубку, а после изгиба трубки вытекает по выходной трубке также в точке крепления.



*а* – чувствительный элемент; *б* – силы, действующие на трубку; *в* – внешний вид

Рисунок 1.2 – Расходомер Кориолиса

Помимо расходомеров с изогнутыми трубками выпускаются расходомеры с прямыми трубками, которые работают по тому же принципу. В первой половине расходомера жидкость разгоняется под воздействием собственной инерции, а затем снижает скорость в его второй половине. Инерция газа создает силу Кориолиса, которая незначительно искривляет измерительную трубку. Степень искривления пропорциональна массовому расходу. Для определения степени искривления также используются датчики положения. Кориолисовые расходомеры используются для измерения расхода жидкостей и газов на трубопроводах диаметром, как правило, до 60 мм.

## 1.2 Средства измерения расхода газа

Средства измерения, определяющие количество вещества, протекающего через поперечное сечение трубопровода за определенный промежуток времени, называются расходомерами. [1]

Одним из наиболее распространенных средств измерений расхода жидкостей и газов, протекающих по трубопроводам, являются расходомеры переменного перепада давления (дрессельные), на сужающем устройстве. В трубопроводе устанавливается сужающее устройство. При протекании измеряемого потока

через отверстие этого устройства скорость потока увеличивается по сравнению со скоростью до сужения. Благодаря этому давление потока на выходе из сужающего устройства уменьшается, и на нем создается перепад давления, который зависит от скорости в сужении, т. е. от расхода потока. На рисунке. 1.3 показаны схема дроссельного расходомера и график изменения давления по длине трубопровода.

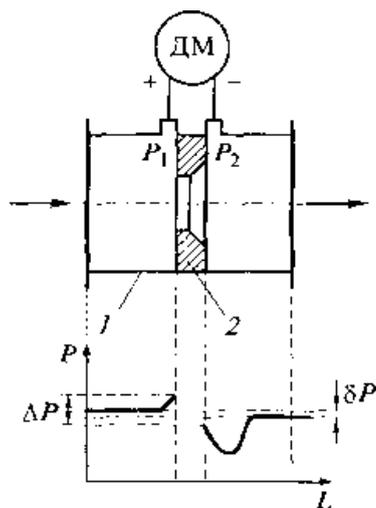


Рисунок 1.3 – Дроссельный расходомер и график изменения давления по длине трубопровода: 1 – отрезок трубопровода; 2 – сужающее устройство

Измеряемая среда протекает через отрезок трубопровода, в котором установлено сужающее устройство 2. На рисунке. 1.3. видно, что давление среды  $P$  непосредственно перед сужающим устройством несколько возрастает  $P_1$  и затем после него падает  $P_2$ , далее достигает минимума и снова возрастает. Перепад давления на сужающем устройстве ( $\Delta P = P_1 - P_2$ ) измеряется дифманометром (ДМ). Также можно увидеть, что установившееся значение давления после сужающего устройства не достигает своего первоначального значения. Эта потеря давления  $\delta P$ , называемая безвозвратной потерей давления, связана с затратой части энергии потока на вихреобразование за сужающим устройством и на трение.

Для объемного  $Q$  и массового  $G$  расходов среды, протекающей через сужающее устройство, имеет вид (формула 6):

$$Q = \alpha \varepsilon \pi d^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{8\rho}} = \alpha \varepsilon F_0 \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}};$$

$$G = \alpha \varepsilon \pi d^2 \sqrt{\frac{\rho \Delta P}{8}} = \alpha \varepsilon F_0 \sqrt{2\rho \Delta P},$$
(6)

где  $a$  – коэффициент расхода;

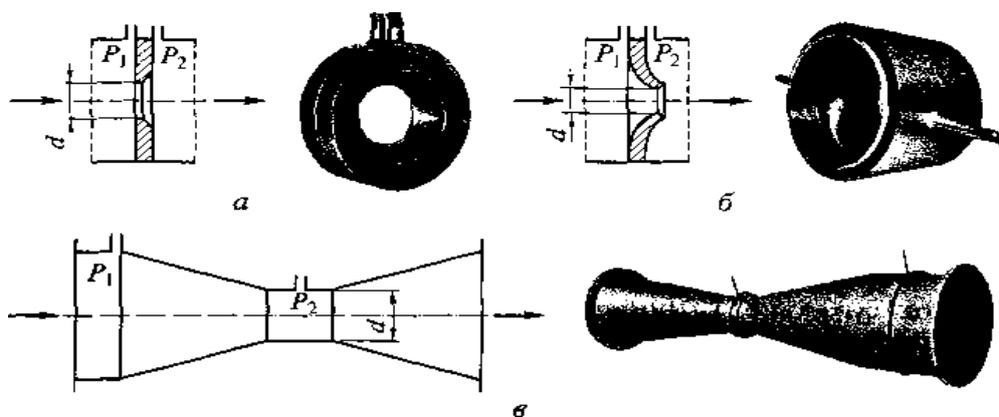
$e$  – поправочный множитель на расширение измеряемой среды (для сжимаемых сред  $s < 1$ , а для несжимаемых  $e = 1$ );

$d$  – диаметр входного отверстия сужающего устройства;

$\Delta P = P_1 - P_2$  – разность давлений до и после сужающего устройства;

$\rho$  – плотность среды;

$F$  – площадь сечения входного отверстия сужающего устройства.



А – диафрагма; б – сопло; в – труба Вентури;  $d$  – диаметр входного отверстия сужающие устройство (далее СУ);

$P_1, P_2$ , – значения до и после СУ,

Рисунок 1.4 – Стандартные сужающие устройств

В дроссельных расходомерах в качестве сужающих устройств используются диафрагмы (Рисунок 1.4, а), сопла (см. рисунок 1.4, б), трубы Вентури (см. рисунок 1.4, в) и различные их модификации. Характерной

особенностью сопл и труб Вентури является меньшая, чем для диафрагм, безвозвратная потеря давления.

К достоинствам переменного перепада давления расходомеров следует отнести простоту конструкции преобразователя расхода и возможность поверки бес проливным методом, т. е. при отсутствии расходомерных стендов. Данная возможность обусловлена наличием наиболее полной научно-технической, в том числе стандартизированной информации по данному методу измерения.

Недостатками являются, во-первых, малый диапазон измерения (ранее не превышающий значения 1:3, а в настоящее время, с появлением многопредельных интеллектуальных датчиков давления, увеличившийся до 1:10).

Во-вторых, высокая чувствительность к неравномерности эпюры скоростей потока на входе в СУ (диафрагму), обусловленной наличием в подводящем и/или отводящем трубопроводах гидравлических сопротивлений (запорной арматуры, регуляторов, фильтров, колен и т. д.). Данное обстоятельство определяет необходимость наличия перед указанными СУ прямых участков длиной не менее 10 диаметров условного прохода ( $D_u$ ) трубопровода. Например, при установке СУ после гидравлических сопротивлений, таких как не полностью открытый вентиль, прямой участок перед СУ достигает длины 50  $D_u$  и более).

Вихревой расходомер. Существует несколько разновидностей вихревых расходомеров, наиболее распространенными из которых являются расходомеры, имеющие в первичном преобразователе неподвижное тело, при обтекании которого с обеих его сторон попеременно возникают срывающиеся вихри, создающие пульсации давления (Рисунок 1.5).

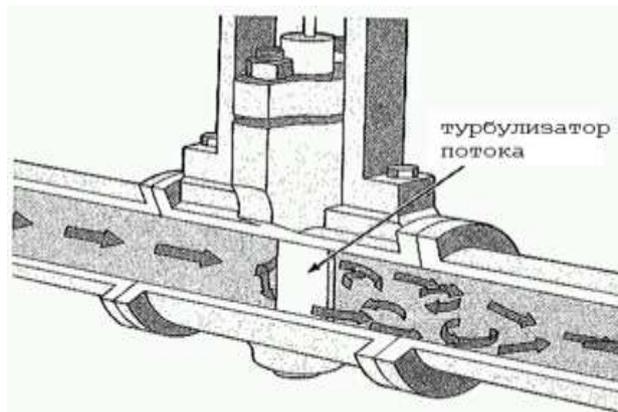


Рисунок 1.5 – Схема вихревого расходомера

Вихревой расходомер – это стандартный расходомер, в основе работы которого лежит измерение скорости движения потока. Этим расходомерами можно измерять расход потока таких сред, как пар или газ с твердыми частицами во взвешенном состоянии. В конструкции у вихревых расходомеров отсутствуют подшипники или двигающиеся рабочие детали, которые могут повреждаться из-за попадания твердых частиц.

Название вихревой расходомер происходит от слова вихрь. Вихревое движение или движение с завихрениями возникает тогда, когда на пути движущегося потока помещают какой-либо объект. То, как часто формируются завихрения зависит непосредственно от скорости потока. Чем выше скорость потока движущейся среды, тем больше количество завихрений, формирующихся за определенный промежуток времени.

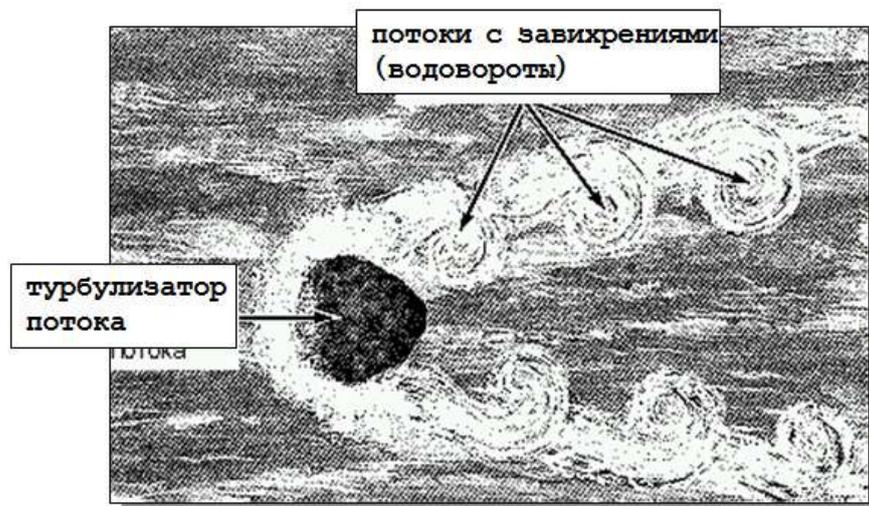


Рисунок 1.6 – Пример потока с завихрениями

Для того, чтобы получить завихрения, в центре расходомера помещают плохообтекаемый предмет, называемый турбулизатором потока. Форма типовых турбулизаторов потока обычно треугольная.

Поток обходит острые выступы турбулизатора, формируя завихрения. Область низкого давления, образующаяся в центре каждого завихрения, способствует дальнейшему созданию силового напряжения, воспринимаемого турбулизатором. До формирования первого завихрения давление по обе стороны турбулизатора одинаково, но в результате формирования завихрения с одной стороны турбулизатора образуется область низкого давления, а наличие областей низкого и высокого давления в месте установки турбулизатора приводит к появлению режима перепада давления. В результате режима перепада давления турбулизатор потока оказывается под воздействием силового напряжения то с одной, то с другой стороны, в соответствии с переменной последовательностью формирования завихрений. Другими словами, нагрузка или напряжение воспринимается турбулизатором потока то с одной, то, с другой стороны (Рисунок 1.7).

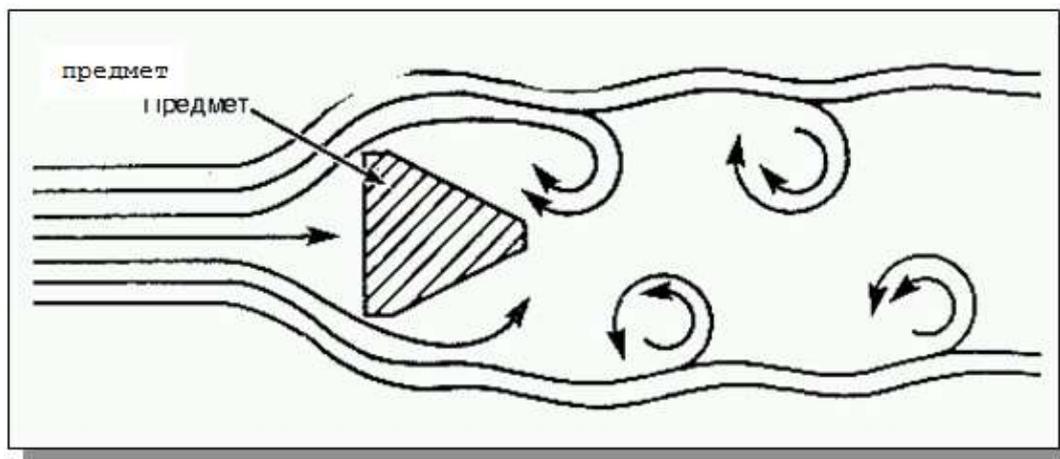


Рисунок 1.7 – Переменное чередование завихрений

В вихревом расходомере имеются датчики, которые реагируют на это напряжение, считывая любое отклонение турбулизатора в результате воздействия завихрений. Выходной сигнал датчиков – это сигнал небольшого напряжения, который представляет собой частоту формирования завихрений, чья величина прямо пропорциональна расходу потока. Сигнал напряжения передается на другое устройство со стрелкой или каким-либо другим визуальным индикатором, который выдает показания расхода потока газа, проходящих через расходомер.

Работу вихревого расходомера могут нарушать акустические и вибрационные помехи, создаваемые насосами, компрессорами, вибрирующими трубами и т.п.

Влияние частоты вредных вибрации устраняется с помощью электрических фильтров. К достоинствам вихревых расходомеров относится отсутствие подвижных частей, независимость показаний от давления и температуры и высокая точность, а к недостаткам – значительная потеря давления, непригодность применения при малых скоростях потока и возможность применения на трубопроводах диаметром от 25 до 300 мм.

К вихревым расходомерам относятся следующие виды приборов: ЭМИС – ВИХРЬ 200, DVH-R , DVE-R, Ирга-РВ, EMERSON, СВГ.М и др. Они

предназначены для измерения расхода газов, насыщенного и перегретого пара, жидкостей (в том числе для агрессивных и криогенных сред)



Рисунок 1.8 – Вихревой расходомер EMERSON

Ультразвуковые расходомеры – это средства измерения, основанные на измерении зависящего от расхода эффекта, возникающего при прохождении акустических колебаний через поток жидкости или газа. Все применяемые акустические расходомеры работают в ультразвуковом диапазоне частот и поэтому называются ультразвуковыми.

В настоящее время используются две разновидности ультразвуковых расходомеров: расходомеры, основанные на перемещении ультразвуковых колебаний движущейся средой и доплеровский. Наибольшее распространение получили расходомеры, основанные на измерении разности времен прохождения акустических колебаний по потоку и против него. Ультразвуковые расходомеры, основанные на явлении Доплера, предназначены в основном для измерения местной скорости, но они находят также применение и для измерения расхода [2].

Достоинством ультразвуковых расходомеров является их наибольшая перспективность в коммерческом учете газа. Ранее их применение сдерживалось высокой стоимостью изготовления и недостаточной надежностью электронного

блока. В настоящее время с развитием микроэлектроники данный недостаток постоянно снижается. Приборы этого типа не имеют ни подвижных частей, ни частей, выступающих в поток. В результате чего, они практически не создают дополнительных потерь напора и могут потенциально иметь весьма высокую надежность. Также они могут обеспечивать измерения в широком диапазоне изменения расхода газа и быть энергонезависимыми, т. е. длительное время работать от встроенного автономного источника питания.

К ультразвуковым средствам измерения относятся следующие виды приборов:

«ИРГА – РУ», ИРВИС-РС4, ИРВИС, OPTISONIC 4400, Krohne Altosonic V12 и др. Они предназначены для измерений объема и объемного расхода газов (природный газ, воздух, азот, кислород, водород, попутный нефтяной газ, коксовый газ и т.п.).



Рисунок 1.9 – Ультразвуковой расходомер «ИРГА - РУ»

Кориолисовые расходомеры – приборы, использующие эффект Кориолиса для измерения массового расхода жидкостей, газов. [1]

Данная технология измерения уникальна, так как это единственный способ измерить одновременно многочисленные технологические параметры в

трубопроводе, такие как массовый расход, объемный расход, плотность, температура и даже вязкость.

Преимущества: высокая точность (менее 0,1%), Прямое измерение массового расхода среды с высокой точностью без дополнительных вычислений Измерение плотности среды и температуры среды в одном приборе Отсутствие необходимости в прямолинейных участках трубопровода Высокая надежность, благодаря отсутствию движущихся, изнашивающихся или ломающихся частей. Недостатки: сложная конструкция, высокая стоимость.

К кориолисовым расходомерам относятся следующие виды расходомеров: ЭМИС-МАСС 260, ЭЛМЕТРО-Фломак, KROHNE и др.

«ЭЛМЕТРО-Фломак» предназначен для измерения массового и объемного расхода, количества жидкостей и газов, их температуры и плотности и передачи полученной информации для технологических целей и учетно-расчётных операций.

KROHNE кориолисовый расходомер используются при измерении массового расхода, температуры, плотности вещества, измерении объемного расхода жидкостей и газов. Измерения происходят в реальном времени без дополнительного оборудования.

ЭМИС-МАСС 260 Расходомер предназначен для измерения массового и объемного расхода, плотности, массы и объема жидкостей и газов, и использования полученной информации для технологических целей и учетно-расчетных операций. Также расходомер предназначен для работы во взрывобезопасных и взрывоопасных условиях.



Рисунок 1.10 – Кориолисовый расходомер ЭМИС-МАСС 260

### 1.3 Сравнение отечественных и зарубежных вычислителей расхода

В газовой промышленности одной из важных задач на производстве является измерение и учет количества, транспортируемого природного и нефтяного попутного газа. [11]

В составе узлов учета различных веществ кроме первичных преобразователей применяются устройства, осуществляющие преобразование измеренного параметра в расход вещества в нормальных (стандартных) условиях. Это блоки вычисления расхода, или вычислители. К данной категории относятся зарубежные и отечественные вычислители расхода жидкости и газа моделей 7950, 7951, 7955, FloBoss™ S600+, FloBoss™ 103 Flow Manager, FloBoss™ 107 Flow Manager, УВП-280, УПВ 280А.01 СПГ 761, ИМ 2300, Гамма 9, БКТ.М, БВР.М и др.

Они предназначены для измерения и преобразования входных сигналов от измерительных преобразователей расхода, перепада давления, температуры, давления, плотности, вязкости и других параметров газов и жидкостей; вычисления объемного и массового расхода природных газов и жидкостей; формирования архивной базы данных по учету газов и жидкостей; передачи

результатов вычисления на индикацию, в виде отчетов на принтер, на РС или модем, а также в форме аналоговых, импульсных, релейных и кодовых сигналов на другие устройства, могут применяться в составе устройств коммерческого учета газа (в том числе природного) и жидкостей (в том числе нефти и нефтепродуктов), систем контроля и управления технологическими процессами на объектах энергетики, систем газоснабжения, нефтяной, нефтехимической, химической и других отраслях промышленности [14].

Для сравнения рассмотрим принципы работы отечественных и зарубежных вычислителей расхода и расходомеров.

Вычислители расхода жидкости и газа моделей 7950, 7951, 7955 выпускается по технической документации фирмы-изготовителя «Mobrey Measurement», Великобритания, являются вторичными преобразователями собирают первичные данные непосредственно от расходомеров, плотномеров, датчиков температуры, давления и дифференциального давления, влагомеров и осуществляют мониторинг и управление локальной технологической установкой системы измерения расхода и предназначены для:

- измерения и преобразования входных сигналов от измерительных преобразователей расхода, перепада давления, температуры, давления, плотности, вязкости и других параметров газов и жидкостей;
- вычисления объемного и массового расхода природных газов и жидкостей;
- формирования архивной базы данных по учету газов и жидкостей;
- передачи результатов вычисления на индикацию, в виде отчетов на принтер, на РС или модем, а также в форме аналоговых, импульсных, релейных и кодовых сигналов на другие устройства.

Вычислители могут применяться в составе устройств коммерческого учета газа (в том числе природного) и жидкостей (в том числе нефти и нефтепродуктов), систем контроля и управления технологическими процессами на объектах энергетики, систем газоснабжения, нефтяной, нефтехимической, импульсных и релейных сигналов, а также каналы связи RS232/RS485 для кодовых сигналов.

Вычислители используются в комплекте со следующими устройствами: - измерительные преобразователи с аналоговыми выходными сигналами постоянного тока;

- термо преобразователи сопротивления;
- измерительные преобразователи с импульсными выходными сигналами;
- измерительные преобразователи с частотными выходными сигналами;
- устройства контроля и управления технологическими процессами, использующие каналы стандартных аналоговых, импульсных, релейных сигналов, а также каналы связи RS232/RS485.

Вычислители периодически выполняют опрос входных каналов, преобразование входных сигналов от первичных преобразователей в измерительную информацию по параметрам анализируемых сред (газов и жидкостей), вычисление объемного и массового расхода, объема и массы учитываемой среды по алгоритму, который соответствует требованиям по учету конкретной среды, а также архивацию учетных данных и связь с другими устройствами узлов учета.

Вычислители, в зависимости от состава и конфигурации узлов учета жидкостей и газов, на которых они могут быть использованы, различаются по моделям и исполнению программного обеспечения:

- модель 7950 – для учета газов или жидкостей, протекающих по одному трубопроводу;
- модель 7951 – для учета газов, протекающих по одному или двум трубопроводам, и для учета жидкостей, протекающих по одному трубопроводу, с возможностью градуировки преобразователя расхода (счетчика) жидкости с помощью трубопоршневых рабочих эталонов расхода жидкости (пруверов) и эталонных счетчиков (мастер-счетчиков);
- модель 7955 – для учета газов и жидкостей, протекающих по нескольким (не более четырех) трубопроводам, с возможностью градуировки преобразователя

расхода (счетчика) жидкости с помощью трубопоршневых рабочих эталонов расхода жидкости (пруверов) и эталонных счетчиков (мастер-счетчиков);

Вычислители предназначены для эксплуатации во взрывобезопасных зонах.

Основные технические характеристики:

– модели 7950 7951 7955 Предел основной приведенной погрешности при преобразовании входного аналогового сигнала постоянного тока (от 4 до 20 мА и от 0 до 20 мА ) к полной шкале,  $\% \pm 8 \cdot 10^{-3}$ ;

– время опроса на канал, мс 60;

– предел допустимой основной абсолютной погрешности при преобразовании входного сигнала сопротивления с номинальной статической характеристикой типа (PtlOO), приведенной к температуре,  $C \pm 5 \cdot 10^{-2}$ ;

– диапазон частот входных импульсных сигналов, Гц 0-4000;

– диапазон преобразования периода времени между импульсами входного частотного сигнала, мкс 100-5000;

– предел допустимой основной абсолютной погрешности при преобразовании периода времени между импульсами входного частотного сигнала, мкс  $\pm 3 \cdot 10^{\wedge}$ ;

– предел допустимой основной абсолютной погрешности вычислителя при измерении времени,  $\% . \pm 30$ нс;

– выходные аналоговые сигналы постоянного тока, мА. 4 . . . 20;

– максимальная частота выходных импульсных сигналов, Гц 10;

– напряжение питания переменного тока с частотой  $(50 \pm 1)$  Гц, В 90 - 265  
напряжение питания постоянного тока, В 21-30;

– потребляемая мощность, Вт 25 35 . . . 40;

– диапазон рабочих температур, C 0... .+50;

– температура хранения, C -20. .. +70;

Взрывозащита Защита корпуса:

– габариты, не более, мм 320x300x130 101x197x257 101x197x257;

– масса, не более, кг 4,5 2,5 3,5;

– количество каналов для различных моделей и исполнений вычислителей  
виды каналов виды сигналов 7950 7951 7955;

– входные каналы Аналоговые 4(8) 4(10) 16;

– сопротивления 4\* 4\* 4\*;

– импульсные 1\* 2\* 5;

– частотные 4\* 4\* 4;

– релейные (состояния) 8 10(18) 24;

– каналы связи RS232/RS 485 2 1 1 RS232/RS 485 1 2 2(4);

Примечания: 1. – входные каналы сигналов «сопротивление» могут быть перенастроены на прием взамен каналов аналогового типа.

2. Дополнительно имеется возможность установить плату для связи по HART-протоколу (7950, 7951 – два контура для связи с измерительными преобразователями с выходными сигналами по HART-протоколу, 7955 – четыре контура для связи с измерительными преобразователями с выходными сигналами по HART – протоколу) [15].

Вычислитель расхода FloBoss™ 107 Flow Manager изготовитель: Фирма «Emerson Process Management/Fisher Controls International, Inc./Remote Automation Solutions», США.

FloBoss 107 рассчитан на работу с разным числом трубопроводов (один или несколько), а также с различным количеством точек ввода-вывода. Эта модель является идеальным выбором для решения различных задач, предполагающих измерение расхода природного газа, включая, например, следующие:

– коммерческий учет;

– измерение и регулирование в составе устьевого оборудования скважины;

– контроль давления закачки;

– контроль расхода газового топлива компрессора;

– контроль расхода газов в промышленности;

– контроль расхода газов в коммерческих организациях.

Вычислитель FloBoss 107 обладает точным расчетом расхода по стандарту AGA, сохранение архивных данных, поддержка большого числа протоколов обмена данными, малая потребляемая мощность, поддержка контуров с ПИД-регулированием, работа с таблицами последовательности функций (FST) и возможность эксплуатации при крайне высоких и низких температурах.

Особенности и преимущества;

- работа с сенсорами переменного перепада давления и импульсными измерительными приборами на 1-4 трубопроводах;
- возможность расширения ввода-вывода – 6 точек на модуле ЦП (устанавливается по дополнительному заказу) и до 6 модулей ввода-вывода;
- настройка скорости работы для оптимизации энергопотребления;
- сохранение данных в стандартном и дополнительном архиве;
- защита стороны периферийного оборудования от импульсных помех и короткого замыкания;
- локальное хранение результатов контроля, измерений и расчетов;
- локальное управление периферийным оборудованием, включая клапаны и электродвигатели;
- локальный и дистанционный обмен данными;
- высокий уровень защиты данных;
- батарея для резервного электропитания памяти и конденсатор большой емкости для обеспечения сохранности данных и конфигурационной информации и обеспечения работоспособности прибора в случае длительного простоя;
- принцип действия контроллеров основан на измерении и преобразовании сигналов ультразвуковых объемных расходомеров, потокового газового хроматографа, измерительных преобразователей давления и температуры в информацию об измеряемых параметрах газа с последующим вычислением расхода и количества газа и представлением информации на дисплее контроллера, подключенном принтере или на дисплее подключенного персонального компьютера.

По измеренным значениям расхода, температуры, давления и введенным или измеренным значениям компонентного состава, контроллер автоматически рассчитывает объемный расход (объем) газа, приведенный к стандартным условиям в соответствии с ГОСТ 2939-63.

Контроллеры обеспечивают выполнение следующих функций:

- измерение, преобразование и регистрация входных аналоговых сигналов силы постоянного тока от 4 до 20 мА, дискретных и цифровых сигналов;
- управление и обмен данными с подчиненными устройствами по цифровым каналам связи (газовый хроматограф);
- вычисление объемного расхода (объема) газа, приведенного к стандартным условиям по ГОСТ 2939-63;
- вычисление коэффициента сжимаемости природного газа по ГОСТ 30319.2-96 (модифицированный метод NX19 мод., модифицированное уравнение состояния GERG-91 мод. и уравнение состояния AGA8-92DC (МИ 3466-2015), уравнение состояния ВНИЦ СМВ);
- вычисление коэффициента динамической вязкости и показателей адиабаты газа по ГОСТ 30319.1-96.

Также контроллеры реализуют:

- хранение архивов измеренных и вычисленных параметров;
- ведение журналов событий и журналов нештатных ситуаций;
- непосредственный ввод данных о компонентном составе газа от хроматографа;
- многоканальное ПИД регулирование;
- вывод информации на принтер и передачу ее по различным интерфейсам связи;
- сигнализацию при отказе первичных преобразователей (датчиков) или при выходе измеряемых параметров за установленные пределы;
- энергонезависимое хранение информации и работу часов реального времени.

Общий вид контроллера приведен на рисунке 1.11



Рисунок 1.11 – Контроллер

Программное обеспечение ( далее – ПО):

ПО контроллеров (FloBoss 107) обеспечивает реализацию функций контроллеров.

Защита ПО контроллеров от непреднамеренных и преднамеренных изменений и обеспечение его соответствия утвержденному типу, осуществляется путем разграничения прав пользователей и паролей. Доступ к функциям ПО контроллеров ограничен уровнем доступа, который назначается каждому оператору. При изменении установленных параметров (исходных данных) в ПО контроллеров обеспечивается подтверждение изменений, проверка изменений на соответствие требованиям реализованных алгоритмов, при этом сообщения о событиях (изменениях) записываются в журнал событий, доступный только для чтения. ПО контроллеров имеет уровень защиты «высокий» по Р 50.2.077-2014.

Метрологические и технические характеристики контроллеров представлены в таблице 1.

Таблица 1.1 – Метрологические и технические характеристики контроллеров

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон измерений аналоговых сигналов входа/выхода силы постоянного тока, мА	4 ... 20
Максимальная частота импульсного сигнала, Гц	12000
Пределы допускаемой приведенной погрешности при преобразовании токовых сигналов в значение физической величины, %	$\pm 0,1$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении количества импульсов, импульс	$\pm 1$
Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении времени, %	$\pm 0,01$
Пределы допускаемой относительной погрешности при вычислении объема и расхода газа при стандартных условиях, %	$\pm 0,02$
Условия окружающей среды: – температура, °С – относительная влажность (без конденсации) не более, % – атмосферное давление, кПа	от 15 до 25 95 от 84 до 106,7
Потребляемая мощность, Вт, не более	50
Габаритные размеры, мм, не более	306×140×204
Масса, кг, не более	1,18
Средний срок службы, лет, не менее	10

Вычислитель УПВ-280 предназначен для измерений выходных электрических сигналов от преобразователей расхода, температуры, давления, разности давлений, плотности и их преобразования в значения физических величин и вычислений расхода и количества воды, пара, нефти, нефтепродуктов, различных газов и смесей газов. [4]



Рисунок 1.12 – Вычислитель УПВ-280

Применяются в узлах учета совместно с первичными преобразователями расхода, давления и температуры.

В состав вычислителя входит блок вычислений (далее – БВ) и периферийный интерфейсный контроллер (далее – ПИК). В зависимости от расположения БВ и ПИК существуют следующие модификации вычислителя:

Периферийный интерфейсный контроллер принимает и осуществляет первичную обработку выходных сигналов от преобразователей, а затем преобразовывает их в цифровой код, поступающий далее в БВ. Блок вычислений обрабатывает результаты измерений, вычисляет расход и количество измеряемых сред, хранит полученную информацию по накопленным параметрам в виде архивов, отвечает за вывод параметров на индикатор.

Преимущества:

– наличие дополнительных блоков расширения ПИК дает возможность уменьшить количество линий связи с датчиками и гибко наращивать количество входов, что позволяет обслуживать до 10-ти трубопроводов;

– наличие большого графического дисплея позволяет одновременно наблюдать значительное количество текущих параметров и их изменение в графическом виде;

– прямое подключение прибора к локальной сети дает возможность в реальном времени через web интерфейс получать текущие и архивные параметры по трубопроводам;

– наличие нескольких независимых портов связи для интеграции в SCADA системы позволяет обеспечить подключение вычислителя на верхнем уровне как к SCADA системе поставщика энергоресурсов, так и к собственной системе предприятия-потребителя энергоресурсов.

– хранение часовых, суточных и минутных архивов для измеренных и вычисленных параметров.

– проведение контроля метрологических характеристик рабочих преобразователей расхода по контрольному преобразователю при работе в составе СИКН, СИКГ, СИКВ.

Блок контроля теплоты микропроцессорный БКТ.М (далее – блок БКТ.М) предназначен для преобразования входной информации о параметрах газа и вычисления на их основе объемного расхода и объема газа, приведенного к стандартным условиям, в составе счетчика газа вихревого СВГ.М (далее – счетчик газа) на промышленных объектах и предприятиях.

Блок БКТ.М обеспечивает:

– подключение и электрическое питание с гальванической развязкой четырех датчиков расхода (электромагнитных, вихревых, турбинных) с частотным или числоимпульсным выходным сигналом с подавлением дребезга контактов электромеханических устройств формирования импульсов-герконов и т.д.; [15]

– подключение и электрическое питание от одного источника датчиков температуры и давления (абсолютного либо избыточного) с токовым выходом 0-5 мА или 4-20 мА (общее количество датчиков не более шести);

– измерение времени наработки при включенном питании и индикацию даты и времени суток;

– прием и обработку сигналов с датчиков расхода, температуры и давления по заданному алгоритму;

– вычисление расхода и объёма газа по трем «трубам» (одна «труба» объединяет три канала: «расход», «температура» и «давление»), приведённого в соответствии с ПР 50.2.019-2006 к стандартным условиям по ГОСТ 2939-63;

– регистрацию и хранение, за последние два месяца, информации о среднечасовых значениях температуры, давления, объёмного расхода газа и информации нарастающим итогом о значении объёма газа, приведённого к стандартным условиям (в м<sup>3</sup>) и времени наработки счётчика газа;

– передачу информации на верхний уровень с помощью стандартных интерфейсов RS232/RS485 по протоколу ModBus[RTU], MicontBus[ASCII], MicontBus[RTU]; 324.02.00.000-02 РЭ 4

– запись сохраняемой информации на SD карту памяти;

– отображение мгновенных параметров потока газа, текущей информации о среднечасовых и итоговых параметрах на экране индикатора дисплея;

– сохранение информации о среднечасовых и итоговых параметрах при отключении питания;

– исключение несанкционированного доступа к программе;

– автоматическую перезагрузку процессора при «зависании», останове, вызванных электростатическими помехами.

Принцип работы блока БКТ.М реализован на основе измерения и преобразования сигналов, поступающих с датчиков расхода, температуры и давления и вычисления по рассчитанным значениям расхода, температуры и давления – расхода и объёма газа, приведенного к стандартным условиям.

Преимущества: Блок БКТ.М обеспечивает подключение дополнительных датчиков расхода, температуры и давления, необходимых для измерения расхода газа одновременно по нескольким газопроводам (не более трех).

Все вычислители расхода получают данные от расходомеров.

Расходомеры (счётчики) количества вещества являются важными элементами систем учёта потребления энергоресурсов и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности и

жилищно-коммунальном хозяйстве. Наиболее универсальными и востребованными настоящее время являются расходомеры ультразвуковые, вихревые, турбинные, кориолисовые и т. д.

Вихревой расходомер ЭМИС 200.

ЭМИС-ВИХРЬ – это сочетание современной конструкции и передовой электроники. (Рисунок 1.13)



Рисунок 1.13 – ЭМИС-ВИХРЬ 200

Сенсор разработан на основе многолетнего опыта эксплуатации, (защита от внешних воздействий среды).

Электроника использует сложнейшие алгоритмы обработки, (сигнальный процессор, реализующий технологию DSP).

Технические характеристики (Рисунок 1.14)

Характеристики	Врезной	Погружной
Диаметр условного прохода, мм	15...300	200...2000
Температура измеряемой среды, С	-200...+460	-40... +320
Температура окружающей среды, С	-40...+70	-40...+70
Давление измеряемой среды, МПа	16	6,3
Основная относительная погрешность, %	0,5 / 1,0	2
Динамический диапазон	до 1:46	до 1:30
Взрывозащита	искробезопасная цепь, взрывонепроницаемая оболочка	
Выходные сигналы	аналоговый 4-20 мА цифровой RS485 частотный/импульсный	

Рисунок 1.14 – Технические характеристики

Защищенный сенсор обеспечивает экономию на обслуживании:

- влажность и состав попутного нефтяного газа не влияет на работоспособность прибора и точность измерений;
- абсолютная защита от гидроударов (водяных пробок);
- защита от высоких температур и перепадов.

Поверка 1 раз в 4 года:

- можно поверять не только на газовом, но и на водяном стенде;
- 100% прохождение поверки за счет возможности калибровки одной кнопкой мыши.

Экономические преимущества предлагаемых узлов учёта:

- цена на узел ниже, как минимум на 10 т.р. каждый, что в пересчёте на 100 узлов составляет экономию более 1 млн. рублей;
- узел и все датчики поверяются 1 раз в 4 года, что обеспечивает до 200% экономии на обслуживании в сравнении с аналогами;

– современные технологии диспетчеризации позволяют сократить количество высококвалифицированного обслуживающего персонала.

#### 1.4 Описание характеристики блока БВР.М

Блок вычисления расхода микропроцессорный БВР.М предназначен для приема и преобразования частотного или импульсного, с нормированной ценой импульсов, информационного сигнала, поступающего с датчика расхода, токового сигнала, поступающего с датчиков температуры, давления и вычисления по заданному алгоритму программы параметров измеряемой среды (расход, объём, температура, давление) на промышленных объектах, а также объектах коммунально-бытового назначения.

Блок БВР.М входит в состав счетчика газа вихревого СВГ.М (далее – счетчик газа) и с программным обеспечением по учету газа в системах газоснабжения, обеспечивает преобразование входной информации о параметрах газа и вычисления на их основе объема и объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям. Блок БВР.М может работать в составе счетчика жидкости СЖУ, в составе счетчика воды электромагнитного СВЭМ.М, в составе расходомера ЭРИС.В или аналогичных для вычисления расхода и объёма жидкости при рабочих условиях и объема воды, приведенного к стандартным условиям.

Блок БВР.М обеспечивает:

- подключение и электрическое питание с гальванической развязкой двух датчиков расхода с импульсным или частотным выходным сигналом;
- подключение и электрическое питание от одного источника датчиков температуры и давления (абсолютного или избыточного) с токовым выходом 4-20 мА (общее количество датчиков не более четырех);

- измерение времени наработки прибора и счетчика газа (жидкости), а также индикацию часов реального времени;
- прием и обработку сигналов с датчиков расхода, температуры и давления по алгоритмам встроенного ПО «СВГ+СЖУ» или «СВГ-ПНГ»;
- вычисление расхода и объёма газа, приведённого в соответствии с ГОСТ Р 8.740-2011 к стандартным условиям по ГОСТ 2939-63;
- регистрацию и хранение, за последние два месяца, информации о среднечасовых, средне-суточных и среднемесячных значениях по температуре, давлению, объёмному расходу газа и информации, нарастающим итогом: объёма газа (жидкости) при рабочих условиях, объёма газа (воды) приведённого к стандартным условиям (в м<sup>3</sup>), времени наработки блока БВР.М и счетчика газа (жидкости);
- передачу информации на верхний уровень с помощью стандартного интерфейса RS232 и(или) RS485 по протоколу Modbus RTU;
- запись сохраняемой информации на MMC или SD карту памяти емкостью от 8 Мб до 32 Гб, по запросу оператора;
- отображение мгновенных параметров потока газа и текущей информации об итоговых параметрах на экране индикатора-дисплея;
- сохранение информации о среднечасовых, среднесуточных, среднемесячных и итоговых параметрах при отключении питания;
- исключение несанкционированного доступа к настройкам программы.

Структурная схема блока БВР.М. (Рисунок 1.15)

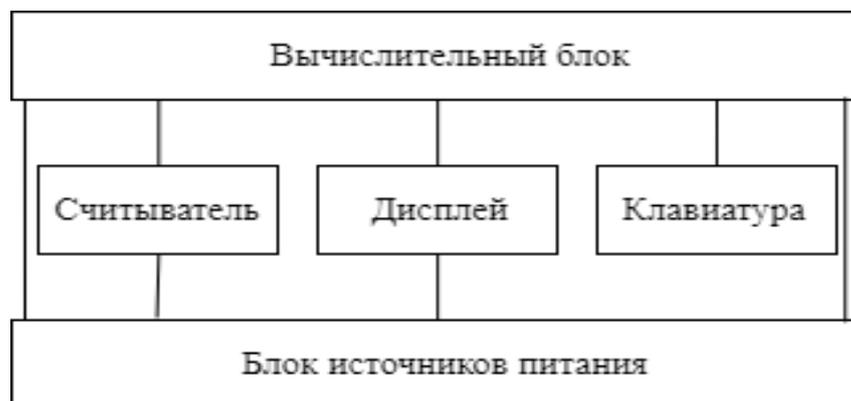


Рисунок 1.15 – Структурная схема

Технические характеристики:

- основная относительная погрешность блока БВР.М по каналу «давление», не более  $\pm 0,3 \%$ ;

- основная абсолютная погрешность блока БВР.М по каналу «температура», не более  $\pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

- основная относительная погрешность блока БВР.М по каналу «расход», не более  $\pm 0,1 \%$ .

- основная относительная погрешность блока БВР.М при определении расхода газа, приведённого к стандартным условиям, не более  $\pm 0,35 \%$ ;

- основная относительная погрешность блока БВР.М при определении объёма газа, приведённого к стандартным условиям, не более  $\pm 0,35 \%$ ;

- основная относительная погрешность блока БВР.М при измерении времени наработки, не более  $\pm 0,1 \%$ ;

- максимальная частота входного сигнала по каналу «расход», Гц, не более 1000;

- минимальная частота входного сигнала по каналу «расход», Гц, не менее 0,25;

Входной частотный сигнал по каналу «расход» должен быть представлен периодическим импульсным изменением сопротивления типа оптронный ключ, гальванически развязанным от остальных цепей, с параметрами:

- сопротивление открытого ключа, Ом, не более 500;
- сопротивление закрытого ключа, кОм, не менее 50.

Входное сопротивление по токовым каналам («температура», «давление»), Ом, .....  $124 \pm 0,5$ .

Блок БВР.М выполнен на базе микроконтроллера – ADuC848.

Блок БВР.М имеет два интерфейса для передачи информации на верхний уровень:

- RS232 (V.24);
- RS485 – выход, гальванически развязанный от системы на 32 адреса.

Блок БВР.М обеспечивает формирование по гальванически развязанному каналу (оптронный ключ) импульсного выходного сигнала с нормированной ценой импульсов:

- в единицах объёма (рабочего или приведенного для газа, рабочего для жидкости);
- в секундах (2 с/имп.) для времени наработки.

Параметры гальванически развязанного источника питания постоянного тока для датчика по каналу «расход»:

- напряжение, В.  $24 \pm 0,5$ ;
- ток, мА, не более 250.

Параметры гальванически развязанного источника питания постоянного тока для датчиков по каналам «температура» и «давление»:

- напряжение, В.  $24 \pm 0,5$ ;
- ток, мА, не более 200.

Питание блока БВР.М от сети переменного тока с параметрами:

- напряжение, В.  $220 \pm 22$ ;
- частота, Гц  $50 \pm 1$ ;
- потребляемая мощность (без датчиков) блока БВР.М, В·А, не более 5;
- масса блока БВР.М, кг, не более 2;
- средний срок службы блока БВР.М, лет, не менее 12.

Схема соединений и подключения (при двухпроводной линии связи датчиков температуры и давления) (Рисунок 1.16).

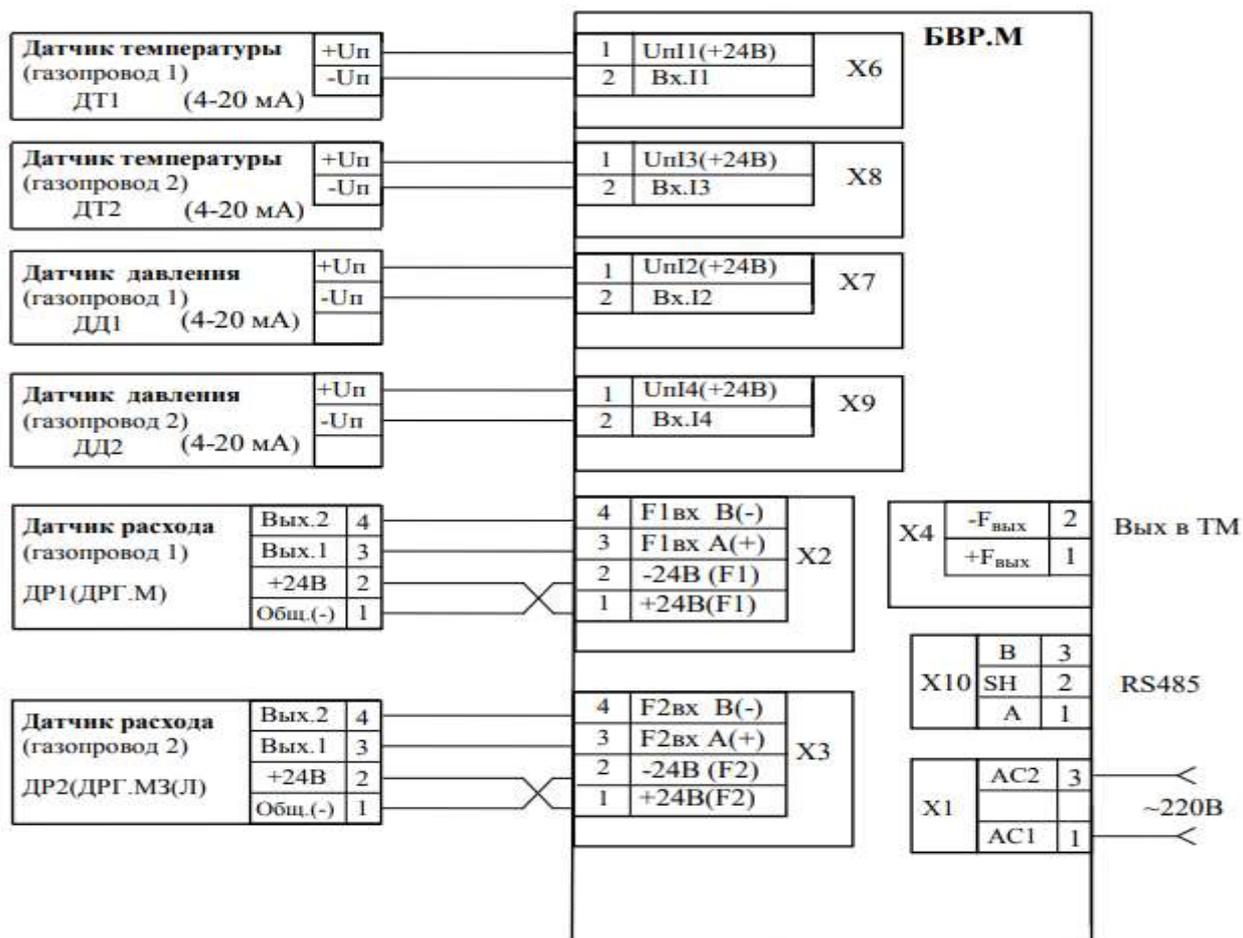


Рисунок 1.16 – Схема соединений и подключения (при двухпроводной линии связи датчиков температуры и давления)

Составляющие блока:

- микроконтроллер, управляющий работой блока БВР.М и выполняющий все операции вычисления;
- постоянную FLASH-память, предназначенную для регистрации и постоянного хранения основных данных (архива) о контролируемых параметрах и для аварийного сохранения текущих значений данных при отключении питания [6];
- часы реального времени;

- микросхемы последовательных портов RS232 и RS485;
- аналого-цифровой преобразователь (АЦП), представляющий собой
- интегрирующий 16- разрядный АЦП, с подавлением помех с частотой 50 Гц.

При изучении схемы и параметров блока вычислителя БВР.М, были определены основные направления в модернизации схемы аналоговых сигналов:

Для того, чтобы регистрировать не только расходы по двум каналам, но и другую техническую информацию с объекта, включить в схему коммутатор построенный на полупроводниковой интегральной микросхеме DA3 K590KH9.

Расширить применение БВР.М не только с импульсными расходомерами, но и с аналоговыми дифференциальными манометрами, что сделает БВР.М универсальным в любой сфере деятельности.

Выводы по разделу один:

1) Рассмотренный блок БВР.М имеет преимущества, позволяет подключать два датчика расхода и до четырех аналоговых датчиков. Это дает возможность расширить и использовать не только в составе счетчика газа или жидкости, но и в составе счетчика тепла перед другими блоками.

2) Существует вариант технической модернизации блока. Данная модернизация предполагает использование коммутатора, который позволит увеличить количество подключаемых датчиков.

3) В связи с введением санкций рядом стран в отношении РФ покупка приборов учета импортного производства на сегодняшний день может обернуться для организации непредвиденными сложностями и убытками. Например, будут запрещены к поставке запасные части, программное обеспечение, закроется представительство данного производителя на территории РФ и будет невозможным ТО, кроме того, данная покупка может быть просто невыгодной по причине слишком высокой цены в связи с резким повышением стоимости валют.

## 2 РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ БЛОКА БВР.М

### 2.1 Структурная схема

Структурная схема ИИС содержит: исследуемый объект, первичный измерительный преобразователь (далее – ПИП), вторичный измерительный преобразователь (далее – ВИП), аналого-цифровой преобразователь (далее – АЦП), микроконтроллер, преобразователь интерфейса.

Исследуемый объект является источником измерительной информации для первичного измерительного преобразователя.

ПИП выполняет функцию получения значения физической величины, и преобразования полученного значения в другую, функционально связанную с ним, физическую величину, требующую дальнейшей обработки.

ВИП выполняет функцию сопряжения ПИП с АЦП.

АЦП осуществляет оцифровку аналогового сигнала, поступающего от ПИП через ВИП.

Микроконтроллер служит для обработки полученных цифровых сигналов от АЦП. В результате математической обработки сигнала, микроконтроллер получает значение измеряемой физической величины.

Преобразователь интерфейса служит для сопряжения микроконтроллера с персональным компьютером (далее – ПК) оператора с целью передачи значения измеренной физической величины.

Разработанная структурная схема представлена на рисунке 2.1.

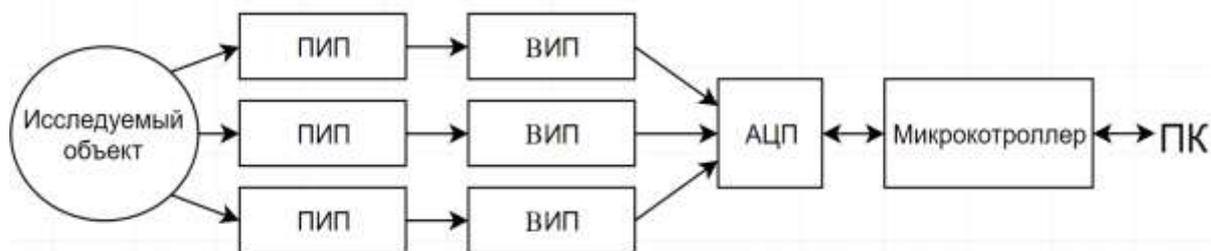


Рисунок 2.1 – Структурная схема

## 2.2 Функциональная схема

Описание функциональной схемы:

Функциональная схема содержит: исследуемый объект – газопровод; датчики расхода газа, давления, температуры – ЭМИС 200, АИР-10Н, ТСМУ 9418; коммутатор серии К590КНЗ; Блок вычисления расхода – БВР.М с встроенным аналого-цифровым преобразователем, микроконтроллером.

Измеряемые физические параметры вещества, находящиеся в газопроводе  $v3/ч$  преобразуются на сенсоре (ЭМИС 200, АИР-10Н, ТСМУ 9418) в электрическую величину 4-20 мА, непрерывно поступающую на коммутатор.

Коммутатор (К590КНЗ) коммутирует токовые интерфейсы 4-20 мА и последовательно передает на АЦП (AD7708BR).

АЦП (AD7708BR) принимает токовый сигнал 4-20мА и производит оцифровку сигнала. Оцифрованный сигнал подвергается математической обработке при помощи микроконтроллера и производится вычисления значения расхода уровня газа в газопроводе.

Вычисленное значение расхода газа информации передается на верхний уровень с помощью стандартного интерфейса RS232 и(или) RS485 по протоколу Modbus RTU.

Разработанная функциональная схема представлена на рисунке 2.2.

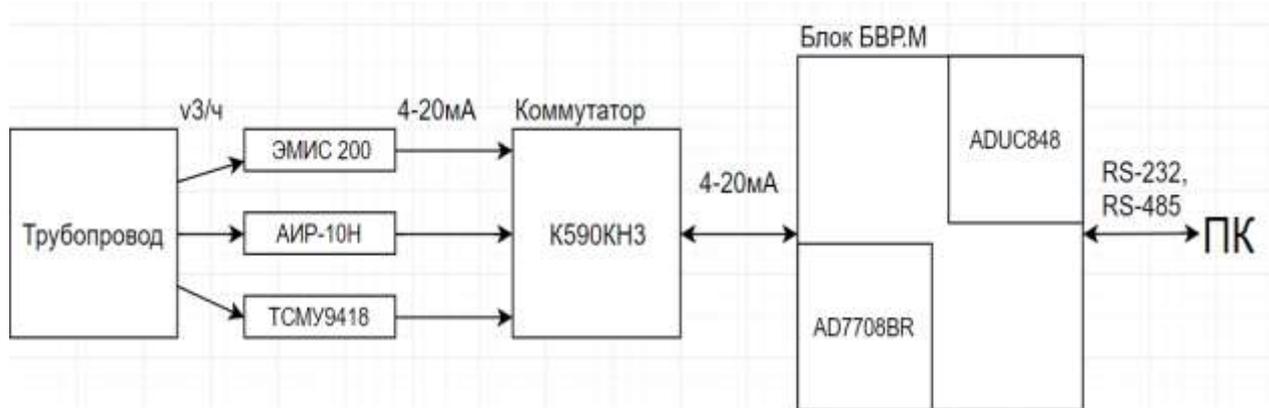


Рисунок 2.2 – Функциональная схема

При изучении схемы и параметров блока вычислителя БВР.М, были определены основные направления в модернизации схемы аналоговых сигналов:

Для того, чтобы регистрировать не только расходы с импульсных расходомеров по двум каналам, но и с аналоговых расходомеров, включить в схему коммутатор построенный на полупроводниковой интегральной микросхеме К590КН3.

Расширить применение БВР.М с аналоговыми расходомерами, что сделает БВР.М универсальным в любой сфере деятельности.

Для расширения количества аналоговых входов БВР.М, предлагаю установить аналоговый 8-канальный коммутатор. В качестве аналогового коммутатора выбрана полупроводниковая интегральная микросхема К590КН3–8 канальный аналоговый ключ со схемой управления для коммутации напряжения от минус 15В до 15В. Схема коммутатора К590КН3 представлена на рисунке 2.3.

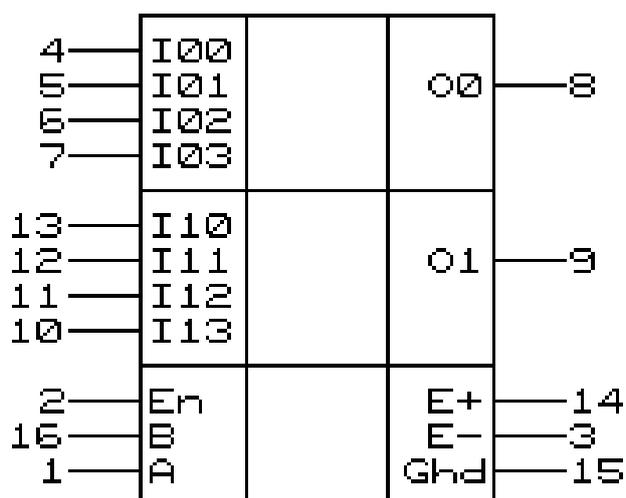


Рисунок 2.3 – Схема коммутатора К590КНЗ

Назначение выводов:

I00-I03 – аналоговые входы (выходы) мультиплексирующиеся на выход O0.

I10-I13 – аналоговые входы (выходы) мультиплексирующиеся на выход O1.

A,B – адрес (выбор соединения).

En-разрешение: En=L-выход изолирован от входов (закрыто);

En=H-выход соединен с адресуемым входом (открыто).

E+ положительное напряжение питания (+5 в).

E- отрицательное напряжение питания (-15 в).

Gnd - общий вывод (цифровая земля).

Номер вывода	Наименование вывода	Номер вывода	Наименование вывода
1	Логический вход $2^0$	9	Аналоговый выход В
2	Вход "Разрешение"	10	Аналоговый вход 4В
3	$U_{n2}$	11	Аналоговый вход 3В
4	Аналоговый вход 1А	12	Аналоговый вход 2В
5	Аналоговый вход 2А	13	Аналоговый вход 1В
6	Аналоговый вход 3А	14	$U_{n1}$
7	Аналоговый вход 4А	15	Общий
8	Аналоговый выход А	16	Логический вход $2^1$

Рисунок 2.4 – Назначения выводов

Наименование параметра Единица измерения	НОРМА		Примечание
	не менее	не более	
Ток утечки аналогового входа, нА	---	50	1
Ток утечки аналогового выхода, нА	---	70	1
Входной ток низкого уровня управляющего напряжения, мкА	---	0,2	1
Входной ток высокого уровня управляющего напряжения, мкА	---	0,2	1
Ток потребления при высоком уровне управляющего напряжения, мкА			1
От положительного источника	---	1000	
От отрицательного источника	---	10	
Ток потребления при низком уровне управляющего напряжения, мкА			1
От положительного источника	---	15	
От отрицательного источника	---	10	
Время включения, нс	---	300	1,2
Сопротивление в открытом состоянии, Ом	---	300	1,3

Рисунок 2.5 – Электрические параметры К590КНЗ

### 2.3 Принципиальная схема

Принципиальная схема представлена в приложении Б.

Описание принципиальной и электрической схемы:

Существующий блок БВР.М позволяет подключить два газопровода (1,2), имеющих два датчика температуры и два датчика давления с токовым выходом 4-20мА. Кроме, того могут быть подключены два датчика расхода с импульсным выходом.

С целью модернизации, является увеличение функциональности вычислительного блока БВР.М. Путем добавления датчиков расхода, давления, температуры с аналоговыми выходами (ток выхода 4-20мА). В данной работе производим добавление газопровода 3.

Кроме, того данная модернизация позволит подключить ни три датчика как в нашей работе, а еще один дополнительный аналогичный датчик в случае необходимости.

Для реализации заданной задачи мы вводим в схему аналоговый мультиплексор типа К590КНЗ.

Для реализации мы подаем аналоговый сигнал нового датчика расхода на нулевой канал (I00) (100 провод) Одновременно в момент, когда требуется результат измерения по-новому датчику расхода микроконтроллер подает на вход разрешение  $E_n$  коммутатор логическую единицу такой длительности чтобы АЦП D11 успел преобразовать поданный сигнал в цифровую форму, одновременно на входы А и В коммутатора подаются логические нули, что заставляет коммутатор подсоединить в ход (I00) к выходу (O0), он в свою очередь подает сигнал на аналоговый вход AIN9 АЦП. Аналогично для датчика давления и температуры [25].

В дальнейшем можно к входу коммутатора I03, подключить еще один датчик с аналоговым выходом. При этом микроконтроллер должен подавать управляющие коды на входы А и В коммутатора.

Имеющиеся аналоговые каналы имеют резисторы по 124Ом, мы принимаем такую же величину номинала сопротивления на новый измерительный канал.

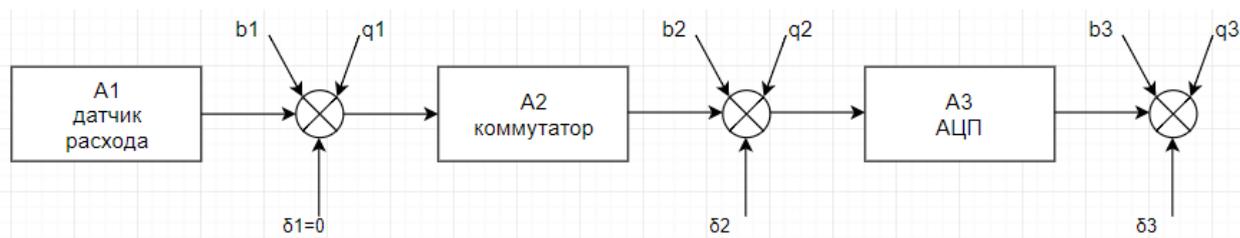
## 2.4 Расчет погрешности измерительного канала

$$A1 = \frac{20\text{мА}}{480\text{м}^3/\text{ч}}, \text{ класс точности } 1\%$$

$$A2 = \frac{20\text{мА}}{20\text{мА}}$$

$M[\Delta c_2] = b_2 = 0$  математическое ожидание систематической составляющей погрешности звена.

$$A3 = \frac{480\text{м}^3/\text{ч}}{2,5U}$$



1 Математическое ожидание систематической составляющей погрешности.

$$M[\Delta c]=$$

$$b_1 A_2 A_3 + b_2 A_3 + b_3 = 0,010 * 20 * 10^{-3} * 1 * \frac{480}{2,5} + 0 * \frac{480}{2,5} + 0,2 * 10^{-9} * \frac{480}{2,5} =$$

$$0,384 \text{ м}^3/\text{ч}$$

2 СКО систематической составляющей погрешности.

$$\delta[\Delta c]=\sqrt{(q_1 A_2 A_3)^2 + (q_2 A_3)^2 + (q_3)^2} =$$

$$\sqrt{\left(\frac{0,010 * 20 * 10^{-3}}{\sqrt{3}} * 1 * \frac{480}{2,5}\right)^2 + \left(0 * \frac{480}{2,5}\right)^2 + \left(\frac{0,2 * 10^{-9} * \frac{480}{2,5}}{\sqrt{3}}\right)^2} = 0,022 \text{ м}^3/\text{ч}$$

3. Полная систематическая погрешность.

$\Delta c = M[\Delta c] + k * \delta[\Delta c]$ , где k-коэффициент Стьюдента:

K=2,18 при 12 измерениях для P=0,95

$$\Delta c = M[\Delta c] + k * \delta[\Delta c] = 0,384 + 2,18 * 0,022 = 0,431 \text{ м}^3/\text{ч}$$

4. Случайная составляющая погрешности.

$$\delta[\Delta] = \sqrt{\delta^2[\Delta_1] A_2^2 A_3^2 + \delta^2[\Delta_2] A_3^2 + \delta^2[\Delta_3]} =$$

$$\left(\frac{0,010 * 20 * 10^{-3}}{\sqrt{3}} * 1 * \frac{480}{2,5}\right)^2 + \left(0 * \frac{480}{2,5}\right)^2 + \left(\frac{0,2 * 10^{-9} * \frac{480}{2,5}}{\sqrt{3}}\right)^2 = 0,022 \text{ м}^3/\text{ч}$$

5. Полная погрешность.

$$\Delta = \Delta c + \gamma * \delta = |\gamma = k| = 0,431 + 2,18 * 0,022 = 0,478 \text{ м}^3/\text{ч}$$

2.5 Разработка блок-схемы описание алгоритма

Блок схема представлена в приложении А.

- 1) Управление коммутатора происходит через входы  $E_n$ ,  $A$ ,  $B$ . Микроконтроллер задает логическую единицу на вход  $E_n$ .
- 2) Проверяем условие: если  $E_n=1$ , то присваиваем адрес  $A=0$ ,  $B=0$ , если нет, то конец.
- 3) Сигнал контакта 4, если  $\neq 0$ , то обрабатываем вывод значения сигнала  $X=1$ , если нет, то выводим  $X=0$ .
- 4) Проверяем условие: если  $E_n=1$ , то присваиваем адрес  $A=0$ ,  $B=1$ , если нет, то конец.
- 5) Сигнал контакта 5, если  $\neq 0$ , то обрабатываем вывод значения сигнала  $X=1$ , если нет, то выводим  $X=0$ .
- 6) Проверяем сигнал на наличие логической единицы  $E_n=1$ , если нет, то конец. [8]

Выводы по разделу два:

В ходе выполнения работы была произведена модернизация блока вычисления расхода БВР.М. Разработана функциональная схема, произведен расчет погрешности измерительного канала, разработана блок схема измерительного канала, проведен обзор полупроводникового коммутатора К590КНЗ.

### 3 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

#### 3.1 Расчет затрат на реализацию модернизации на предприятии

Рассчитаем затраты для реализации проекта, данные приведены в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Затраты на материалы

Наименование	Количество, шт.	Стоимость, руб. на одно изделие шт.
Коммутатор 590 КНЗ	1	130
Датчик расхода ЭММИС 200	1	70000
Датчик давления АИР-10Н	1	4120
Датчик температуры ТСПУ 9418	1	9118
Кабель питания датчика расхода	1	1 880
Кабель питания датчика давления	1	1540
Кабель питания датчика температуры	1	1540
Кабель связи датчика расхода с коммутатором	1	1250
Кабель связи датчика давления с коммутатором	1	1250
Кабель связи датчика температуры с коммутатором	1	1250
Кабель связи коммутатора с блоком	1	1250
Итого, руб.:		93328

Оплата труда – вознаграждение в денежной или натуральной форме, выплачиваемое работодателем наемному работнику за работу.

Рассчитаем количество участников в проектировании (таблица 3.2)

Заработная плата основных производственных специалистов. Для проектирования и реализации модернизации потребуется работа пятерых специалистов.

Таблица 3.2 – Расчет количество человек, участвующих в проектировании и реализации

№ п/п	Содержание работы	Исполнители		Продолжительность работ, часах		
		исполнитель	чел	мин	мак.	ожд
1	Получение технического задания	Инженер проектировщик	1	1	3	2
2	Анализ существующей системы	Инженер проектировщик	1	1	2	1.5
3	Разработка структурной, функциональной схемы	Инженер проектировщик	1	1	1.5	1.25
4	Разработка схемы алгоритма	Инженер проектировщик	1	0.5	1.5	1
5	Оформление и утверждение проекта	Инженер проектировщик	1	1	3	2
6	Реализация проекта	Слесарь КИПа	1	7,5	12	9,75

Общее количество часов, потраченное на проектирование, производство и внедрение составило 17,5 часов.

Установим заработную плату каждому специалисту:

Инженер проектировщик: 35 000 рублей / месяц.

Слесарь КИПа: 25 000 рублей / месяц.

Рассчитаем заработную плату для каждого работника с учетом количества часов, которое они потратят на выполнение своей работы. Для этого воспользуемся формулой 7.

$$З = \frac{Зп}{Д \times Ч} \times Др \times К \quad (7)$$

где З – заработная плата с учетом количества часов потраченных работником на выполнение своей работы;

Зп – заработная плата работника за месяц;

Д – количество рабочих дней в месяце;

Ч – количество часов в рабочем дне;

Др – количество часов потраченных работником на выполнение своей работы;  
К – количество задействованных работников.

Для инженера проектировщика:

$$З = \frac{40000}{22 \times 8} \times 7,75 \times 1 = 1761,04$$

Для слесаря:

$$З = \frac{30000}{22 \times 8} \times 9,75 \times 1 = 1661,59$$

Затраты на заработную плату всем рабочим получим суммированием:

$$1761,04 + 1661,59 = 3422,63$$

Для выплаты заработной платы пятерым специалистам понадобится 3422,63 рублей.

Начисления на заработную плату – платежи юридических (а в отдельных случаях и физических) лиц, размер которых устанавливается в процентах от суммы заработной платы. Такими платежами являются: отчисления в пенсионный фонд; отчисления в фонд социального страхования; отчисления в фонд занятости населения; отчисления на медицинское страхование рабочих и служащих.

Страховой взнос в Федеральную службу социального страхования составляет на 2018 год 2,9 %, от общей суммы начисленной заработной платы. В результате произведения процентной ставки на общую сумму заработной платы получаем результат: 99,25 рублей.

Отчисления в пенсионный фонд составляют 22% от полученной заработной платы и после произведения друг на друга составят от общей суммы 752,97 рублей. Обязательное медицинское социальное страхование составляет на данный момент 5,1% и страхование от несчастных случаев 0,2% от общей суммы. При умножении каждой из процентной ставки на общую сумму заработной платы и суммировании показателей, получается сумма: 181,39 рублей [21].

Общая сумма налогов составит 1033,61 рублей (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Начисления от заработной платы

Начисления	Процентная ставка, %	Сумма, руб
Страховой взнос в ФС соцстрахования	2,9	99,25
Отчисления в пенсионный фонд	22	752,97
Обязательное медицинское страхование	5,1 + 0,2	181,39
Итого		1033,61

Рассчитаем себестоимость работы:

$$\text{Спроект} = 93328 + 3422,63 + 1033,61 = 97784,24$$

Рассчитаем амортизационные отчисления так, чтобы через 10 лет оборудование можно было полностью заменить. Для этого используем формулу 7.

$$A = C_T / (L \times M) \quad (7)$$

где  $C_T$  – стоимость проекта;

$L$  – количество лет рассматриваемого периода;

$M$  – число месяцев в году.

В числовом выражении получили:

$$A = 92078 / (10 \times 12) = 767,31$$

Амортизационные расходы составили:  $A = 767,31$  рублей / месяц.

Расходы на электроэнергию – 780,00 рублей / месяц.

Таблица 3.4 – Себестоимость разработки

Наименование затрат	Стоимость, руб.
Заработная плата	3422,63
Начисления	1033,61
Материалы	93328
Амортизация	767,31
Электричество	780
Итого	99331,55

### 3.2 Экономическое обоснование работы

Для расчета экономического эффекта сравним стоимость оборудования на основе заводской комплектации (таблица 3.5) и на основе разрабатываемой системы (таблица 3.6) [22].

Таблица 3.5 – Стоимость оборудования на основе заводской комплектации

Наименование	Количество, шт.	Стоимость, руб. на одно изделие шт.
Блок БВР.М	1	22000
ДРГ.МЗ	1	101240
Датчик давления АИР-10Н	1	4120
Датчик температуры ТСПУ 9418	1	9118
Кабель связи датчика расхода с блоком	1	2500
Кабель связи датчика температуры с блоком	1	2500
Кабель связи датчика давления с блоком	1	2500
Итого		143978

Таблица 3.6 – Стоимость оборудования на основе разрабатываемой системы

Наименование	Количество, шт.	Стоимость, руб. на одно изделие шт.
Коммутатор 590 КНЗ	1	130
Датчик расхода ЭММИС 200	1	70000
Датчик давления АИР-10Н	1	4120
Датчик температуры ТСПУ 9418	1	9118
Кабель питания датчика расхода	1	1 880
Кабель питания датчика давления	1	1540
Кабель питания датчика температуры	1	1540
Кабель связи датчика расхода с коммутатором	1	1250
Кабель связи датчика давления с коммутатором	1	1250
Кабель связи датчика температуры с коммутатором	1	1250
Кабель связи коммутатора с блоком	1	1250
Итого, руб.:		93328

Экономический эффект:  $143978 - 93328 = 50650$

Выводы по разделу три:

Исходя из полученных результатов видно, что экономический эффект составит 50650 рублей. Таким образом затраты на подключение к измерительной системе еще одного дополнительного трубопровода сократятся на 36%. Исходя из этого, модернизация имеющегося вычислительного блока, является более целесообразной по сравнению с приобретением нового вычислительного блока.

## 4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### Организация рабочего места

Нормы производственного микроклимата установлены в СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» и ССБТ ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Метеорологические условия (микроклимат).

Метеорологические условия определяются следующими факторами:

- температура воздуха  $t, ^\circ\text{C}$ ;
- относительная влажность, %;
- скорость движения воздуха  $V, \text{м/с}$ .

Кроме этих параметров, являющихся основными, на метеорологические условия в цехе также влияет атмосферное давление  $P$ .

Человек находится в постоянном тепловом взаимодействии с окружающей средой. Для того, чтобы физиологические процессы в его организме протекали нормально, выделяемая организмом теплота должна отводиться в окружающую среду [23].

Соответствие между количеством теплоты и охлаждающей способности среды характеризуют ее как комфортную. В условиях комфорта у человека не возникает беспокоящих его температурных ощущений – холода или перегрева.

Категория тяжести.

На рабочем месте станочника оптимальная температура воздуха должна составлять:

- для холодного периода года  $+16 +18^\circ\text{C}$ ;
- для теплого периода года  $+20 +23^\circ\text{C}$ .

Влажность воздуха оказывает большое влияние на терморегуляцию организма. Повышенная влажность ( $\varphi > 85\%$ ) затрудняет терморегуляцию организма из-за снижения испарения пота, а слишком низкая влажность ( $\varphi < 20\%$ )

вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей. Оптимальные величины относительной влажности составляют 40-60%.

Движение воздуха влияет на тепловое самочувствие человека. В жарком климате движение воздуха способствует увеличению теплоотдачи человека и способствует улучшению его самочувствия, но оказывает неблагоприятное воздействие при низких температурах воздуха в холодное время года.

Минимальная скорость движения воздуха, ощущаемая человеком превышает 0,2-0,5 м/с, а летом 0,2-1 м/с. в горячих цехах разрешается увеличение скорости обдува рабочих до 3,5 м/с.

#### Освещение.

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

– ГОСТ Р 12.4.026-2001 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний

– ГОСТ Р 54350-2011 Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний

– ГОСТ Р 55392-2012 Приборы и комплексы осветительные. Термины и определения

– ГОСТ Р 54943-2012 Здания и сооружения. Метод определения показателя дискомфорта при искусственном освещении помещений

– ГОСТ Р 54944-2012 Здания и сооружения. Методы измерения освещенности

– ГОСТ Р 54945-2012 Здания и сооружения. Методы измерения коэффициента пульсации освещенности.

При проектировании ОУ для правильного объемного восприятия объектов различения используют моделирующее освещение.

Рекомендуемая шкала нормируемых значений средней освещенности определена ГОСТ Р 55710-2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений».

Средняя освещенность на рабочих местах с постоянным пребыванием людей должна быть не менее 300 лк.

Расчет освещенности проводят с использованием сетки для определения числа и расположения точек расчета.

Равномерность освещенности должна быть не менее 0,40 для зоны непосредственного окружения; 0,10 - для зоны периферии [23].

При равномерности освещенности 0,10 освещенность поверхностей должна быть не менее 50 лк на стенах, 30 лк - на потолке.

Электробезопасность.

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

– ГОСТ Р МЭК 536-94 Классификация электротехнического и электронного оборудования по способу защиты от поражения электрическим током;

– ГОСТ Р МЭК 61140-2000 Защита от поражения электрическим током. Общие положения по безопасности, обеспечиваемой электрооборудованием и электроустановками в их взаимосвязи;

– ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности/

Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний.

Степень опасного и вредного воздействие на человека электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути тока через тело человека;

– продолжительности воздействия электрического тока или электромагнитного поля на организм человека;

– условий внешней среды.

Нормы на допустимые токи и напряжения прикосновения в электроустановках должны устанавливаться в соответствии с предельно допустимыми уровнями воздействия на человека токов и напряжений прикосновения и утверждаться в установленном порядке.

Требования электробезопасности при воздействии электрических полей промышленной частоты.

Электробезопасность должна обеспечиваться:

- конструкцией электроустановок;
- техническими способами и средствами защиты;
- организационными и техническими мероприятиями.

Электроустановки и их части должны быть выполнены таким образом, чтобы работающие не подвергались опасным и вредным воздействиям электрического тока и электромагнитных полей, и соответствовать требованиям электробезопасности.

Пожарная и взрывопожарная безопасность.

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующий стандарт: ГОСТ 12.1.044-89 «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов».

На предприятии должны быть разработаны требования пожарной безопасности, включающие требования к безопасности людей, требования к производственным, служебным и другим помещениям, требования к содержанию и эксплуатации отопления, вентиляции, машин и оборудования, хранению товаров и материалов, обеспечение электробезопасности, требования к содержанию автотранспортных средств и другие, а также порядок совместных действий администрации предприятия и пожарной охраны при ликвидации пожаров.

Контроль за выполнением служебных обязанностей подчиненными. Ответственность за организацию пожарной безопасности несет руководитель предприятия. Ответственность за организацию пожарной безопасности в цехах и подразделения несут начальники цехов и руководители подразделений. В их должностных инструкциях должны быть прописаны права, обязанности и ответственность за соблюдением правил пожарной безопасности. На предприятии должны быть оформлены документы по пожарной безопасности. Контроль за соблюдением требований руководящих документов и локальных актов по охране труда, а также за соблюдением на предприятии противопожарного режима осуществляет ответственный за пожарную безопасность предприятия.

Действующие нормативные документы устанавливают жесткие требования к техническому состоянию оборудования (сюда входят машины, станки, механический и ручной инструмент, лифты, конвейеры и другое оборудование, потенциально опасное для человека). Также предъявляются требования по противопожарному состоянию оборудования, и поддержание противопожарного режима при его эксплуатации.

На предприятии должен быть издан приказ о проверке систем пожаротушения и автоматической пожарной сигнализации, а также об ответственном за их исправное состояние. Количество первичных средств пожаротушения в помещениях определяется в зависимости от категории этих помещений, согласно «НПБ 105-95» Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». Согласно этому документу помещения по взрывопожарной и пожарной опасности подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д, а здания – на категории А, Б, В, Г и Д. Так же помещения классифицируются по взрывоопасным зонам согласно ПУЭ, в соответствии с которыми производится выбор электрооборудования [23].

Требования охраны труда при работе за ПК.

Нормативное регулирование охраны труда при осуществлении трудовой деятельности за компьютерами осуществляется посредством следующих документов:

- типовая инструкция ТОО Р-45-084-01;
- СанПиН 2.2.2. / 2.4. 1340-03 (далее – СанПиН);
- ТК РФ;
- Приказ Минздравсоцразвития РФ № 302н;
- 426-ФЗ.

Охрана труда при работе за компьютером предусматривает следующую структуру соблюдения правил:

- по организации и оснащению трудового места;
- по освещенности;
- по регламентации перерывов в работе.

Организация и общие правила работы.

Нормативные положения СанПиНа предъявляют определенные требования к площади рабочего места при работе за ПК в совокупной мере более 4 часов за смену:

- для мониторов ЭЛТ от 6 квадратных метров и более;
- для мониторов ЖК от 4,5 квадратных метров и более.

Общие правила работы за ПК:

- в помещении с компьютерами рекомендовано, чтобы окна выходили на север или северо-восток;
- если в офисе отсутствует естественный солнечный свет, должно быть организовано искусственное освещение в соответствии с нормами и правилами освещенности рабочих мест;
- если мониторы расположены в ряд, люминесцентные лампы следует исполнять в виде сплошных или прерывистых линий;
- при расположении ПК по периметру, источники освещения должны находиться непосредственно над рабочим столом.

Продолжительность рабочего времени, перерывов, отдыха.

Рабочее время – это время, в течение которого работник в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка организации и условиями трудового договора должен исполнять свои трудовые обязанности, а также иные периоды, которые в соответствии с законодательством относятся к рабочему времени.

Суммированный учет рабочего времени может быть введен правилами внутреннего трудового распорядка в организации, у индивидуального предпринимателя для отдельных видов работ (включая работников, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда), где по условиям производства невозможно соблюдение ежедневной или еженедельной продолжительности рабочего времени (ст. 104 ТК РФ).

При суммированном учете рабочего времени допускается на основании составленного графика в отдельные дни или недели работать больше установленной нормы часов, а в другие – меньше с тем, чтобы за учетный период (месяц, квартал, но не более года) работник отработал и не превысил установленную норму часов. Такую форму учета рабочего времени (вместо поденного или недельного) вводят, например, во время напряженных сельскохозяйственных работ (посевной, уборочной); при организации работы водителей транспортных средств, занятых на междугородних или других длительных рейсах; при организации труда сторожей, вахтеров (например, работающих по графику: сутки – работа, трое суток – отдых) и т.п.

Выводы по разделу четыре:

Рассматривались опасные и вредные факторы, влияющие на человека, методы их устранения или защиты, нормативные документы, нормирующие работу и поведение человека для избежания вредных и опасных факторов.

Модернизированная информационная измерительная система соответствует всем предъявляемым требованиям по безопасности и может применяться во взрывоопасных зонах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была модернизирована измерительная информационная система блока вычисления расхода, путем увеличения функциональности.

В результате анализа существующих методов вычисления газа применяемых в промышленности, был сделан выбор модернизации блока вычисления расхода, путем добавления полупроводникового коммутатора серии К590КНЗ, что позволит расширить применение БВР.М с аналоговыми расходомерами, что сделало БВР.М универсальным в любой сфере деятельности.

Была разработана структурная схема, отображающая основные блоки системы, главные связи между ними. Дано подробное описание структурной схемы.

Была разработана функциональная схема, отображающая логику работы системы, конструктивное исполнение блоков, точные наименования блоков, типы сигналов. Дано подробное описание функциональной схемы.

На основании структурной и функциональной схемы была разработана принципиальная схема. Дано подробное описание принципиальной схемы.

Составлена блок-схема алгоритма измерительного канала.

Произведен расчет погрешности измерительного канала.

Произведен расчет экономической эффективности модернизации блока, по результатам которого экономический эффект составит 50650, таким образом затраты на подключение к измерительной системе еще одного дополнительного трубопровода сократятся на 36%. Исходя из этого, модернизация имеющегося вычислительного блока, является более целесообразной по сравнению с приобретением нового вычислительного блока.

Модернизированная измерительная информационная система отвечает всем требованиям взрывозащищенности и является применимой во взрывоопасных зонах.

В ходе выполнения ВКР все цели и задачи были выполнены в срок и полном объёме.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Лепявко, А. П. Измерение расхода жидкости и газа: учебное пособие / А. П. Лепявко. – Москва.: Изд-во АСМС, 2008. – 183 с.
- 2 Рубичев, Н.А. Измерительные информационные системы: учебное пособие / Н.А. Рубичев. – М.: Дрофа, 2010. – 334 с.
- 3 Вычислитель УПВ-280 Руководство по эксплуатации КГПШ 40737.001-01 РЭ – 56 с.
- 4 Раннев, Г.Г. Информационно-измерительная техника и электроника: учебник для студентов высших учебных заведений / Г.Г. Раннев. – М.: Академия, 2006. – 512 с.
- 5 Раннев, Г.Г. Методы и средства измерений. / Г.Г. Раннев, А.П. Тарасенко. – М.: Академия, 2006. – 331 с.
- 6 Блок вычисления расхода микропроцессорный БВР.М: Руководство по эксплуатации 311.03.00.000 РЭ – 33 с.
- 7 Рубичев, Н.А. Измерительные информационные системы: учебное пособие / Н.А. Рубичев. – М.: Дрофа, 2010. – 334 с.
- 8 Бриндли, К. Измерительные преобразователи: справочное пособие / Кейт Бриндли; пер. с англ. Е.И. Сычева. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 144 с.
- 9 Волков, В.Л. Программное обеспечение измерительных процессов: Учеб. пособие. / В.Л. Волков. – Арзамас. ОО «Ассоциация ученых», 2008. – 132 с.
- 10 Дастин, Э. Тестирование программного обеспечения. Внедрение, управление и автоматизация / Элфрид Дастин, Джефф Рэшка, Джон Пол; пер. с англ. М. Павлов. – М.: Лори, 2013. – 567 с.
- 11 Афонский, А. А. Измерительные приборы и массовые электронные измерения / А.А. Афонский, В.П. Дьяконов. – М.: Солон-Пресс, 2012. – 548 с.
- 12 Каплан, Л.С. Оператор по добыче нефти и попутного газа: учебное пособие / Л.С. Каплан. – УФА: Изд-во АСМС, 2005. – 103 с.

13 Блок контроля расхода микропроцессорный БКТ.М: Руководство по эксплуатации – 42 с.

14 Рассохин, С.Г. Оператор по добыче нефти и газа. Учеб. пособие. Для нач. проф. Образования / С.Г. Рассохин. – М.: Образовательно-издательский центр «Академия», 2002. – 544с.

15 Дейк, Л.П. Основы нефтяных газовых месторождений / перевод с английского. – М.: ООО «Премиум Инжиниринг», 2009. – 570с.

16 Петрухин, В.В. Справочник по газопромысловому оборудованию. / В.В. Петрухин. – Москва: Инфра – Инженерия, 2010. – 928с.

17 Мурзин, А.М. Оптимальное проектирование автоматических установок: учебное пособие / А.М. Мурзин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 103 с.

18 Раннев, Г.Г. Методы и средства измерений: справочник / Г.Г. Раннев. – М.: Изд-во Академия, 2008. – 547с.

19 Кувшинов, Н.С. Схемы электрические принципиальные в инженерной графике: учебное пособие. / Н.С. Кувшинов, Хейфец А.Л. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 74 с.

20 Ларионов, В.А. Микропроцессорная техника и компьютеры в приборостроении: текст лекций. – Нижневартовск: филиал ЮУрГУ в г. Нижневартовске, 2006. – 58 с.

21 Силифонкина, И.А. Оценка экономической эффективности технических систем: справочник / И.А. Силифонкина. – М.: Изд-во Наука, 2012. – 436с.

22 Ишниязова, А.Р. Методическое пособие по разработке экономической части дипломного проектирования для не экономических специальностей / А.Р. Ишниязова. – Нижневартовск, 2005. – 29 с.

23 Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности: справочник / С.В. Белов. – М.: Изд-во Высшая школа, 2011. – 616 с.

24 Методические указания по подготовке выпускной квалификационной работы бакалавра для студентов кафедры «Информационно-измерительная

техника» / сост.: А.П. Лапин, Е.В. Юрасова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 25 с.

25 Методические рекомендации по подготовке и оформлению выпускной квалификационной работы (проекта) для технических направлений подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, 09.03.04 Программная инженерия, 12.03.01 Приборостроение, 23.03.01 Технология транспортных процессов / сост. Л.Н.Буйлушкина. – Нижневартовск, 2017. – 35с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. АЛГОРИТМ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА

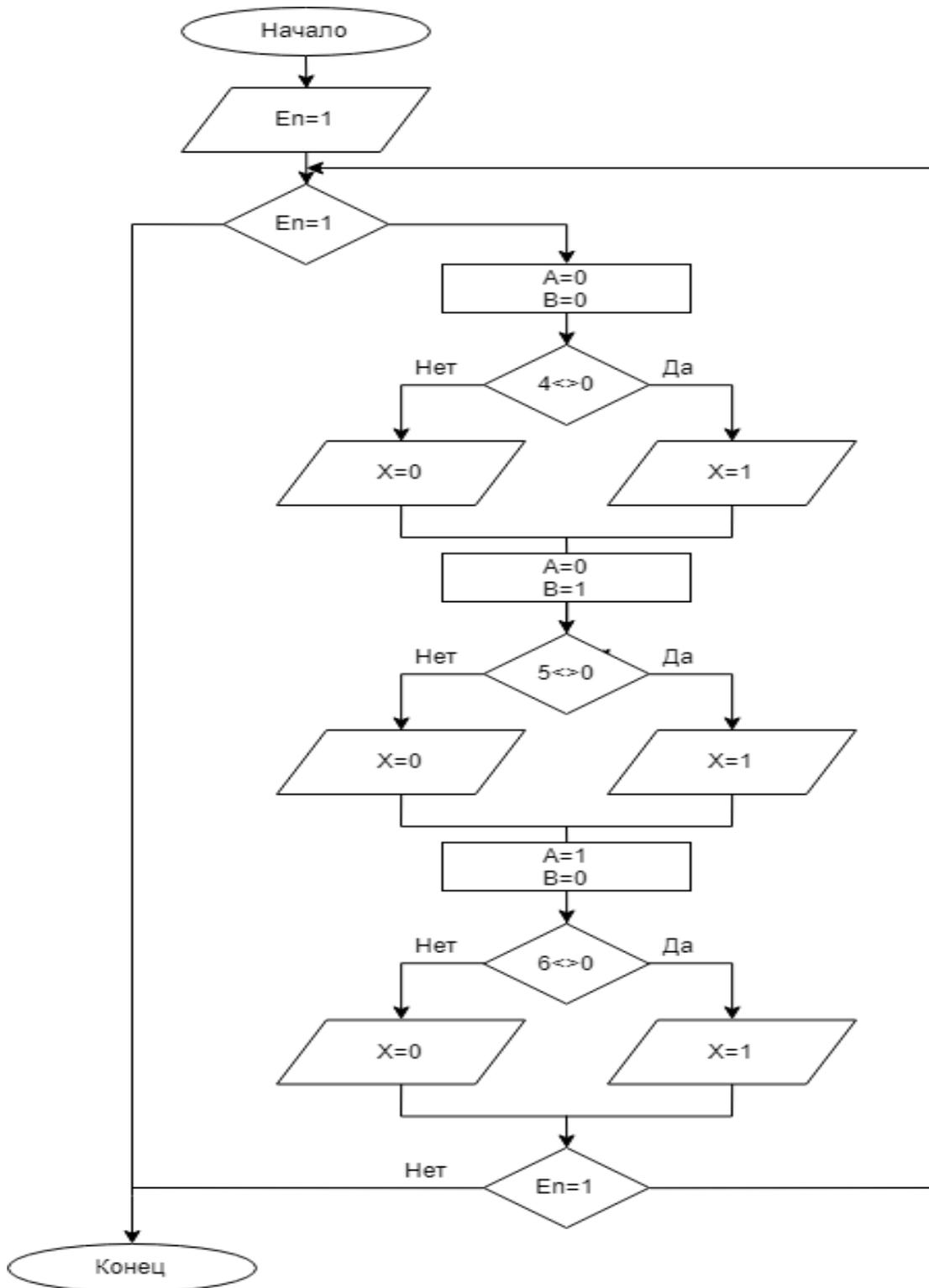
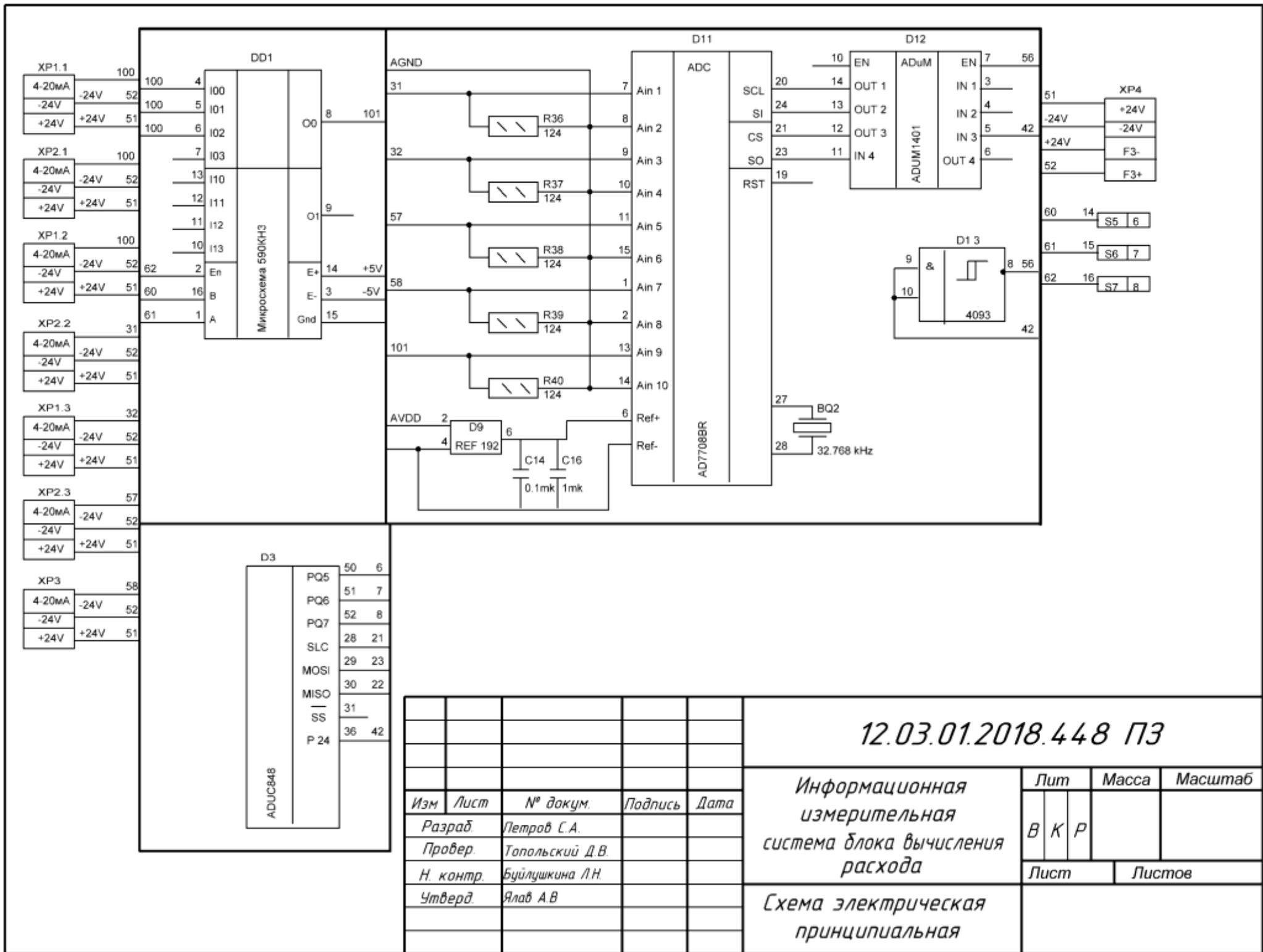


Рисунок А.1 – Алгоритм измерительного канала

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА



12.03.01.2018.448 ПЗ

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб		Петров С.А.		
Провер		Топольский Д.В.		
Н. контр.		Буйлушкина Л.Н.		
Утверд		Ялав А.В.		

Информационная  
измерительная  
система блока вычисления  
расхода

Схема электрическая  
принципиальная

Лист			Масса	Масштаб
В	К	Р		
Лист			Листов	



## ПРИЛОЖЕНИЕ В. КОМПАКТ-ДИСК

Содержание:

1. Пояснительная записка.
2. Презентация.