

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

---

Институт кибернетики  
Направление подготовки 27.04.04 Управление в технических системах  
Кафедра систем управления и мехатроники

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Исследование методов повышения точности при измерении расхода газа на расходомерах переменного перепада давления</b>

УДК 681.121.8-021.416

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8АМ5Б	Ли Антон Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СУМ	Воронин Александр Васильевич	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Петухов Олег Николаевич	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Извеков Владимир Николаевич	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
СУМ	Губин Владимир Евгеньевич	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски работы коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

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

Институт кибернетики  
 Направление подготовки 27.04.04 Управление в технических системах  
 Кафедра систем управления и мехатроники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой СУМ  
 \_\_\_\_\_ Губин В.Е.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
8АМ5Б	Ли Антон Владимирович

Тема работы:

Цифровое управление предварительной подготовкой газа на месторождении
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	09.06.2017 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является измерительная система расходомера переменного перепада давления для измерения расхода природного газа. Расчет количества газа происходит за счет создаваемого перепада давления на сужающем устройстве (диафрагме). Процесс измерения непрерывный. Разработанная система измерения расхода газа должна обеспечивать надежную и эффективную работу объекта управления, а также повышать экономическую эффективность и экологическую безопасность.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Исследование недостатков расходомеров переменного перепада давления</li> <li>2. Изучение основных направлений повышения точности</li> <li>3. Изучение причин возникновения погрешностей расходомеров переменного перепада давления</li> <li>4. Исследование влияния возмущающих воздействий на погрешность измерений</li> <li>5. Применение тестовых методов повышения точности для измерения расхода газа</li> <li>6. Разработка информационно – измерительной системы измерения расхода газа</li> </ol>

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1 Технологическая схема системы измерения расхода газа. 2 Структура информационно – измерительной системы расхода газа

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Петухов Олег Николаевич
Социальная ответственность	Извеков Владимир Николаевич

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	15.01.2016 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СУМ	Воронин Александр Васильевич	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8АМ5Б	Ли Антон Владимирович		

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

---

Институт кибернетики  
Направление подготовки 27.04.04 Управление в технических системах  
Кафедра систем управления и мехатроники  
Уровень образования – магистратура  
Период выполнения – осенний/весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
--------------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	09.06.2017 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.05.2017 г.	Основная часть	60
27.05.2017 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
27.05.2017 г.	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СУМ	Воронин Александр Васильевич	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
СУМ	Губин Владимир Евгеньевич	К.Т.Н.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 87 с., 12 рис., 9 табл.

Ключевые слова: расходомер переменного перепада давления, расход газа, повышение точности, сужающее устройство, диафрагма, коэффициент истечения, поправочный коэффициент, информационно – измерительная система, узел учета расхода и количества газа, число Рейнольдса.

Объектом исследования является измерительная система расходомера переменного перепада давления.

Цель работы – повышение точности измерительной системы расходомера за счет создания информационно – измерительной системы и проведения тестовых методов, обеспечивающих меньшую погрешность при расчете количества газа, а следовательно, повышение точности расхода газа.

В данном проекте были исследованы основные причины повышения погрешности при измерении расходомером переменного перепада давления, разработана информационно – измерительная система, а также проверена эффективность предложенной системы.

Разработанная система может применяться на производстве для измерения количества газа на газопроводах большого диаметра (более 500мм). Данная система позволит увеличить точность измерения расхода природного газа, без усложнения технологического процесса.

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В работе используются следующие термины с соответствующими определениями:

**расходомер переменного перепада давления:** это измерительные приборы, принцип действия которых основан на измерении перепада давления, создаваемого при протекании жидкого или газообразного вещества, через сужающее устройство, установленное внутри трубопровода.

**сужающее устройство (СУ):** или диафрагма, первичное преобразовательное устройство, на котором происходит перепад давления за счет прохода измеряемой среды через отверстие меньшим диаметром.

**магистральный газопровод (МГ):** это газопровод по которому течет природный газ на большие расстояния под большим давлением.

**коэффициент истечения (КИ):** это коэффициент, который является в большей степени причиной дополнительных погрешностей, за счет возникновения возмущающих факторов.

**автоматизированная система (АС):** это комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса. Термин автоматизированная, в отличие от термина автоматическая подчеркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций, либо наиболее общего, целеполагающего характера, либо не поддающихся автоматизации;

**интерфейс (RS-232C, RS-422, RS-485, CAN)** – это совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой;

**интерфейс оператора** – это совокупность аппаратно-программных компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействие пользователя с системой;

**техническое задание на АС (ТЗ)** – утвержденный в установленном порядке документ, определяющий цели, требования и основные исходные данные, необходимые для разработки автоматизированной системы;

**объект управления** – обобщающий термин кибернетики и теории автоматического управления, обозначающий устройство или динамический процесс, управление поведением которого является целью создания системы автоматического управления;



## Оглавление

Введение.....	10
1.1 Основные задачи учета природного газа.....	10
1.2 Виды контроля и учета.....	10
1.3 Недостатки расходомеров переменного перепада давления.....	11
1.4 Цель работы.....	12
2 Основные направления повышения точности измерения расхода.....	13
2.1. Основные требования к современным средствам и системам измерения расхода газа.....	15
2.2 Основные причины возникновения погрешностей расходомеров переменного перепада давления.....	17
2.3 Влияние шероховатости газопровода на КИ.....	20
2.4 Влияние притупления входной кромки диафрагмы на ее КИ.....	21
2.5 Влияние коэффициента расширения на КИ.....	23
3. Обзор достоинств и недостатков других видов расходомеров.....	24
3.1. Ультразвуковые расходомеры.....	24
3.2 Тахометрические расходомеры.....	25
3.3 Вывод по 2 и 3 главе.....	26
4. Исследование и разработка информационно - измерительной системы измерения расхода газа, которая исключает влияние коэффициента истечения сужающих устройств.....	28
4.1 Применение тестовых методов повышения точности для измерения расхода газа.....	28

4.2 Информационно – измерительная система измерения расхода газа повышенной точности.....	30
4.3 результаты и выводы к 4 главе.....	40
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	41
6. Социальная ответственность.....	57
7. Заключение.....	85
8. Список использованных источников.....	86

## **Введение**

Расходомеры, применимые для учета веществ и контроля технологических процессов, являются средствами измерений, которые относятся к группе ресурсосберегающих.

Ни одну отрасль промышленности не является возможным представить без контроля расхода, где применяются расходомеры. Расходомеры используются для обеспечения управления и для оптимизации сложных технологических процессов в различных отраслях (в нашем случае в газовой промышленности). Расходомеры используются для автоматизации производства, при помощи их достигается максимальная эффективность.

В нашем случае газовой промышленности измерение расхода газа приводит к задаче учета газа. Главной целью этой задачи является нахождение объемов природного газа, который протекает через участки газораспределения, где проводятся расчеты расхода газа.

### **1.1 Основные задачи учета природного газа**

Основными задачами учета природного газа являются правильность учета и обеспечение баланса (газ поступающий от поставщика к потребителю должен быть равен сумме приведенных к стандартным условиям объемов газа, которые получают все потребители).

### **1.2 Виды контроля и учета**

Различают несколько видов контроля и учета:

1. Коммерческий контроль и учет – считается наиболее ответственным видом учета. Производится по правилам и документам, имеющим статус

- юридических норм, регулирующий взаимоотношения между поставщиком и покупателем.
2. Хозяйственный контроль и учет, где расчет объемов газа осуществляется одним предприятием.
  3. Оперативный контроль – связан с получением информации о расходе и количества, который используется в системах управления технологическим процессом и системе регулирования.

Большинство методов и методик, которые написаны в [12 13], для малых диаметров МГ (до 500мм). Данная работа рассчитана для коммерческого учета газа на больших диаметрах (>500мм). Метод переменного перепада давления является самым популярным для коммерческого учета газа на МГ.

Методика расчета расхода и определение погрешности измерения описаны в ГОСТ 8.586.1,2,3,4,5-2005 Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. В расходомерах переменного перепада давления первичным преобразователем является сужающее устройство. В [13] описана подробная классификация сужающих устройств, но наиболее используемая является стандартная диафрагма. Популярность объясняется простотой конструкции стандартного преобразователя, точной проработкой методикой выполнения измерений и поверки. При наличии многих других видов расходомеров (электромагнитных, ультразвуковых и т.д.), преимущество расходомера переменного перепада давления является простота и наглядная методика измерения. Именно поэтому они и по сей день являются наиболее популярными, несмотря на то, что имеют недостатки.

### **1.3 Недостатки расходомеров переменного перепада давления**

Наиболее существенные являются:

- Относительно большие погрешности (до 10% и более (за пределами динамического диапазона));
- Малый динамический диапазон (3-10);

- При прохождении потока через сужающее устройство появляются потери давления
- Пропускная способность уменьшается из-за прохождения потока через измерительный участок;
- Затупление входной острой кромки диафрагмы, которое вызывает изменение в расчете и другие факторы.

Представленные выше недостатки приводят к погрешности коэффициента истечения СУ(сужающего устройства), который является основным фактором для измерения расхода расходомером переменного перепада давления.

Делая вывод из вычеперечисленных проблем, актуальными целями являются задача выявления и ликвидирование причин возникновения погрешностей системы и приборов измерения переменного перепада давления, разработка систем измерения расхода и кол-ва газа, которые будут обеспечивать более точные измерения и изменение некоторых основных параметров расходомера.

#### **1.4 Цель работы**

Целью данной работы является повышение точности измерительных систем расхода газа за счет исключения влияния основных возмущающих воздействий.

## 2. Основные направления повышения точности измерения расхода

Учет количества и расхода газа, в основном связан с задачей определения скорости движущего потока, который зависит от модели течения газов. Модель течения газов составляет несколько составляющих: совокупность управляющих данным процессом уравнений и дополнительных условий, который определяют процесс в целом. Придумано множество моделей течения газов, но все они имеют только аналитическое решение. В основном в качестве основополагающего динамического уравнения, который определяет движение газов, применяют уравнение Бернулли, который является интегралом модели течения Эйлера:

$$k_k \frac{v_{\text{ср}}^2}{2} + \frac{p}{\rho} = \text{const}$$

где  $k_k = \frac{\int v_i^3 dF}{v_{\text{ср}}^3 F}$  – поправочный коэф. Кориолиса, учитыв. Неравномерность распредел. скорости потока,  $v_{\text{ср}}$  – средняя скорость потока;  $v_i$  – скорость течения  $i$ -ой частицы потока,  $F$  – площадь поперечного сечения потока,  $p$  – давление,  $\rho$  – плотность.

Если использовать последнее уравнение в качестве основоного, то необходимо четко соблюдать требования при построении системы измерения расхода и количества газа, потому что уравнение Бернулли применим только для равномерного и стационарного потока с параболическим или логарифмическим профилем скоростей. На практике же, поток газа часто меняет форму потока из-за множества влияющих факторов, например: шероховатость газопровода, явление местных сопротивлений в газопроводе, изменение состава газов, изменение коэффициента сжимаемости и плотности, изменение режимов течения.

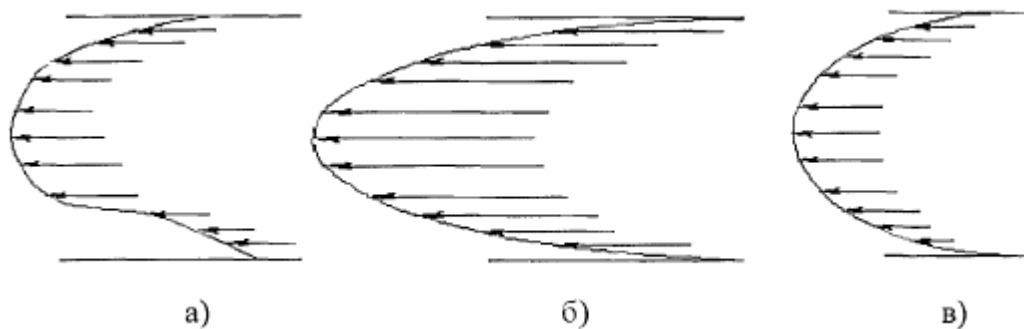


Рисунок – Различные профили потока в газопроводе

а – профиль, с нарушенным местным сопротивлением; б – профиль с повышенной шероховатостью газопровода; в – равномерный, установившийся профиль потока

При применении уравнения Бернулли для вывода уравнения расхода с помощью диафрагм, получается коэффициент, который включается в себя комплекс параметров потока – коэффициент истечения сужающего устройства. Большинство параметров, которые включает в себя коэффициент истечения, невозможно описать аналитически или полностью рассчитать количественно, что является причиной возникновения погрешностей, которые возникают в процессе эксплуатации системы измерения расхода газа. Коэффициент истечения представляется в следующем виде:

$$C = k_E \cdot \mu \cdot k_\psi \cdot k_\xi \cdot k_k,$$

где  $k_E$  – поправочный множитель к коэффициенту скорости входа;  $\mu$  – коэффициент сужения потока;  $k_\psi$  – коэффициент отбора давлений;  $k_\xi$  – коэффициент энергетических потерь;  $k_k$  – коэффициент Кориолиса.

Для того чтобы погрешность была наименьшей, требуется чтобы КИ в процессе эксплуатации оставался постоянным, что не всегда получается при наличии влияющих факторов.

Расходомеры, использующие сужающие устройства объемный расход вычисляется по формуле:

$$Q_0 = CK_{\text{ш}}K_{\text{п}}E\varepsilon F_0\sqrt{2\Delta p/\rho},$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент расширения, учитывающий увеличение удельного объема газа,  $F_0$  – площадь отверстия сужающего устройства,  $\rho$  – плотность;  $\Delta p$  – перепад на сужающем устройстве;  $E$  – коэффициент скорости входа, учитывающий влияние начальной скорости потока на образование коэффициента расхода  $\alpha$ ;  $C$  – исходный коэффициент истечения;  $K_{\text{ш}}$  – поправочный коэффициент на шероховатость внутренней поверхности газопровода;  $K_{\text{п}}$  – поправочный коэффициент на притупление входной кромки диафрагмы.  $C \cdot E = \alpha$  – коэффициент расхода.

Далее будут описаны требования, предъявляемые к средствам измерения расхода газа.

## **2.1. Основные требования к современным средствам и системам измерения расхода газа**

Рассмотрим требования для современных средств измерения, которые более детально описаны в Кремлевский П.П. «Проблемы стандартизации расходомеров с сужающими устройствами», Кремлевский П.П. «Расходомеры и счетчики количества веществ», Гонек Н.Ф., Кремлевский П.П. «Динамические характеристики измерительных приборов». Опишем наиболее важные требования:

1. Высокая точность измерения. Основополагающий параметр не только для расходомеров переменного перепада давления, но и всех средств измерения.

Раньше погрешность в 1,5-2% считалась допустимой, но в наше время требуется погрешность не больше 0,2 – 0,5%. Требуемая погрешность уже достигается некоторыми расходомерами другого типа. Расходомеры переменного перепада давления применяются же для определения количества газа больших объемов, поэтому в данных расходомерах



снижение погрешности достигается при помощи использования износостойчивых диафрагм, новых датчиков давления, температуры, вычислительных комплексов, для определения расхода.

2. Надежность. Также как и высокая точность является важнейшим требованием к расходомерам и проборам измерительной техники в целом. Надежность – это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения. Например, трубы Вентури, которые установлены в водопроводе Санкт-Петербурга, они исправно работают на протяжении 60 лет. Что сильно отличается от время службы стандартных диафрагм, у диафрагм с малыми значениями диаметров, из-за действия потока, кромка закругляется за 3-5 лет.
3. Неизменность результата измерения количества газа в зависимости от плотности вещества. Т.к. не все приборы обладают таким свойством (силовые и тепловые расходомеры независимы от колебания плотности), это требование необходимо для измерения расхода газа, плотность которого зависит от температуры и давления. Известны некоторые системы измерения, которые делают коррекцию плотности потока, об этом более подробно написано в других работах.
4. Быстродействие прибора и измерительной системы. Требования к динамическим характеристикам прибора можно найти в работе Латышева Л.Н. и Даева Ж.А. «Применение расширения русла в качестве чувствительного элемента расходомеров переменного перепада давления». Такое требование определяет применимость приборов в системах автоматического регулирования и при измерении быстроменяющихся расходов. Быстродействие оценивается постоянной времени  $T$ , в течение которой показания прибора при изменении расхода от  $Q_1$  до  $Q_2$  изменяются приблизительно на  $2/3$ . Расходомеры с сужающим устройством имеют постоянную времени равной 4-8 сек.

Время  $T$  меньше, чем короче соединительные трубки, чем меньше измерительный объем дифференциального манометра и чем больше его предел перепада давлений.

5. Диапазон измерений. Диапазон измерений подразумевает под собой отношение максимального расхода к минимальному, который можно измерить с помощью выбранного расходомера. Для расходомеров с сужающим устройством, которые имеют квадратичную характеристику, данный коэффициент равен 3-10.
6. Наличие метрологической базы. Все расходомеры подвергаются градуировки и поверки и требуют образцовые расходомерные установки. Только расходомеры переменного перепада давления не требуют образцовых установок, т.к. для большинства разновидностей были экспериментально установлены и заверены коэффициенты истечения и расширения в стандарте ИСО 5167 и других рекомендациях. Поэтому данные расходомеры получили широкое распространение в газовой промышленности.

Делая вывод из вышеизложенных требований, расходомеры со стандартными диафрагмами (СУ) не отвечают всем требованиям, но и не все требования возникают в один и тот же момент времени. Но все же данный способ измерения расхода остается самым распространенным методом измерения расхода газа.

## **2.2 Основные причины возникновения погрешностей расходомеров переменного перепада давления**

Точность расходомера с сужающим устройством зависит напрямую от коэффициента истечения, на который влияют множество факторов, например: изменение формы и геометрических размеров диафрагмы, которые вызваны гидроударами в МГ. Гидроудар в основном наносит деформацию в

вертикальной оси, что приводит к неплоскому входному торцу. Другим фактором является притупление входной кромки диафрагмы.

Шероховатость входного торца диафрагмы должна быть не более  $10^{-4}d$ , наличие шероховатости может привести к возникновению неплоской диафрагмы.

Шероховатость измерительного МГ также влияет на точность измерения, так как газопровод непосредственно влияет на формирование потока. Конусность и эллиптичность газопровода на расстоянии  $2D$ , расстояния между местными сопротивлениями, изменение плотности потока и т.д. также влияют на точность измерения.

Сужающие устройства также подвергаются отложению осадков и грязи непосредственно на диафрагме и на кромке диафрагмы, что приводит к возникновению дополнительной погрешности. Нарушается острота входной кромки диафрагмы. По данным [40] при одинаковой степени загрязнения погрешность у диафрагмы -12%.

Иногда среда обладает абразивными свойствами, что приводит к коррозии диафрагмы, поэтому они должны изготавливаться из антикоррозийного материала и обладать достаточной стойкостью. Коррозия сужающего устройства вызывает минусовую погрешность, т.к. увеличивается отверстие истечения, а у диафрагм затупливается входная кромка.

Вышеперечисленные факторы влияют на коэффициент истечения (КИ).

КИ стандартного сужающего устройства характеризует отношение действительного массового расхода жидкости (несжимаемой среды), которая протекает через сужающее устройство, к соответствующему значению, вычисленного согласно теоретической модели расхода жидкости через это же сужающее устройство. Чтобы вычислить расход газа, в КИ добавляют умножение на коэффициент расширения.

Теоретическое значение массового расхода через сужающее устройство находят по уравнению

$$Q = F_0 \frac{\sqrt{2\Delta p \rho}}{\sqrt{1 - \beta^4}}$$

а действительное значение из экспериментальных данных.

Числовые значения КИ одинаковы для разных по размерам сужающих устройств одного типа, если сохраняется геометрическое подобие СУ и гидродинамическое подобие потока. Под геометрическим подобием подразумевается отношение геометрических размеров СУ к внутреннему диаметру газопровода. Гидродинамическое подобие потоков является равенство чисел Рейнольдса  $Re$ . Изнашивание СУ приводит к изменению геометрического подобия формы сужающих устройств.

Для определения КИ имеется большая база данных для всех стандартных устройств. Данная база данных составлялась при экспериментальных исследованиях на гладких трубопроводах и несжимаемых жидкостях, в то время действительные значения КИ сильно отличаются от теоретических, т.к. газопроводы имеют коррозию, наличие шероховатостей и т.д. Поэтому для расчета кол-ва газа во время эксплуатации в уравнение расхода вводят поправочный коэффициент, который учитывает шероховатость газопровода.

У диафрагм  $d \leq 125$  мм кроме поправочного коэф. на шероховатость трубы, вводят еще один поправочный множитель, который учитывает притупление кромки диафрагмы.

КИ представляет собой зависимость  $C$  от относительного диаметра сужающего устройства и числа Рейнольдса  $Re$ .

Данную зависимость первым удалось получить Штольцу, нижеприведенная формула применяется в некоторых нормативных документах и выглядит следующим образом:

$$C = 0,5959 + 0,0312\beta^{2,1} - 0,184\beta^8 + 0,0029\beta^{2,5} \left(\frac{10^6}{Re}\right)^{0,75} + \frac{0,09 L_1\beta^4}{(1 - \beta^4)} - 0,0337 L_2\beta^3$$

где  $L_1 = l_1/D$ - отношение расстояния от входного торца диафрагмы до оси отверстия отбора давления  $p_1$  к диаметру трубы,  $L_2 = l_2/D$ - отношение расстояния от выходного торца диафрагм до оси отверстия для отбора давления  $p_2$  к диаметру трубы.

Погрешность КИ по формуле Штольца равна:

$$\delta_C = 0,6\% \text{ при } \beta \leq 0,6$$

$$\delta_C = \beta\% \text{ при } \beta \geq 0,6$$

### 2.3 Влияние шероховатости газопровода на КИ

Трубы, которые имеют небольшие и средние диаметры, допускаю определение КИ без учета шероховатости. В то же время с ростом относительной шероховатости  $\frac{R_{ш}}{D}$  возрастает КИ. Для таких значений КИ умножают на поправочный коэффициент  $K_{ш} > 1$ .  $K_{ш}$  возрастает с ростом относительного диаметра:

$$K_{ш} = 1 + \beta^4 r_0 A_{Re}$$

где  $A_{Re} = 1 - (lg Re - 6)^4 / 4$

Абсолютная шероховатость для газопроводов вычисляют с использованием коэф. гидравлического трения  $\lambda$  и числа Рейнольдса:

$$\frac{R_{ш}}{D} = 3,71 \cdot 10^{-\frac{1}{2\sqrt{\lambda}}} - 9,34/Re\sqrt{\lambda}$$

Погрешность поправочного коэф. напрямую зависит от погрешности от погрешности определения коэффициента гидравл. трения.

Если погрешность коэф.  $\leq 10\%$ , то погрешность  $K_{III}$  равно:

$$\delta K_{III} = 0,5(K_{III} - 1) \cdot 100, \%$$

#### **2.4 Влияние притупления входной кромки диафрагмы на ее КИ**

Входная кромка диафрагмы под влиянием потока газа, который движется с высокой скоростью, притупляется, что приводит к потере остроты входной кромки. Притупленная кромка приобретает круговую или овальную форму, которая определяется условным средним радиусом закругления. В следствии данного процесса возрастает коэффициент сужения, увеличение проходного отверстия и уменьшение выходной скорости потока. Снижение измеряемого перепада давления при росте коэффициента истечения является следствием притупления кромки.

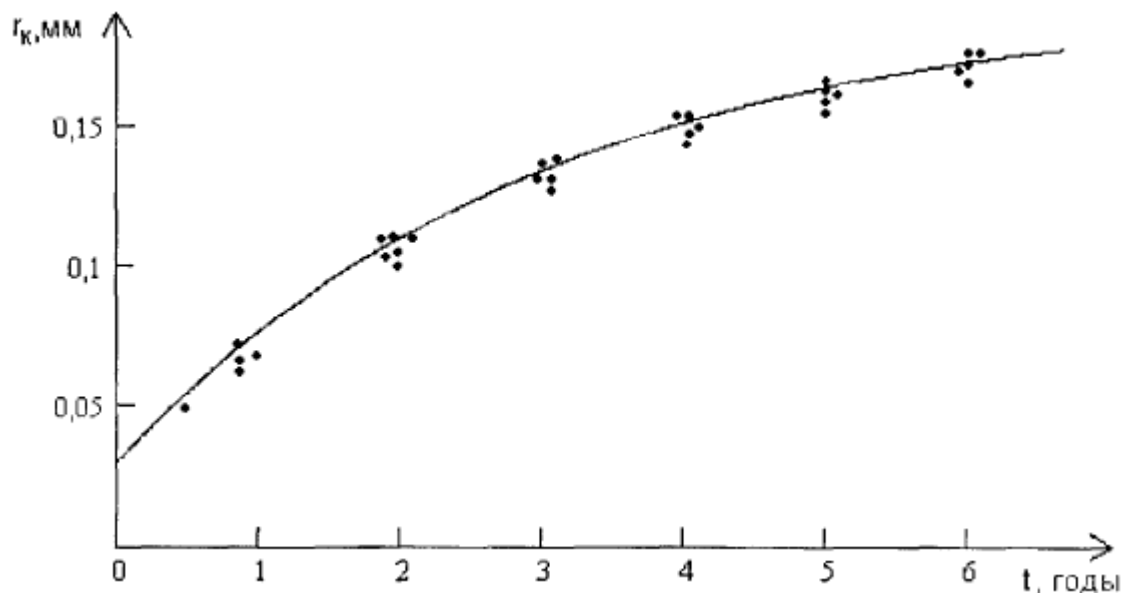
Входная кромка диафрагмы не должна иметь сильно видимого притупления, который можно увидеть при простом осмотре. Проверку проводят путем отраженного луча света, такой метод не дает точных показаний затупления, но является качественным.

Исследователь Спенсер Е. Выяснил, что при малых значениях относительного диаметра малое затупление входной кромки вызывает погрешность КИ 5%, по результатам другого исследователя Ф.Геринга, при радиусе притупления входной кромки 0,5мм погрешность КИ может достигать 13% для диафрагм с отверстием до 85мм.

Для определения радиуса закругления был предложен следующий метод, на основании которого был разработан нормативный документ «О'zRH 51-086-99 Диафрагмы расходомеров переменного перепада давления. Методика выполнения измерений радиуса закругления входной кромки диафрагмы. Ташкент: УГЦСМиС, 1999. 5с.». суть в следующем, получают отлитую форму из эпоксидной смолы, затем она распиливается по вертикали и увеличивая, измеряют радиус закругления. Данный способ предложил Алланиязов Х.А. его

результаты показали, что при радиусе закругления 0,2мм погрешность КИ равна 7%.

Далее представлен график показывающий зависимость среднего радиуса закругления от времени



Как видно что в начале эксплуатации средний радиус закругления увеличивается примерно на 0,04 мм в год, далее тенденция замедляется и на последние 5-6 лет приобретает значение 0,18-0,2 мм.

Полученная зависимость аппроксимируется с погрешностью 4%:

$$r_k = 0,03 + 0,165(1 - e^{-t/3})$$

На основании вышеприведенной формулы Айрапетов В.А. вывел аналитическое выражение для поправочного множителя реальной степени притупления входной кромки диафрагмы:

$$K_{II} = 1,0547 - 0,057e^{-149r_k/d}$$

## 2.5 Влияние коэффициента расширения на КИ

Кроме погрешностей перечисленных выше, имеется также влияние определения коэф. расширения.

Движение газа через СУ можно считать адиабатическим, для него справедлива зависимость:

$$\rho_2 = \rho_1 (p_2/p_1)^{1/k}$$

где  $k$ - показатель адиабаты газа.

Формула для коэф. расширения:

$$\varepsilon = \left[ \frac{(1 - \beta^4) \left(\frac{k}{k-1}\right) \theta^{\frac{2}{k}} (1 - \theta)^{\frac{k-1}{k}}}{\left(1 - \beta^4 \theta^{\frac{2}{k}}\right) \Delta p/p_1} \right]^{1/2}$$

где  $\theta = \frac{p_2}{p_1} = 1 - \Delta p/p_1$ ,  $\beta = d/D$

Данная формула применима для  $\theta \geq 0,75$ .

Для остальных диафрагм коэффициент расширения вычислен экспериментально и полученные результаты аппроксимируются формулой:

$$\varepsilon = 1 - \frac{(0,41 + 0,35\beta^4)}{k} \Delta p/p_1$$

Последняя формула подходит для любых методов отбора давлений при измерении методом переменного перепада давления.

Общая погрешность для коэффициента расширения равна:

$$\gamma_\varepsilon = \frac{n\Delta p}{p_1} + ((1 - \varepsilon)/\varepsilon)(\gamma_\beta^2 + \gamma_{\Delta p}^2 + \gamma_k^2)$$

Коэф. расширения мало зависит от относительного диаметра и от коэффициента адиабаты  $k$ , но сильно от  $\Delta p/p_1$ . При  $\frac{\Delta p}{p_1} = 0$  коэф. расширения



равен 1; при увеличении  $\Delta p/p_1$  он уменьшается, при этом достигается наибольшим значением величины  $\frac{\Delta p}{p_1} = 0,25$  для диафрагм равным примерно 0,9. Обычно коэф. расширения не бывает меньше 0,95-0,98.

Более уточненное уравнение Ридер – Харриса:

$$\varepsilon = 1 - (0,351 + (0,256 + 0,93\beta^4)\beta^4) \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\Delta p}{p_1} \right)^{\frac{1}{k}} \right] \quad (1.1)$$

### **3. Обзор достоинств и недостатков других видов расходомеров**

Существует множество других видов расходомеров отличающиеся между собой по принципу измерения расхода. В данной части я опишу расходомеры, которые могут использоваться для измерения расхода газа на производстве.

#### **3.1. Ультразвуковые расходомеры**

В свое время они были применимы лишь для контроля расхода чистых неагрессивных жидкостей. В их основе метода лежит смещение ультразвуковых колебаний измеряемой средой в направлении движения. Данный метод является бесконтактным, по сравнению с расходомером переменного перепада давления. Данный расходомер имеет ряд недостатков:

- зависимость скорости ультразвуковых колебаний от физико-химических свойств среды;
- скорость потока усредняется вдоль ультразвукового пучка, а не по сечению трубы.

Последний недостаток вынуждает разработчиков дополнять конструкцию датчиками или отражателями, что делает его более дорогостоящим, сложным и

возрастает вероятность ошибки, если выйдет из строя датчик системы. Помимо недостатков имеет ряд достоинств:

- отсутствие перепада давления, т.к. используется бесконтактный способ измерения расхода;
- относительно высокое быстродействие;
- отсутствие подвижных элементов.

Факторы, которые могут привести к наличию погрешностей при использовании данного расходомера:

- отклонения температуры и плотности среды;
- несимметричность излучаемого сигнала;
- отклонение профиля скоростей, которые относились к расчетным;
- ревербационные, обусловленные наличием отражений ультразвуковых волн от поверхностей датчиков.

### **3.2 Тахометрические расходомеры**

В тахометрических расходомерах выделяют 3 основных узла:

- 1) подвижный элемент;
- 2) тахометрический преобразователь, устанавливаемый в потоке и формирующий сигнал ;
- 3) устройство, измеряющее сигнала.

Применение тахометрических расходомеров, в отличие от ультразвуковых и сужающим устройством, ограничено диапазоном диаметров, т.к. при увеличении условного прохода растет погрешность измерения. Погрешность различна, у одних  $\pm 3\%$  и ниже и  $\pm 1,5\%$  в верхнем пределе, у других не превышает  $1\%$  в диапазоне расходов от  $0,1 Q_{max}$  до  $Q_{max}$ . При применении тахометрического расходомера появляется потеря давления, которая также

различна. Она растет с возрастанием диаметра от нескольких десятков до сотен паскаль.

Межпроверочный интервал различен у различных производителей и зависит от среды измерения (агрессивная или неагрессивная) а также установленным производителем сроком службы. Поверку проводят на образцовом расходомерном стенде.

Погрешность расходомера переменного перепада давления на сегодня не превышает  $\pm 0,5\%$ , а погрешность тахометрического не высокого класса  $\pm 1\%$ , а у высокого класса расходомеров погрешность  $\pm 0,2-0,3\%$ . Динамический диапазон измерений у тахометрического и ультразвукового расходомера шире, чем у расходомера перепада давления.

### **3.3 Вывод по 2 и 3 главе**

1. на точность измерения расхода методом переменного перепада давления существенное влияние оказывает притупление входной кромки диафрагмы, шероховатость внутренней поверхности измерительного трубопровода, состояние диафрагмы. Перечисленные возмущения в первую очередь сказываются на значениях коэффициента истечения. Вводимые поправочные коэффициенты не обеспечивают полную коррекцию исходного коэффициента истечения.

2. Результат обзора литературных источников по расходомерии показал, что единственным критерием оценки радиуса закругления входной кромки является время эксплуатации.

3. Проведенный обзор метрологических и эксплуатационных характеристик тахометрических и ультразвуковых расходомеров показал, что данные средства измерения обладают наименьшими пределами основных погрешностей только в малой части диапазона измерения, которая обусловлена невозможностью поверки на больших значениях расхода.

4. Исследование и разработка информационно - измерительной системы измерения расхода газа, которая исключает влияние коэффициента истечения сужающих устройств.



Для получения алгоритма повышения точности измерения сначала находят реальные параметры  $a_1, a_2, \dots, a_n$  из системы уравнений, далее находят значение измеряемой величины и исходного уравнения. Конечное соотношение, которое показывает связь входной величины с результатами преобразований и величинами  $A_1 + A_2(x) + \dots + A_n(x)$  тестов, будет представлять собой алгоритм повышения точности измерений.

Полученные тесты бывают аддитивные и мультипликативные. При реализации в реальных измерительных системах аддитивные тесты создаются блоками аддитивных тестов (БАТ), а мультипликативные в блоках мультипликативных тестов (БМТ).

Сумма аддитивных тестов выглядят следующим образом:

$$A_i(x) = x + \theta_i, \quad (2.3)$$

где  $\theta_i$ - пост. составляющая теста, не зависящая от  $x$ .

Мультипликативные представлены в виде произведения:

$$A_i(x) = K \cdot x,$$

где  $K$  – коэффициент преобразования блока мультипликативных тестов, не зависящий от  $x$ .

Аддитивные и мультипликативные функциональные тесты имеют вид:

$$A_i(x) = x + \theta_i(x); A_i(x) = K_i(x)x,$$

где  $\theta_i(x)$  и  $K_i(x)$  – некоторые известные функции  $x$ .

Аддитивные и мультипликативные тесты легко формируются для электрических и неэлектрических величин, что является следствием широкого применения в практике конструирования и синтеза измерительных систем.

## **4.2 Информационно – измерительная система измерения расхода газа повышенной точности**

Суть создания информационно – измерительной системы заключается в том, что ответвляемый поток от основного измеряется образцовым расходомером. Т.е. на байпасную линию устанавливается расходомер более высокой точности. В данной работе будет приводиться расчет расхода и погрешности измерения с применением тахометрического расходомера, т.к. погрешность таких расходомеров составляет  $\pm 0,25$ ;  $\pm 0,5\%$ . Также выбор тахометрического расходомера объясняется тем, что обладает несколькими качествами: высокая точность и большой диапазон измерений, быстроедействие. Основной недостаток: изнашивание опор, поэтому они не используются для измерения веществ, имеющих механические примеси. Тахометрический преобразователь служит для преобразования частоты вращения турбинки в измерительный сигнал, обычно электрический частотный. Преобразователь создает тормозящий момент, препятствующий вращению турбинки. Нужно, чтобы этот момент был возможно меньше во избежание вредного влияния на линейность градуировочной зависимости и увеличения зоны нечувствительности. Это требование особенно важно при измерении расхода газа и при малых диаметрах турбинки, когда движущий момент незначителен.

Принцип работы измерительно – информационной системы представлен на рисунке 2.1 . На нем представлена система, состоящая из измерительного газопровода, в которой находится диафрагма, перепад давления измеряется датчиком давления Д. На байпасе газопроводе малого диаметра установлен образцовый расходомер (ОР), в нашем случае тахометрический.

Измеряемая величина будет расход газа  $x$ , перепад давления на сужающем устройстве будет измеряться датчиком давления Д, сужающее устройство образует выходные сигналы  $u_0, u_1, \dots, u_n$ , которые являются перепадом давления.

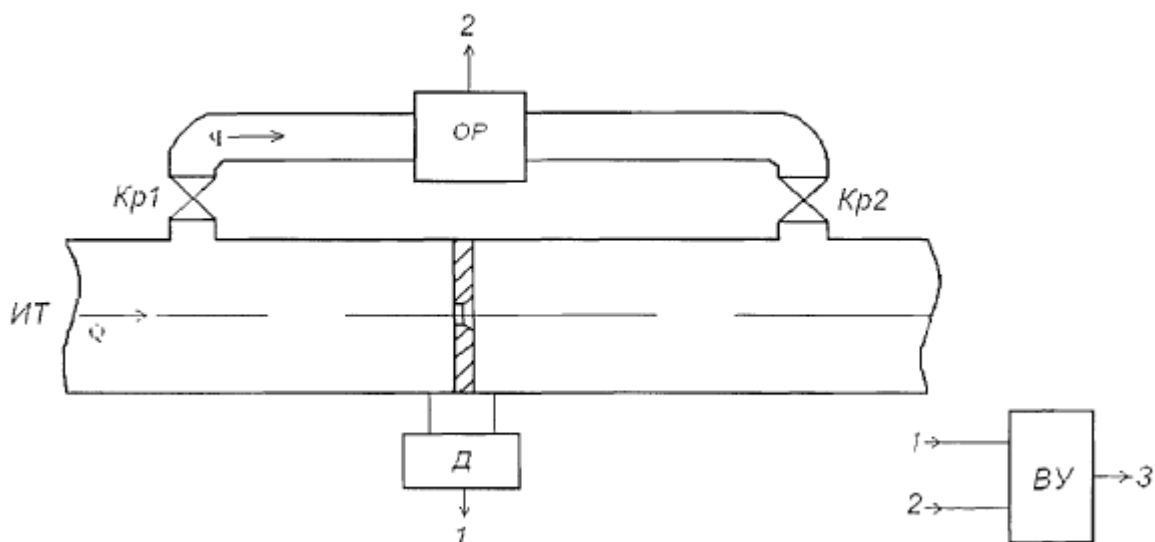


Рисунок 2.1 Технологическая схема системы измерения расхода газа

Процесс измерения будет состоять из 2-х тактов. В первом: при закрытых кранах Кр1 и Кр2 измеряется расход газа по перепаду давления. Данная величина подается на вход датчика. Во втором такте: краны Кр1 и Кр2 открываются и на входе датчика перепада формируется величина перепада давления пропорциональная разности расходов. Результаты преобразований поступают в вычислительное устройство ВУ (контроллер), который релъзует работу под следующим алгоритмом:

Из (2.1), (2.2) и (2.3) получается:

$$\begin{cases} y_0 = ax \\ y_1 = aA(x) = a(x - \theta) \end{cases} \quad (2.4)$$

В системе уравнений (2.4) понимают действительные величины  $x = Q$ ,  $\theta = q$ - расход на байпасе,  $y_0 = \sqrt{\Delta p_1}$ ,  $y_1 = \sqrt{\Delta p_2}$ ,  $a_i = \frac{1}{c_i \cdot K_{\Pi} \cdot K_{Ш} \cdot E \cdot \varepsilon_i \cdot F_0} \sqrt{\rho/2}$  – коэффициент преобразования.

Предположим, что коэффициент преобразования в различных тактах имеет различные значения:

в первом  $a_0 = \frac{1}{c_0 \cdot K_{\Pi} \cdot K_{Ш} \cdot E \cdot \varepsilon_0 \cdot F_0} \sqrt{\frac{\rho}{2}} = \frac{b}{c_0 \cdot \varepsilon_1}$ , где  $b = \frac{1}{K_{\Pi} \cdot K_{Ш} \cdot E \cdot F_0} \sqrt{\frac{\rho}{2}} = const.$



во втором такте  $a_1 = \frac{1}{C_1 \cdot K_{\Pi} \cdot K_{Ш} \cdot E \cdot \varepsilon_1 \cdot F_0} \sqrt{\frac{\rho}{2}} = \frac{b}{C_1 \cdot \varepsilon_1}$

из уравнений  $a_0$  и  $a_1$  находим, что :

$$a_0 = \frac{\varepsilon_1 C_1 a_1}{\varepsilon_0 C_0} . \quad (2.5)$$

из уравнений в системе (2.4) и уравнения (2.5) можно найти алгоритм нахождения измеряемой величины:

$$x = \frac{\theta \cdot y_0}{y_0 - \frac{\varepsilon_1 C_1 y_1}{\varepsilon_0 C_0}}$$

Коэффициент истечения СУ, рассчитываемый по уравнению Ридер-Харриса является функцией  $C = f(\beta, Re)$ . В приведенной схеме измерения величина  $\beta$  (относительный диаметр) не меняется, поэтому его значение одинаково в каждом такте.

Исследуем влияние остальных параметров на КИ сужающего устройства помимо  $\beta$  и  $Re$ .

$$C = \mu \cdot k_{\psi} \cdot k_{\xi} \cdot k_k.$$

$\mu$  – коэффициент сужения, появляется под влиянием сил инерции на некотором участке после диафрагмы. Коэффициент равен отношению площади самого узкого места струи потока газа после диафрагмы к площади отверстия диафрагмы. При увеличении числа Рейнольдса сужение возрастает, а коэффициент  $\mu$  уменьшается до полного или совершенного сужения. При достижении такого сужения величина КИ становится

$C = 0,6 - 0,61$ . При дальнейшем увеличении числа Рейнольдса  $\mu$  не будет заметно изменяться и будет оставаться постоянной.

$k_{\xi}$  – коэффициент потерь, зависящий от  $\xi$ - коэффициента местного сопротивления.  $\xi$ - важнейшая составляющая КИ, который учитывает потери

энергии в сужающем устройстве и устанавливает зависимость от числа Рейнольдса.

$k_{\xi}$  – для диафрагм мало отличается от единицы, т.к. потери на трение и удары в пределах самого сужающего устройства не велики, а потери в мертвых зонах после СУ не влияют на  $k_{\xi}$ .

При достаточно больших значениях числа Рейнольдса больше  $5 \cdot 10^5 \div 2 \cdot 10^5$  коэффициенты местного сопротивления не зависят от числа Рейнольдса.

$k_{\psi}$  – коэффициенты для отбора давления и  $k_k$  – коэффициент для распределения скоростей. Данные коэффициенты зависят от коэффициента Кориолиса и от относительного диаметра СУ и практически не отличаются от единицы.

На рисунке 2.2 представлен график зависимости КИ от числа Рейнольдса при любых значениях относительного диаметра.

В таблице 2.1 показаны значения чисел Рейнольдса для различных диаметров газопровода.

Таблица 2.1

Условный диаметр ИТ, мм	Число Рейнольдса	Коэффициент истечения $C$	Перепад давления на диафрагме, кПа
50	96942	0,5976	58
100	121693	0,59805	61
150	503735	0,5981	61
400	3840519	0,6013	61
400	4396115	0,6015	61
500	8935864	0,6006	61

По данным таблицы видим, что при малых диаметрах газопровода  $D_y = 50\text{мм}$  значение числа Рейнольдса равно порядка  $10^4$ . С увеличением диаметра газопровода увеличивается и число Рейнольдса. Это объясняется тем, что при работе расходомеров переменного перепада давления значения КИ с уменьшением лежат в горизонтальном участке графика 2.2.

При включении расходомера на байпасе на втором такте происходит небольшое уменьшение числа Рейнольдса, следствием является то, что КИ остается неизменным. Поэтому отношение  $\frac{C_1}{C_0} = 1$ .

Из отношения  $\frac{C_1}{C_0} = 1$  получается, что вводить поправочные коэффициенты на притупление входной кромки и шероховатость газопровода не имеет необходимости.

Для получения более точных результатов данный метод желательно применять для газопроводов диаметром больше 150мм, т.е. числа Рейнольдса больше  $2 \cdot 10^5$ .

Уравнение для измерения расхода газа без КИ будет выглядеть следующим образом:

$$Q = \frac{q\sqrt{\Delta p_1}}{\sqrt{\Delta p_1 - \Delta p_2}} = \frac{q}{1 - \sqrt{\frac{\Delta p_2}{\Delta p_1}}} = \frac{1}{1-h} \quad (2.6)$$

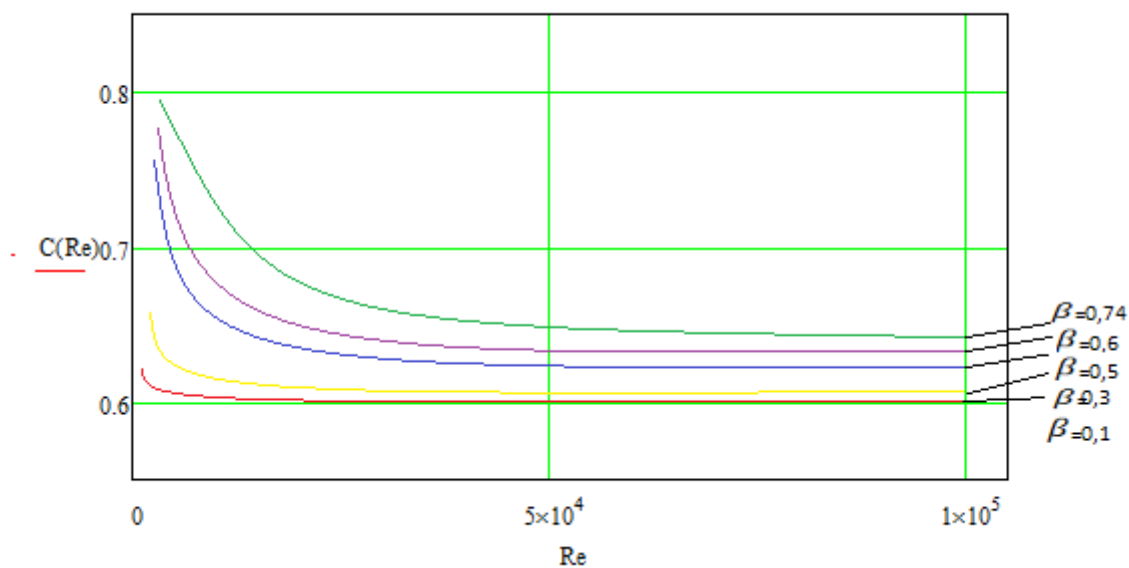


Рисунок 2.2 – КИ С в зависимости от числа Рейнольдса для различных  $\beta$

Для наиболее точного учета газа на ИР, нужно в ВУ проводить расчет по формуле (1.1). Также можно считать отношение КИ по уравнению (1.1), но меняется значение только перепада давления и через СУ проходит меньшее количество газа, поэтому желательнее проводить расчет по формуле (1.1).

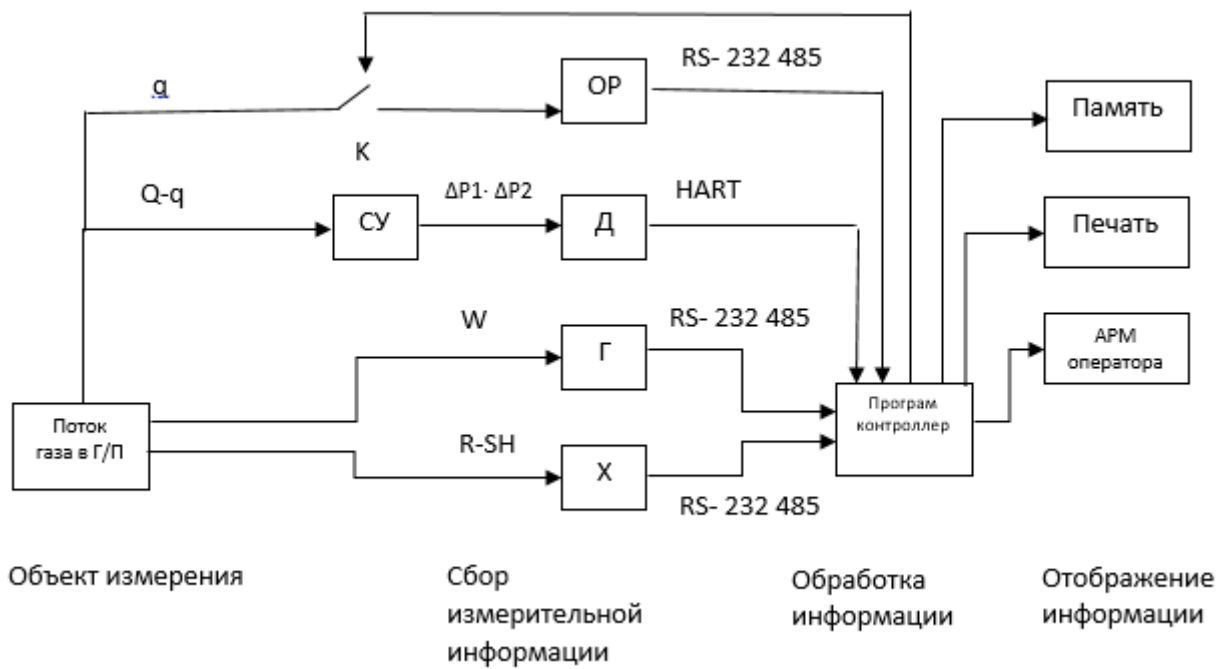


Рисунок 2.3 Структура информационно – измерительной системы расхода газа

Д- датчик перепада давления, СУ – диафрагма, К – запорный кран, ОР – образцовый расходомер, Г – гигрометр, Х – Хроматограф

К процессу измерения расхода газа на рисунке 2.1 соответствует структурная схема рисунка 2.3. На данной схеме видим, что под кранами понимаем ключ, который обеспечивает такты процесса измерения, ОР на байпасе выполняет роль аддитивных тестов, W – гигрометр, для контроля влажности газа, X- хроматограф для контроля сероводорода и наличия меркаптанов. Далее данные поступают в контроллер по стандартным интерфейсам.

И так, вычислим погрешность представленной системы измерения расхода газа.

$$Q = \frac{q}{1 - h}, \text{ где } h = \sqrt{\frac{\Delta p2}{\Delta p1}}$$

$$\frac{dQ}{Q} = \frac{dq}{q} - \frac{d(1-h)}{1-h} = \frac{dq}{q} + \frac{d(h)}{1-h} = \frac{dq}{q} + \frac{d(\sqrt{\Delta p_2} \cdot \frac{1}{\sqrt{\Delta p_1}})}{1-h}$$

$$\frac{dQ}{Q} = \frac{dq}{q} + 0,5 \left( \frac{Q-q}{q} \right) \left[ \frac{d\Delta p_2}{\Delta p_2} - \frac{d\Delta p_1}{\Delta p_1} \right] \quad (2.7)$$

Далее погрешность датчика перепада давления представим двухзвенной формулой  $\gamma_{\Delta p_1} = \gamma_m \pm \gamma_a \frac{\Delta p_{max}}{\Delta p_1}$ , где  $\gamma_m$ ,  $\gamma_a$  мультипликативная и аддитивная соответственно составляющие погрешности;  $\Delta p_{max}$  – наибольший перепад давления на СУ.

Для второго такта можно аналогично записать  $\gamma_{\Delta p_2} = \gamma_m \pm \gamma_a \frac{\Delta p_{max}}{\Delta p_2}$

Следующим шагом в формуле (2.7) выражение крайней скобки можно представить в виде:

$$\begin{aligned} \frac{d\Delta p_2}{\Delta p_2} - \frac{d\Delta p_1}{\Delta p_1} &= \gamma_{\Delta p_2} - \gamma_{\Delta p_1} = \left( \gamma_m \pm \gamma_a \frac{\Delta p_{max}}{\Delta p_2} \right) - \left( \gamma_m \pm \gamma_a \frac{\Delta p_{max}}{\Delta p_1} \right) \\ &= \gamma_a \left[ \frac{\Delta p_{max}}{\Delta p_2} - \frac{\Delta p_{max}}{\Delta p_1} \right] = \gamma_a \Delta p_{max} \left[ \frac{1}{\Delta p_2} \cdot \frac{\Delta p_1}{\Delta p_1} - \frac{1}{\Delta p_1} \right] \\ &= \gamma_a \frac{\Delta p_{max}}{\Delta p_1} \left[ \frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} - 1 \right] = \gamma_a \frac{\Delta p_{max}}{\Delta p_1} \left[ \left( \frac{Q}{Q-q} \right)^2 - 1 \right]. \end{aligned} \quad (2.8)$$

И тогда окончательное выражение с учетом (2.8) для погрешности системы измерения расхода:

$$\gamma_Q = \sqrt{\gamma_q^2 + 0,25 \frac{(Q-q)^2}{q^2} \gamma_{a\Delta p}^2 \left( \frac{\Delta p_{max}}{\Delta p_1} \right)^2 \left( \frac{Q^2}{(Q-q)^2} - 1 \right)^2} \quad (2.9)$$

где  $\gamma_q$  – относ. погрешность измерения расходомера на байпасе;

$\gamma_Q$  – относительная погрешность расхода системы.

Из уравнения (2.9) видим, что множитель  $\frac{(Q-q)^2}{q^2}$  показывает парциальность метода измерений, а сомножитель  $\left(\frac{Q^2}{(Q-q)^2} - 1\right)^2$  – вклад тестового метода измерений.

Чтобы оценить уравнение погрешности измерения расхода зададим ряд значений аддитивной погрешности для наиболее распространенных датчиков перепада давления и выполним расчет для турбинного расходомера:

- датчик Метран- 150CD с  $\gamma_{\Delta p} = 0,025 + 0,005 \frac{\Delta p_{max}}{\Delta p}$ ;
- датчик Метран – 49-ДД модель 9420 с  $\gamma_{\Delta p} = 0,2 + 0,025 \frac{\Delta p_{max}}{\Delta p}$ ;
- датчик Метран -22- ДД-АС-1 модель 2560 с  $\gamma_{\Delta p} = 0,2 + 0,02 \frac{\Delta p_{max}}{\Delta p}$ .

Погрешность турбинного расходомера  $\gamma_q = 0,25\%$ , максимальный расход  $q_{max} = 25000 \text{ м}^3/\text{ч}$  для газопровода  $D = 300 \text{ мм}$ .

Влияние парциальной составляющей метода измерения на общую погрешность показано на рисунке 2.4, где  $\gamma_Q$  – погрешность системы в целом,  $\frac{Q}{q}$  – отношение расходов. График построен для турбинного расходомера с датчиком Метран- 150.

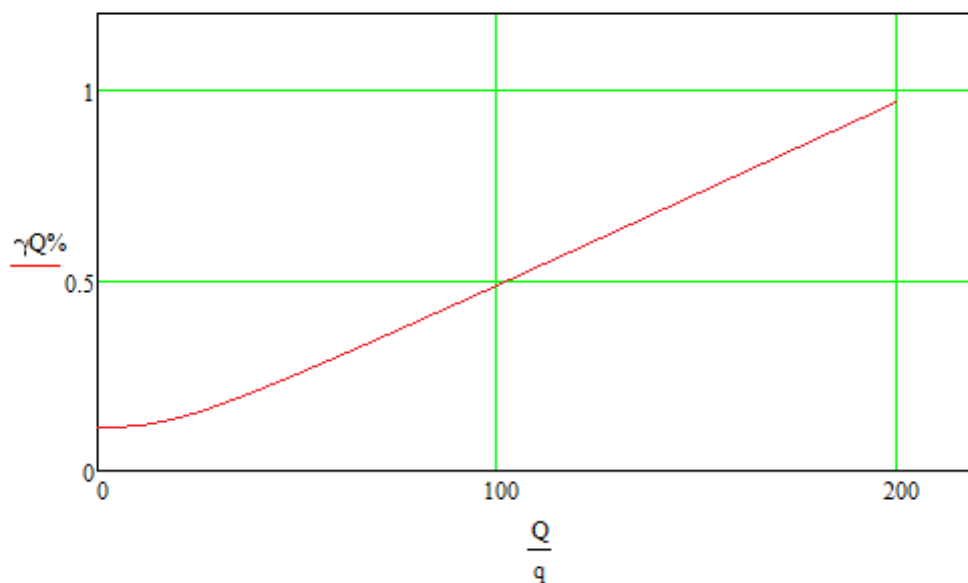


Рисунок 2.4 – Влияние парциальной составляющей на погрешность

Из графика видим, что при расширении диапазона увеличивается погрешность, но при этом требуемая погрешность в 1% может достичь при достаточно большом значении отношения расходов.

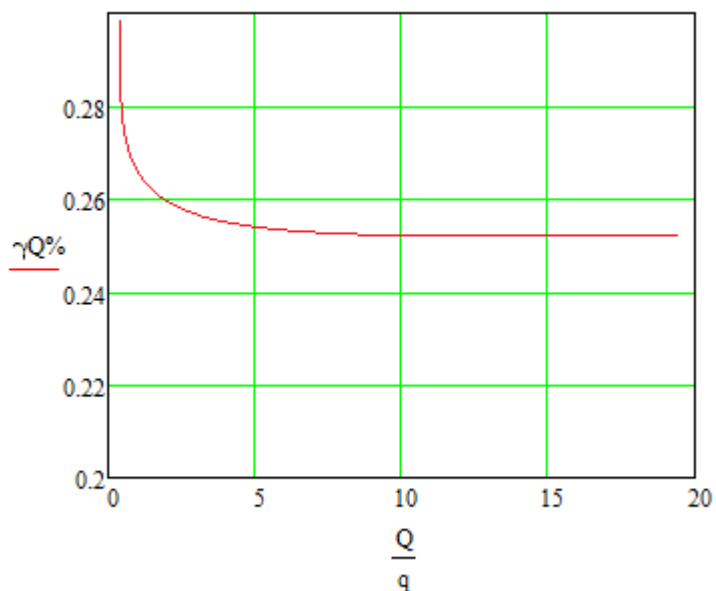


Рисунок 2.5 – Влияние множителя, являющийся частью тестового метода измерения

На графике видно, что погрешность измерения системы не будет расти больше погрешности турбинного расходомера. Это поясняется тем, что



влияние тестовой составляющей, передается только погрешность турбинного расходомера, который применяется со второго такта.

#### **4.3 результаты и выводы к 4 главе**

1. Разработана конструкция системы измерения расхода и количества газа и алгоритм работы системы, обеспечивающие инвариантность расходомера к закруглению входной кромки, шероховатости внутренней поверхности измерительного газопровода и нарушению профиля потока. Система измерения в целом обеспечивает инвариантность к коэффициенту истечения.

2. Расчитан предел допустимой погрешности. Выявлено, что начальная погрешность системы измерения определяется погрешностью расходомера установленного на байпасе. Выявлено, что установка расходомера высокого класса точности обеспечивает высокую точность измерения общего расхода, проходящего через систему.

## 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 5.1. Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ. Это можно сделать при помощи линейного графика работ. Для его построения сначала определим полный перечень проводимых работ, их продолжительность и исполнителей. Полученные данные сведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнитель и	Загрузка исполнителя НР, %	Загрузка исполнителя И, %
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	100	
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	100	10
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	25	100
Разработка календарного плана	НР, И	100	10
Обсуждение литературы	НР, И	30	100
Выбор структурной схемы системы и используемых математических методов	НР, И	70	100
Выбор методов и программных средств реализации	НР, И	20	100

Проведение расчетов и валидация модели	И		100
Создание программного продукта	И		100
Оформление расчетно-пояснительной записки	И		100
Подведение итогов	НР, И	45	100

### 5.1.1 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ определены опытно-статистическим экспертным методом.

Определим ожидаемое время проведения работ, длительность этапов в рабочих и календарных днях, по формулам:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}$$

где  $t_{min}$  – минимальная продолжительность работы, дн.;

$t_{max}$  – максимальная продолжительность работы, дн.;

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}$$

где  $t_{ож}$  – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$  – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно  $K_{ВН} = 1$ ;

$K_{Д}$  - коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ( $K_{Д} = 1-1,2$ ).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$TKD = TRD \cdot TK$$

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

Возьмем  $K_d = 1,1$ .

$T_K$  – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_{K6} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

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

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

$T_{ПД}$  – праздничные дни ( $T_{ПД} = 10$ ).

В таблице 5.2 приведены продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе.

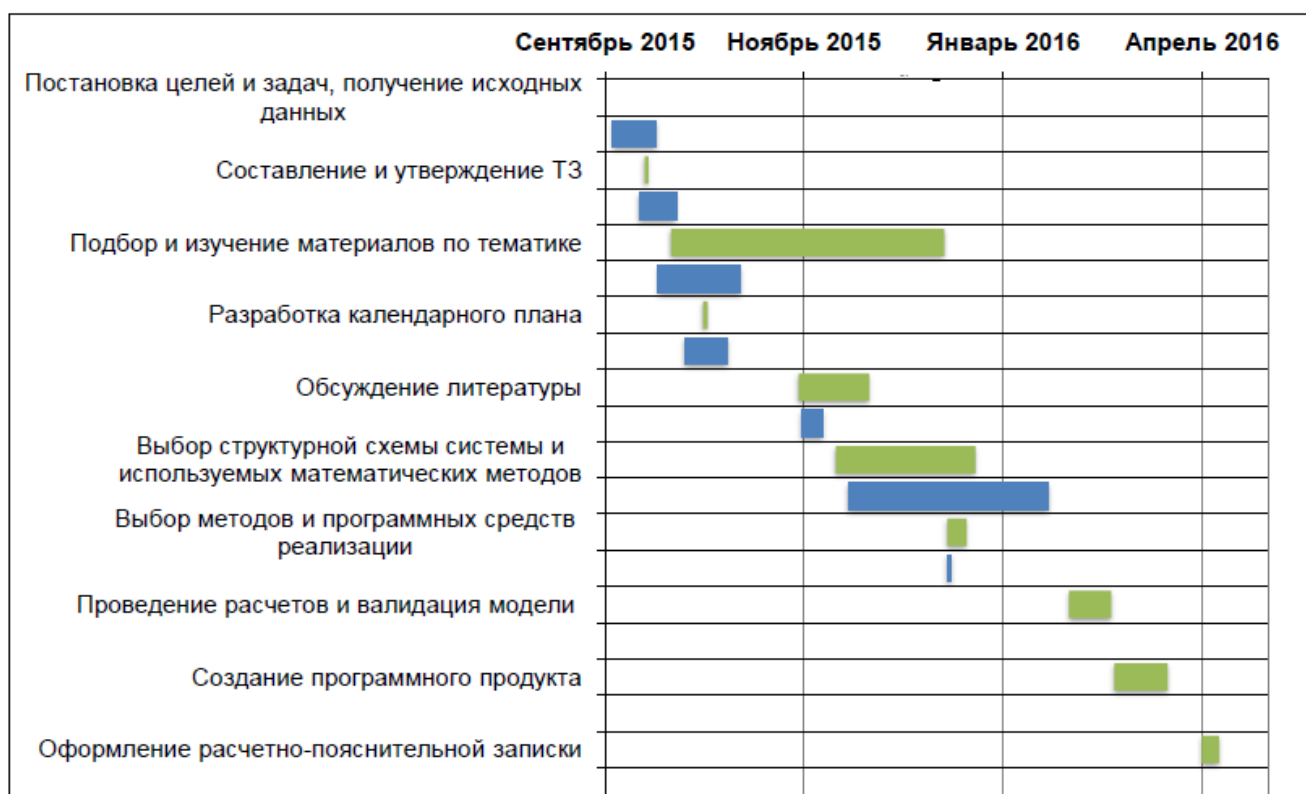
Таблица 5.2 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнитель	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.-дн.			
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	$T_{РД}$		$T_{КД}$	
					НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	2	3	2,4	2,64	0,00	3,18	0,00
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	1	3	1,8	1,98	0,20	2,39	0,24
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	15	22	17,8	4,9	19,58	5,90	23,59
Разработка календарного плана	НР, И	2	3	2,4	2,64	0,26	3,18	0,32
Обсуждение литературы	НР, И	3	6	4,2	1,39	4,62	1,67	5,57
Выбор структурной схемы системы и используемых	НР, И	8	15	10,8	8,32	11,88	10,02	14,32

математических методов								
Выбор методов и программных средств реализации	НР, И	5	9	6,6	1,45	7,26	1,75	8,75
Проведение расчетов и валидация модели	И	12	18	14,4	0,00	15,84	0,00	19,09
Создание программного продукта	И	15	23	18,2	0,00	20,02	0,00	24,12
Оформление Расчетно-пояснительной записки	И	5	7	5,8	0,00	6,38	0,00	7,69
Подведение итогов	НР, И	3	6	4,2	2,08	4,62	2,51	5,57
<b>Итого</b>				<b>88,6</b>	<b>25,39</b>	<b>90,66</b>	<b>30,59</b>	<b>109,25</b>

Величины трудоемкости этапов по исполнителям ТКД позволяют построить линейный график осуществления проекта (табл. 5.3).

Таблица 5.3 – Линейный график работ



### 5.1.2 Расчет накопления готовности проекта

Оценка текущих состояний (результатов) работы над проектом определяется согласно формулам ниже и отражена в табл. 6.4.

- $TP_{\text{общ.}}$  – общая трудоемкость проекта;
- $TP_i$  ( $TP_k$ ) – трудоемкость  $i$ -го ( $k$ -го) этапа проекта,  $i = \overline{1, I}$ ;
- $TP_i^H$  – накопленная трудоемкость  $i$ -го этапа проекта по его завершении;
- $TP_{ij}$  ( $TP_{kj}$ ) – трудоемкость работ, выполняемых  $j$ -м участником на  $i$ -м этапе,

здесь  $j = \overline{1, m}$  – индекс исполнителя, Степень готовности определяется формулой:

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{\text{общ.}}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{\text{общ.}}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}$$





Таблица 5.4 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап	ТР <sub>i</sub> , %	СГ <sub>i</sub> , %
Постановка целей и задач, получение исходных данных	2,83	2,83
Составление и утверждение ТЗ	2,74	5,57
Подбор и изучение материалов по тематике	19,01	24,58
Разработка календарного плана	3,02	27,60
Обсуждение литературы	5,63	33,23
Выбор структурной схемы системы и используемых математических методов	12,53	45,76
Выбор методов и программных средств реализации	10,17	55,93
Проведение расчетов и валидация модели	10,60	66,53
Создание программного продукта	17,69	84,22
Оформление расчетно-пояснительной записки	5,78	90,00
Подведение итогов	10,00	100,00

## 5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

Затраты на создание проекта включают все расходы, необходимые для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим

статьям затрат: материалы и покупные изделия; заработная плата; социальный налог; расход на электроэнергию (без освещения); амортизационные отчисления; командировочные расходы; оплата услуг связи; арендная плата за пользование имуществом; прочие услуги (сторонних организаций); прочие (накладные расходы) расходы.

### 5.2.1 Расчет затрат на материалы

Так как для написания ВКР не требовалась покупка какого-либо материального оборудования и лицензий на ПО (использовались оборудование и лицензии университета), то к данной статье расходов можно отнести только расходы на распечатку материалов (примерно 300 листов за время выполнения проекта), ручки, блокноты и ТЗР, см. табл. 3.5.

Таблица 5.5 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Ед.	Сумма, руб.
Распечатка листов А4	2,5	300	шт	750
Ручка	17,5	10	шт	175
Блокнот	33,8	5	шт	169
ТЗР		10	%	109,4
<b>Итого:</b>				<b>1203,4</b>

### 5.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Величины месячных

окладов по нормам ТПУ для научного руководителя принимается равным 33 162,87р., а для студента-исполнителя – 14 874,45р.

Среднедневная тарифная заработная плата ( $ЗП_{\text{дн-т}}$ ) рассчитывается по формуле, учитывающей, что в году 298 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 24,83 рабочих дня при шестидневной рабочей неделе:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{24,83}$$

Расчеты полной заработной платы для обоих участников проекта, с учетом ряда коэффициентов ( $K_{\text{НР}} = 1,1$ ;  $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$ ;  $K_p = 1,3$ ), приведены в таблице 3.6.

Таблица 5.6 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33162,87	1617,70	26,00	1,59	71453,59
И	14874	599,05	91,00	1,70	92610,04
<b>Итого:</b>					<b>164063,63</b>

### 5.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН) включают отчисления в пенсионный фонд, социальное и медицинское страхование, и составляют 30 % от полной заработной платы по проекту (табл. 3.7):

Таблица 5.7 – Затраты на ЕСН

Исполнитель	ЕСН
НР	21 436,08
И	27 783,01
Итого:	49 219,09

### 5.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$\text{Сэл. об.} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \text{ЦЭ}$$

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

$\text{ЦЭ}$  – тариф на 1 кВт·час; Для ТПУ  $\text{ЦЭ} = 5,257$  руб./кВт·час (с НДС).  $t_{\text{об}}$  – время работы оборудования, час.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} * K_t,$$

где  $K_t$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_{\text{рд}}$ , определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение  $t_{\text{об}}$  путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{OB} = P_{ном.} \cdot K_C$$

где  $P_{ном.}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C$  – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности  $K_C = 1$ .

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	$K_T$	Время работы оборудования $t_{OB}$ , час	Потребляемая мощность $P_{OB}$ , кВт	Затраты $\Delta_{OB}$ , руб.
Персональный компьютер	0,9	655,2	0,3	1033,32
Принтер	0,01	7,28	0,1	3,83
<b>Итого:</b>				<b>1037,14</b>

### 5.2.5 Расчет амортизационных расходов

Для расчета амортизации используемого оборудования используется формула:

$$C_{AM} = \frac{N_A \cdot C_{OB} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D}$$

где  $N_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{\text{ОБ}}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования;

$t_{\text{рф}}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Таблица 5.9 – Амортизационные затраты

Наименование оборудования	Год фонд врем $F_{\text{д}}$	Факт Время работы оборудования $t_{\text{рф}}$ , час	$N_{\text{А}}$	$C_{\text{ОБ}}$	$C_{\text{АМ}}$
Персональный компьютер	2384	655,2	0,33	44000,00	4030,87
МФУ	2384	7,28	0,40	9350,00	11,42
<b>Итого:</b>					<b>4042,29</b>

### 5.2.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

Непосредственно учитываемые расходы отсутствуют.

### 5.2.7 Расчет прочих расходов

Здесь, неучтенные в предыдущих статьях расходы на выполнение проекта, принимаем равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$\text{Спроч.} = (\text{Смат} + \text{Сзп} + \text{Ссоц} + \text{Сэл. об.} + \text{Сам} + \text{Снп}) \cdot 0,1$$

$$\text{Спроч.} = 28537,989$$

### 5.2.8 Расчет общей себестоимости разработки

Определим общую себестоимость в таблице 3.10.

Таблица 5.10 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	Смат	1203,4
Основная заработная плата	Сзп	164063,63
Отчисления в социальные фонды	Ссоц	49219,09
Расходы на электроэнергию	Сэл.	1037,14
Амортизационные отчисления	Сам	4042,29
Непосредственно учитываемые расходы	Снр	0
Прочие расходы	Спроч	21956,556
<b>Итого:</b>		<b>241522,11</b>

### 5.2.9 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта принимается в размере 15 % от полной себестоимости проекта и равна 24152,21.

### **5.2.10 Расчет НДС**

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли, а именно 47821,38.

### **5.2.11 Цена разработки НИР**

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС: 313495,70.



### **5.3 Оценка экономической эффективности проекта**

В связи с отсутствием достоверных данных и сложностью их получения, нецелесообразно проводить количественную оценку экономической эффективности проекта. Однако отразим его значимость при помощи качественных показателей, отражающихся в экономической и социальный эффект.

В ходе выполнения ВКР разрабатывается нейросетевая модель, описывающую процессы истечения жидкости из нефтепродуктопровода, отличающуюся тем, что она учитывает математическую зависимость между давлением, расходом и координатой утечки. Нейросетевая модель способна адаптироваться под конкретный участок трубопровода. При этом не требуется описание параметров самого трубопровода, таких как диаметр трубы, геодезическая высота, толщина стенок, шероховатость и т.д. Применение нейросетевой модели позволяет повысить точность расчёта местоположения утечки.

Повышение точности расчёта местоположения утечки приведет к уменьшению потерь нефтепродуктов, а также сократит ущерб на окружающую среду, вследствие чего уменьшатся и штрафные санкции.

## **6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **АННОТАЦИЯ**

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) IC CSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС - Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этичное поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

### **ВВЕДЕНИЕ**

Объект исследования - нефтепродуктопровод с постоянным диаметром трубы, пролегающий между двумя перекачивающими станциями, не имеющий отводы и самотечные участки, по которому перекачивается однородный нефтепродукт преимущественно одним режимом транспортировки.

огласно техническому заданию (ТЗ) планируется разработать нейросетевую модель, описывающую процессы истечения жидкости из нефтепродуктопровода, отличающуюся тем, что она учитывает

математическую зависимость между давлением, расходом и координатой утечки. Нейросетевая модель способна адаптироваться под конкретный участок трубопровода. При этом не требуется описание параметров самого трубопровода, таких как диаметр трубы, геодезическая высота, толщина стенок, шероховатость и т.д. Применение нейросетевой модели позволяет повысить точность расчёта местоположения утечки.

Для выполнения требований ТЗ необходимо создать автоматизированное рабочее место (АРМ) посредством установки ПЭВМ в центральный диспетчерский пункт.

В разделе будут рассмотрены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на производственную деятельность технологического персонала, работающего с автоматизированной системой обнаружения утечек, рассмотрены правовые и организационные вопросы, а также мероприятия в чрезвычайных ситуациях.

## 6.1 Производственная безопасность

### 6.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Перечень опасных и вредных факторов, влияющих на персонал в заданных условиях деятельности, представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Перечень опасных и вредных факторов технологии производства

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Управление механизмами и центрально-диспетчерской, работа с ПЭВМ;</li><li>• Выполнение визуальных осмотров всех основных и вспомогательных</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Повышенная температура;</li><li>• Повышенная напряженность зрения;</li><li>• Повышенная напряженность труда в течение смены;</li><li>• Отсутствие или недостаток естественного света;</li><li>• Электромагнитные излучения;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Электрический ток.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4-548-96;</li><li>• Нормы естественного и искусственного освещения предприятий, СНиП 23-05-95;</li><li>• Допустимые уровни шумов в производственных помещениях. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ;</li></ul>

<p>механизмов до начала их использования при выполнении работ;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Повышенный уровень шума.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03;</li> <li>• Защитное заземление, зануление, ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ.</li> </ul>
--	--	--	---

### **6.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования**

В условиях современного интенсивного использования ПЭВМ важное значение имеет изучение психофизиологических особенностей и возможностей человека с целью создания вычислительной техники, обеспечивающей максимальную производительность труда и сохранение здоровья людей. Игнорирование эргономики может привести к довольно серьезным последствиям.

Основным документом, определяющим условия труда на персональных ЭВМ, являются «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». Санитарные нормы и правила СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, которые были введены 30 июня 2003 года.

В Правилах указаны основные требования к помещениям, микроклимату, шуму и вибрации, освещению помещений и рабочих мест, организации и оборудованию рабочих мест.

Основным опасным фактором является опасность поражения электрическим током. Исходя из анализа состояния помещения, центральный диспетчерский пункт по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности (согласно ПУЭ).

## **6.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов (техника безопасности и производственная санитария)**

### **6.2.1 Требования к помещениям для работы с ПЭВМ**

В соответствии с основными требованиями к помещениям для эксплуатации ПЭВМ (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03) эти помещения должны иметь естественное и искусственное освещение. Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) должна составлять не менее 6 м<sup>2</sup> и с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) 4,5 м<sup>2</sup>.

Для внутренней отделки интерьера помещений с ПЭВМ должны использоваться диффузионно-отражающие материалы с коэффициентом отражения от потолка – 0.7 - 0.8; для стен – 0.5 - 0.6; для пола – 0.3 - 0.5.

### **6.2.2 Микроклимат**

Для обеспечения нормальных метеоусловий и снижения концентрации вредных веществ в операторной комнате предусмотрены естественная и

искусственная вентиляция. Естественная вентиляция осуществляется через вентиляционные короба, искусственная вентиляция – общая приточно – вытяжная. Кратность воздуха  $K = 3 \text{ ч}^{-3}$ . Предусмотрено включение с наружи автомеханической вентиляции.

Воздуховоды изготавливают из не искрящего и нержавеющей материала, чтобы не возникло статистических зарядов. Воздуховоды заземляют.

Оптимальные и допустимые параметры температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха производственных помещений для работ, производимых сидя и не требующих систематического физического напряжения (категория Ia), приведены в таблице 14, в соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03 и СанПиН 2.2.4.548-96.

Таблица 14 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
Холодный	22-24	18-25	40-60	15-75	0.1	Не больше 0.1
Теплый	23-25	20-28	40-60	55 при 28°С	0.1	0.1-0.2

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В соответствии с характеристикой помещения расход свежего воздуха приведен в Таблице 15.

Таблица 15 – Расход свежего воздуха

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м <sup>3</sup> /на одного человека в час
Объем до 20 м <sup>3</sup> на человека	Не менее 30
20...40 м <sup>3</sup> на человека	Не менее 20
Более 40 м <sup>3</sup> на человека	Естественная вентиляция

### 6.2.3 Освещение

Производственное освещение — неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Производительность труда и качество выпускаемой продукции находятся в прямой зависимости от освещения.

Рабочая зона или рабочее место оператора АСУ освещается таким образом, чтобы можно было отчетливо видеть процесс работы, не напрягая зрения, а также исключается прямое попадание лучей источника света в глаза. Кроме того, уровень необходимого освещения определяется степенью точности зрительных работ. Наименьший размер объекта различения составляет 0.5 – 1 мм. В помещении присутствует естественное освещение. По нормам освещенности и отраслевым нормам, работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк (СНиП 23-05-95, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03).



Согласно СНИП 23-05-95 нормы на освещение для оператора поста управления берутся для производственных помещений. Эти нормы представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Нормирование освещенности для работы с ПК

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Искусственное освещение			Естественное освещение		
					Освещённость на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	Цилиндрическая освещённость, лк	Объединённый показатель UGR, не более	КЕО ен, %, при комбинированном		
								Коэффициент пульсации освещённости К <sub>п</sub> , % не более	верхнем или боковом	
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	Б	1	Не менее 70	300	100*	21 18**	15	3,0	1,0
			2	Менее 70	200	75*	24 18**	20 15** *	2,5	0,7

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК, представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Требования к освещению на рабочих местах с ПК

Освещенность на рабочем столе	300–500 лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м <sup>2</sup>
Прямая блесккость источника света	200 кд/м <sup>2</sup>
Показатель ослеплённости	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

В случае отключения рабочего освещения предусмотрено аварийное освещение  $E = 10$  лк.

Эвакуационное освещение предусмотрено в проходах, на лестницах, которое обеспечивает освещенность в помещениях 0,5 лк, на открытых территориях 0,2 лк.

Светильники аварийного освещения присоединяются к независимому источнику питания, а светильники для эвакуации людей к сети независимого от

рабочего освещения. Для аварийного освещения применяют светильники с лампами накаливания.

### **Расчет системы искусственного освещения на рабочем месте оператора поста управления**

Расчет системы искусственного освещения проводится для прямоугольного помещения, размерами: длина  $A = 4$  (м), ширина  $B = 3$  (м), высота  $H = 2,4$  (м), количество ламп  $N = 4$  (шт).

Вычисления будут, производится по методу светового потока, предназначенного для расчета освещенности общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей. Согласно отраслевым нормам освещенности уровень рабочей поверхности над полом составляет  $0,8$  (м) и установлена минимальная норма освещенности  $E = 300$  (Лк).

Световой поток лампы накаливания или группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi = E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z \cdot 100 / (n \cdot \eta), \quad (1)$$

Где:  $E_n$  – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, (Лк);

$S$  – площадь освещаемого помещения, ( $m^2$ );

$K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), (наличие в атмосфере цеха дыма), пыли;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения. Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным  $Z = 1,1$ ;

$n$  – число светильников;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока, (%);

$\Phi$ – световой поток, излучаемый светильником.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения  $i$ , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью  $h$  и коэффициентов отражения стен ( $\rho_{ст}$ ) и потолка ( $\rho_{п}$ ).

Индекс помещения определяется по формуле

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} \quad (2)$$

Коэффициенты отражения оцениваются субъективно.

**Произведем расчет:**

$$h = H - 0,8 = 2,4 - 0,8 = 1,6 \text{ (м)}, \quad (3)$$

где  $h$  – расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью.

Экономичность осветительной установки зависит от отношения, представленного в формуле:

$$l = \frac{L}{h}, \quad (4)$$

где  $L$  – расстояние между рядами светильников, м.

Рекомендуется размещать люминесцентные лампы параллельными рядами, принимая  $l = 1,4$ , отсюда расстояние между рядами светильников:

$$L = l \cdot h = 1,4 \cdot 1,6 = 2,24 \text{ (м)} \quad (5)$$

Два ряда светильников будут расположены вдоль длинной стены помещения. Расстояние между двумя рядами светильников и стенами вычисляется по формуле:

$$Л = \frac{(B - L)}{2} = \frac{(3 - 2,24)}{2} = 0,38 \text{ (м)} \quad (6)$$

Определим индекс помещения вычисляя по формуле (5.2) получаем:

$$i = \frac{12}{(4+3) \cdot 1,6} = 1,07$$

Найдем коэффициенты отражения поверхностей стен, пола и потолка.

Так как поверхность стен окрашена в серый цвет, свежепобеленные с окнами без штор, то коэффициент отражения поверхности стен  $R_{ст} = 50\%$ . Так как поверхность потолка светлый окрашенный, то коэффициент отражения поверхности потолка  $R_{п} = 30\%$ .

Учитывая коэффициенты отражения поверхностей стен, потолка и индекс помещения  $i$ , определяем значение коэффициента  $\eta = 36\%$ .

Подставив все значения в формулу (1), по которой рассчитывается световой поток одного источника света, получаем:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 12 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{4 \cdot 0,36} = \frac{5940}{1,44} = 4125 \text{ (лм)}$$

По полученному световому потоку подбираем лампу, наиболее подходящей является лампа ЛБР-80-1 со световым потоком 4160 (лм).

Выразим  $E$  из формулы (5.1):

$$E = \frac{(F \cdot N \cdot \eta)}{(k)} = \frac{(4160 \cdot 4 \cdot 0,36)}{(1,5 \cdot 12 \cdot 1,1)} = \frac{5990,4}{19,8} = 302,5 \text{ (лм)} \quad (7)$$

Как видно из расчета, минимальная освещенность в пределах нормы.

Для того чтобы доказать, что использование люминесцентной лампы ЛБР-80-1 является наиболее рациональным, рассчитаем необходимое количество светильников по формуле:

$$N = \frac{(E \cdot k \cdot S \cdot Z)}{(n \cdot \eta \cdot F)}, \quad (8)$$

где  $E$  – норма освещенности  $E = 300$  (Лк);

$k$  – коэффициент запаса учитывающий старение ламп и загрязнение светильников,  $k = 1,5$ ;

$S$  – площадь помещения;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения,  $Z = 1,1$ ;

$n$  – число рядов светильников,  $n = 2$ ;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока,  $\eta = 0,36$ ;

$F$  – световой поток, излучаемый светильником.

Подставим численные значения в формулу (5.8), получим количество светильников в одном ряду:

$$N = \frac{(300 \cdot 1,5 \cdot 12 \cdot 1,1)}{(2 \cdot 4160 \cdot 0,36)} = \frac{5940}{2995,2} \approx 1,98 \approx 2 \text{ (шт)}$$

Длина одного светильника равна 1,5 (м), в одном светильнике 2 лампы ЛБР-80-1.

Так как в рассматриваемом помещении количество ламп 4 (шт), по одному светильнику в двух рядах, следовательно, нормы безопасности по искусственному освещению в данном случае соблюдены.

### 6.3 Шум

Повышенный уровень шума на рабочих местах отнесен к группе физических опасных и вредных производственных факторов. Шум неблагоприятно действуют на организм человека, вызывают головную боль, под его влиянием развивается раздражительность, снижается внимание, замедляются сенсомоторные реакции, повышаются, а при чрезвычайно

интенсивном действии понижаются возбудительные процессы в коре головного мозга. Воздействие шума повышает пороги слышимости звуковых сигналов, снижает остроту зрения и нарушает нормальное цветоощущение. Работа в условиях шума может привести к появлению гипертонической или гипотонической болезни, развитию профессиональных заболеваний – тугоухости и глухоте.

Для пункта управления основными источниками шумов являются оборудование поста управления.

ПДУ шума для объектов типа поста управления нормируются ГОСТ 12.1.003-83 и СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Значения ПДУ согласно этим документам представлены в таблице 18. (для постоянных шумов)

Таблица 18 – ПДУ шума для поста управления

Рабочие места	Уровни звукового давления (ДБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	66	112	225	550	1100	2200	4400	8800	
	3	5	0	0	0	0	0	0	
ПУ	98	974	868	863	860	778	755	754	65
	3								

Для оценки соблюдения ПДУ шума необходим производственный контроль (измерения и оценка). В случае превышения уровней необходимы организационно-технические мероприятия по защите от действия шума (защита временем, расстоянием, экранирование источника, либо рабочей зоны, замена оборудования, использование СИЗ).

## 6.4 Электромагнитные излучения

Электромагнитным излучением называется излучение, прямо или косвенно вызывающее ионизацию среды. Контакт с электромагнитными излучениями представляет серьезную опасность для человека, по сравнению с другими вредными производственными факторами (повышенное зрительное напряжение, психологическая перегрузка, сохранение длительное время неизменной рабочей позы).

Источником ЭМП в диспетчерском пункте является ПЭВМ.

Нормы электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ приведены в таблице 5.6 и таблице 5.7, в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Таблица 5.6 - Временные допустимые ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Таблица 5.7 - Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах



Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		

Для оценки соблюдения уровней необходим производственный контроль (измерения). В случае превышения уровней необходимы организационно-технические мероприятия (защита временем, расстоянием, экранирование источника, либо рабочей зоны, замена оборудования, использование СИЗ).

### 6.5 Электрический ток

ПЭВМ и периферийные устройства являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. При работе с компьютером возможен удар током при соприкосновении с токоведущими частями оборудования.

Рабочие места с ПЭВМ должны быть оборудованы защитным занулением; подача электрического тока в помещение должна осуществляться от отдельного независимого источника питания; необходима изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль; должны быть предусмотрены защитное отключение, предупредительная сигнализация и блокировка.

Согласно ПУЭ помещение, в котором расположено рабочее место, относится к категории без повышенной опасности, и соответствует установленным условиям:

- напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц;
- относительная влажность воздуха 50%;
- средняя температура около 24°С;
- наличие непроводящего полового покрытия.

Основными мероприятиями по защите от электропоражения являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей путем использования изоляции в корпусах оборудования;
- применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током;
- защитного заземления;
- защитного зануления;
- защитного отключения;
- использование устройств бесперебойного питания.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Контроль выполнения требований электробезопасности должен проходить на следующих этапах:

- проектирование;
- реализация;

эксплуатация.

## **6.8 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

### **6.8.1 АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

При транспортировке нефти по трубопроводу с нарушенной герметичностью на поверхность земли вместе с ней попадает большое количество пластовой высокоминерализованной воды.

В нефтяном газе может содержаться сероводород и углекислый газ (содержание сероводорода в воздухе 3мг/л опасно для жизни человека).

Извлеченную на поверхность пластовую воду отделяют путем отстоя от нефти и закачивают снова в пласт через нагнетательные или специально пробуренные поглощающие скважины. Нефтяной газ, содержащий  $H_2S$  и  $CO_2$ , идет на сжигание на факел или на собственные нужды, то есть в печь.

В целях защиты атмосферного воздуха от загрязнения, сброс газа с ППК предусматривается через дренажную емкость на факел для сжигания.

С целью охраны водоемов от попадания загрязненных стоков, все промышленные стоки направляются по системе трубопроводов на очистные сооружения с последующей подачей их в систему поддержки пластового давления.

По охране окружающей среды проведены мероприятия:

- Максимальная герметизация производственного процесса;
- Сокращено прямоточное водоснабжение за счет использования аппаратов воздушного охлаждения для продуктов стабилизации нефти;
- Направление не сконденсировавшихся газов стабилизации в систему газосбора или в дренажные емкости;

– Осадки, после зачистки резервуаров и грунт с нефтепродуктами вывозятся в места, согласованные с санитарной инспекцией, для нейтрализации и дальнейшего закапывания;

– Замазученная ветошь, тряпки собираются и сжигаются за территорией установки, в местах, согласованных с пожарным надзором

### **6.8.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду**

ПЭВМ на постах управления спроектированы для использования в стационарных, защищенных от внешних воздействий условиях. Условия эксплуатации превосходят требования DIN IEC 60721-3-3.

- класс 3М3 (механические требования)
- класс 3К3 (климатические требования)

ПЭВМ на постах управления и их компоненты соответствуют требованиям стандартов ГОСТ Р МЭК 60950-2002, ГОСТ 26329-84 (п. п. 1.2; 1.3), ГОСТ Р 51318.22-99, ГОСТ 51318.24-99, ГОСТ Р 51317.3.2-99, ГОСТ Р 51317.3.3-99. Основное влияние на окружающую среду заключается в образовании и поступлении твердых отходов в виде отработанных ПК, их компонентов и содержащихся в них вредных веществ.

### **6.8.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды**

Снижение загрязнения возможно за счет совершенствования оборудования, производящего электроэнергию, применения более экономичных и результативных технологий, использования новых методов получения электроэнергии и внедрения современных методов и способов очистки и обезвреживания отходов производства. Кроме того, эта проблема должна решаться и за счет эффективного и экономного использования электроэнергии самими потребителями, а это использование более экономичного оборудования, а также эффективного режима загрузки этого

оборудования. Сюда также включается и соблюдение производственной дисциплины в рамках правильного использования электроэнергии.

ПЭВМ на постах управления могут утилизироваться, так как не содержат токсических материалов. Для безопасной с точки зрения охраны окружающей среды утилизации и удаления старых устройств необходимо обратиться к компании производителя ПЭВМ, имеющей сертификат на утилизацию и удаления лома электронного оборудования.

Организация, в которой предполагается использовать разработанную систему, влияет на окружающую среду как потребитель электроэнергии, поскольку здесь работает большое количество электрооборудования и осветительных приборов.

Из этого можно сделать простой вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением.

В современных компьютерах, повсеместно используются режимы с пониженным потреблением электроэнергии при длительном простое.

## **6.9 БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

### **6.9.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований**

В принципе, перечень возможных ЧС на объекте исследования может быть достаточно широк. Ограничиваясь местоположением объекта и условиями его эксплуатации, его можно представить следующим (ориентировочным) вариантом:

- наводнение;
- удар молнии;
- пожар на объекте;

- взрыв.

В этом разделе наиболее актуальным будет рассмотрение вида ЧС - пожар, определение категории помещения по пожаровзрывобезопасности в котором происходит управление технологическим процессом, то есть пост управления и регламентирование мер противопожарной безопасности.

Рабочее место оператора поста управления, должно соответствовать требованиям ФЗ Технический регламент по ПБ и норм пожарной безопасности (НПБ 105-03) и удовлетворять требованиям по предотвращению и тушению пожара по ГОСТ 12.1.004-91 и СНиП 21-01-97.

По пожарной, взрывной, взрывопожарной опасности помещение (ПУ№8) относится к категории В – горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть.

Основным поражающим фактором пожара для помещений данной категории является наличие открытого огня и отравление ядовитыми продуктами сгорания оборудования.

#### **6.9.2 Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований**

Пожар в помещении может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера.

К причинам неэлектрического характера относятся халатное и неосторожное обращение с огнем (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов).

К причинам электрического характера относятся:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;

- большое переходное сопротивление;
- искрение;
- статическое электричество.

Режим короткого замыкания – появление в результате резкого возрастания силы тока, электрических искр, частиц расплавленного металла, электрической дуги, открытого огня, воспламенившейся изоляции.

Причины возникновения короткого замыкания:

- ошибки при проектировании.
- старение изоляции.
- увлажнение изоляции.

Пожарная опасность при перегрузках – чрезмерное нагревание отдельных элементов, которое может происходить при ошибках проектирования в случае длительного прохождения тока, превышающего номинальное значение.

Пожарная опасность переходных сопротивлений – возможность воспламенения изоляции или других близлежащих горючих материалов от тепла, возникающего в месте аварийного сопротивления (в переходных клеммах, переключателях и др.).

### **6.9.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС**

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Пожарная защита должна обеспечиваться применением средств пожаротушения, а также применением автоматических установок пожарной сигнализации.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

- обеспечение эффективного удаления дыма, т.к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;
- обеспечение правильных путей эвакуации;
- наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;
- соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Для тушения пожаров на участке производства необходимо применять углекислотные (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители (например, типа ОП-10), которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем.

Помещение оборудовано пожарными извещателями, которые позволяют оповестить дежурный персонал о пожаре. В качестве пожарных извещателей в помещении устанавливаются дымовые фотоэлектрические извещатели типа ИДФ-1 или ДИП-1.

Выведение людей из зоны пожара должно производиться по плану эвакуации.

План эвакуации представляет собой заранее разработанный план (схему), в которой указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях чрезвычайной ситуации по п. 3.14 ГОСТ Р 12.2.143-2002.

Согласно Правилам пожарной безопасности, в Российской Федерации ППБ 01-2003 (п. 16) в зданиях и сооружениях (кроме жилых домов) при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы (схемы) эвакуации людей в случае пожара.



План эвакуации людей при пожаре из помещения, где расположен диспетчерский пункт (пост управления), представлен на рис. 1

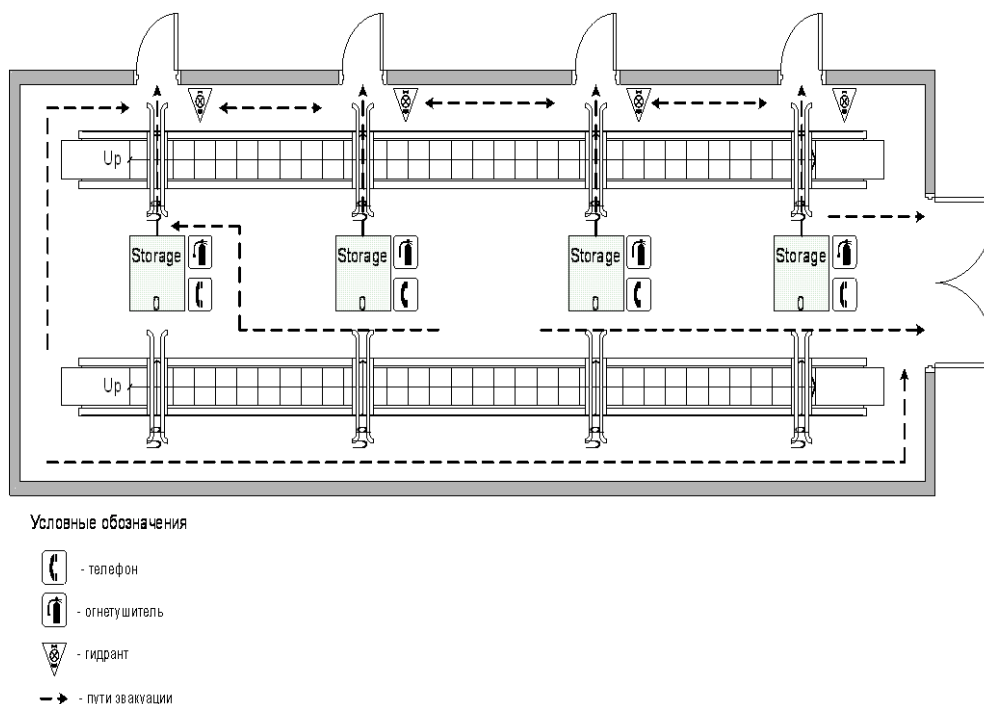


Рисунок 1 - План эвакуации при пожаре

Ответственность за нарушение Правил пожарной безопасности, согласно действующему федеральному законодательству, несет руководитель объекта.

#### **6.9.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения**

### **БЕЗОПАСНОСТИ**

#### **6.9.5 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно–правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

В условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти– или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное

обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. На объекте применяется четырехбригадный график сменности. При этом ежедневно работают три бригады, каждая в своей смене, а одна бригада отдыхает. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов.

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно–правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

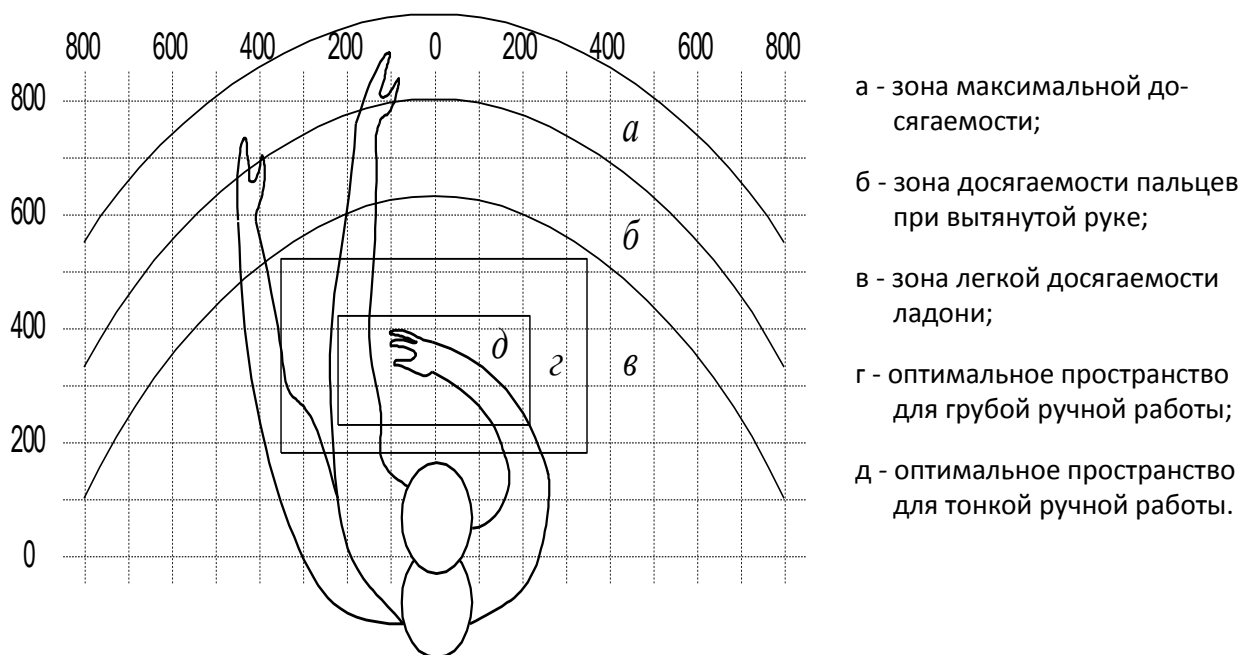
К таким органам относятся:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России)).
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

Так же в стране функционирует Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, положение о которой утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации, в соответствии с которым, система объединяет органы управления, силы и средства.

## 6.9.6 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

### 6.9.7 Эргономические требования к рабочему месту



Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости:

- дисплей размещается в зоне «а»(в центре);
- системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
- клавиатура – в зоне «г»/»д»;
- «мышь» – в зоне «в»;
- документация, необходимая при работе – в зоне легкой досягаемости ладони – «в», «б». В зоне «а» в выдвижных ящиках стола – редко используемая литература.

### 6.9.8 Окраска и коэффициенты отражения

В зависимости от ориентации окон рекомендуется следующая окраска стен и пола:

– окна ориентированы на юг – стены зеленовато–голубого или светло–голубого цвета, пол – зеленый;

– окна ориентированы на север – стены светло–оранжевого или оранжево–желтого цвета, пол – красновато–оранжевый;

– окна ориентированы на восток – стены желто–зеленого цвета, пол зеленый или красновато–оранжевый;

– окна ориентированы на запад – стены желто–зеленого или голубовато–зеленого цвета, пол зеленый или красновато–оранжевый.

В помещениях, где находится компьютер, необходимо обеспечить следующие величины коэффициента отражения для потолка 60–70, для стен 40–50, для пола около 30.

## Заключение

Проанализированы существующие системы измерения расхода на МГ, в результате чего установлено, что большинство узлов учета количества газа построены на основе расходомеров переменного перепада давления. Основным влияющим фактором является изменение коэффициента истечения, что приводит к погрешности. Коэффициент истечения зависит от остроты входной кромки диафрагмы и от формы скоростей газового потока.

Разработана система измерения расхода, обеспечивающая инвариантность расходомера к основным возмущающим воздействиям, что позволяет не учитывать влияние коэффициента истечения на точность измерения. Это приближает погрешность системы к погрешности образцового средства измерения.

### Список используемых источников

1. Алланиязов Х.А. Исследование остроты входной кромки диафрагмы в процессе эксплуатации // Измерительная техника. 1972. №2. С.44-45.
2. Алланиязов Х.А., Кремлевский П.П., Гонек Н.Ф. введение поправочного множителя на притупление входной кромки диафрагмы для повышения точности измерения расхода // Измерительная техника, 1977. №6. С. 44-46.
3. Биргер Г.И. Элементы общей теории ультразвуковых расходомеров // Измерительная техника. 1963. №4. С. 42-48.
4. Бромберг Э.М., Куликовский К.Л. Тестовые методы повышения точности измерений. М.: Энергия, 1978. 176с.
5. ГОСТ 2939-63 Газы. Условия для определения объема. М.: ИПК Издательство стандартов, 1995. 2с.
6. ГОСТ 8.586.2-2005 Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. М.:ИПК Издательство стандартов, 1997. 40 с.
7. Даев Ж.А. Метод определения долговечности диафрагмы для измерения расхода газа // Всероссийская научно-техническая конференция "Электротехнологии, электропривод и электрооборудование предприятий": сборник научных трудов. Т.2. Уфа: Изд-во УГНТУ, 3007. 294с.
8. Шенброт И.М. О проверке геометрических параметров расходомеров с диафрагмами
9. Сафиулин А.А., Погодин М.В., Сибгатуллин Н.И., Арзамасов И.Д., Ганиев Р.И. Оценка возможности увеличения межпроверочного интервала стандартных диафрагм
10. Гареев Р.С., Сабирзянов А.Н., Фафурин В.А., Фелелов В.В., Явкин В.Б. Экспериментальное исследование коэффициента истечения торцевых сужающих устройств.
11. Даев Ж.А. Об остроте входной кромки диафрагмы для измерения расхода газа // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. №12. С.29-30.

12. Кремлевский П.П. Расходомеры. М. – Л.: Машгиз, 1963. 656с.
13. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества веществ. СПб.: Политехника, 2002. 410с.
14. ПР 50.2.022-99. Государственная система обеспечения единства измерений.