



С.П. Санников  
М.С. Бондюгова

# **ИССЛЕДОВАНИЕ РАСХОДОМЕРОВ И СЧЕТЧИКОВ КОЛИЧЕСТВА ЖИДКОСТИ**

Екатеринбург  
2013

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Кафедра автоматизации производственных процессов

С.П. Санников  
М.С. Бондюгова

# **ИССЛЕДОВАНИЕ РАСХОДОМЕРОВ И СЧЕТЧИКОВ КОЛИЧЕСТВА ЖИДКОСТИ**

Методические указания  
к лабораторной работе по дисциплине  
«Технические средства автоматизации и управления»  
для студентов направлений 220200, 220400, 220301, 220700  
всех форм обучения

Екатеринбург  
2013

Печатается по рекомендации методической комиссии  
лесоинженерного факультета УГЛТУ  
Протокол № 1 от 3 октября 2012 г.

Рецензент – Тойбич В.Я., доцент канд. техн. наук

Редактор А.Л. Ленская  
Оператор компьютерной верстки Т.В. Упорова

---

Подписано в печать 30.10.2013		Поз. 11
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 1,39	Цена

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

## **Введение**

Настоящие методические указания рассчитаны на студентов, выполняющих лабораторную работу по дисциплине «Технические средства автоматизации и управления», которая является одной из основных в специализации 220301 и в подготовке бакалавров по направлениям 220200, 220400, 220700. В методических указаниях рассмотрены краткие теоретические основы учета расхода количества жидкости, даны описание лабораторного стенда, порядок выполнения лабораторной работы, оформления отчета по полученным результатам, защиты лабораторной работы.

Перед началом лабораторной работы каждый студент должен получить вариант задания, тщательно и подробно ознакомиться с заданием, изложенным в методических указаниях, проработать теоретический материал в учебнике, получить допуск преподавателя в виде зачета (коллоквиума) и только после этого приступить к выполнению лабораторной работы, соблюдая правила безопасности.

Лабораторная работа дает возможность на практике изучить работу автоматизированной системы регулирования температуры, уровня и расхода, работу расходомеров разного типа, понять факторы, влияющие на их показания, научиться снимать показания с приборов, анализировать их и определять погрешность снятых показаний.

Лабораторная работа выполняется бригадой из двух человек.

## **1. Теоретические основы**

### **1.1. Классификация расходомеров и счетчиков воды**

В настоящее время на отечественном строительном рынке представлено большое количество видов водомеров, которые в зависимости от принципа их действия классифицируются как механические (крыльчатые и турбинные), электромагнитные, ультразвуковые и вихревые.

Так как для работы счётного устройства водомера необходимо электропитание, по этому признаку все перечисленные типы водомеров делят на энергозависимые и энергонезависимые. Первые работают от внешней электросети, а в конструкцию вторых входит батарея, которая и является источником питания. Кроме того, механические счётчики делят на приборы учета расхода холодной и горячей воды; они отличаются материалом, из которого изготовлены такие элементы, как крыльчатка и подшипники. Счётчики холодной воды предназначены для воды, температура которой не превышает 40°C, для горячей – не выше 130–150 °C. Все другие типы водомеров можно применять как для холодной, так и для горячей воды.

Существует и еще один признак классификации: водомеры делят на бытовые (квартирные) и промышленные (для использования в промышленности и коммунальном хозяйстве). Зависит данное разграничение от условного диаметра счётчика. Водомеры с условным диаметром от 15 до 25 мм применяют для учета расхода воды в квартирах, небольших коттеджах, а водомеры с диаметром от 26 до 400 мм предназначены для учета расхода воды в системах промышленного и коммунального водоснабжения.

### ***Классификация преобразователей расхода и счетчики количества по группам***

**А.** Приборы, основанные на гидродинамических методах:

- переменного перепада;
- переменного уровня;
- обтекания;
- вихревые;
- парциальные.

**Б.** Приборы с постоянно движущимся телом:

- тахометрические;
- силовые (в том числе и вибрационные);
- с автоколебательным телом.

**В.** Приборы, основанные на различных физических явлениях:

- тепловые;
- электромагнитные;
- акустические;
- оптические;
- ядерно-магнитные;
- ионизационные.

**Г.** Приборы, основанные на особых методах:

- меточные;
- корреляционные;
- концентрационные.

Устройство тахометрического счетчика показано на рис. 1.

Принцип работы счетчика достаточно прост: проходящий поток воды крутит крыльчатку 1, и через систему шестеренок количество оборотов крыльчатки определяет показания счетчика. Механизм 2 тахометрического счетчика не имеет контакта с потоком воды 3, и такой счетчик называется сухим, или сухоходным. Индикаторное устройство 5 состоит из пяти роликов, которые через масштабирующий механический редуктор 4 отображают измеренный объем воды в кубометрах. Ролик красного цвета и стрелочный указатель отображают доли кубических метров.

Взаимодействие между крыльчаткой и счетным механизмом осуществляется путем магнитной связи через герметичную перегородку 6.

Опорные части крыльчатки и счетного механизма оснащены твердыми осями – часовыми камнями 7, 8 из рубина, что обеспечивает увеличение срока эксплуатации и высокую надежность измерительного прибора.

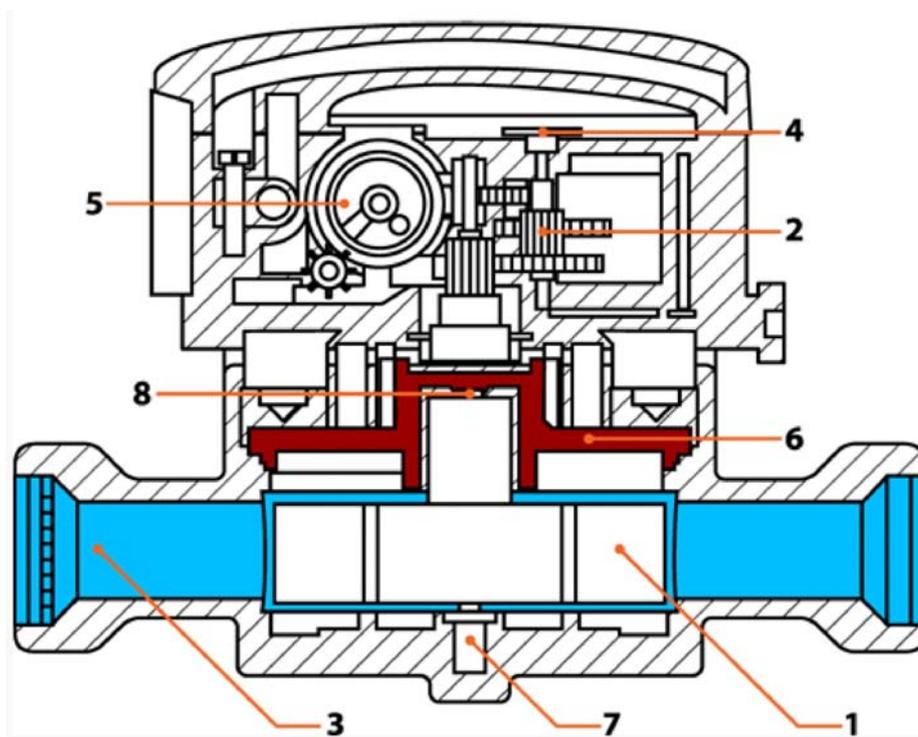


Рис. 1. Устройство тахометрического счетчика:

1 – крыльчатка; 2 – механизм; 3 – поток воды; 4 – масштабирующий механический редуктор; 5 – индикаторное устройство; 6 – герметичная перегородка; 7, 8 – часовые камни из рубина

Вместо крыльчатки в счетчике может быть использована турбинка – такой механизм дает более точные замеры при высокой скорости потока, а также существуют модели, сочетающие в себе и турбину и крыльчатку. При этом, если напор в системе невысок, вода проходит через крыльчатый механизм учета, а если же напор возрастает, то поток передается на турбинный механизм, при этом крыльчатый механизм перекрывается специальным клапаном.

В многоструйных счетчиках поток на входе в прибор разделяется на несколько потоков для уменьшения турбулентности, тем самым снижая погрешность измерения, но увеличивая цену прибора.

Счетчики разделяются на счетчики воды мокрого и сухого типа. Счетчики воды мокрого типа проще по конструкции, поскольку механизм в них никак не изолирован от протекающего через счетчик потока. Они более дешевы, но их невозможно использовать при сильном загрязнении воды. В сухих счетчиках механизм герметично защищен от измеряемого потока воды немагнитной перегородкой, благодаря которой на ней не остается отложений. Передача и фиксация показаний происходят при передаче показаний с вращающейся крыльчатки или турбины с помощью

магнита, закрепленного внутри. Сухим механизмом оснащаются чаще многоструйные счетчики воды для более точного учета расхода воды.

Для учета горячей воды используются счетчики такого же устройства, но изготовленные с применением более износостойких материалов. По требованиям ГОСТа минимальный срок использования счетчиков воды составляет 12 лет. Для холодной воды межповерочный интервал обычно 5–6 лет, а для горячей воды 6 лет. Все счетчики для горячей воды являются счетчиками сухого типа в связи с большим содержанием примесей в горячей воде.

### ***Краткое описание методики работы с счетчиками расхода воды***

*Счетчик расхода воды с барабанным цифровым механизмом.* На панели таких счетчиков значение накопленного расхода отображается в прорези. Это значение необходимо записать. Чтобы знать, сколько воды было израсходовано за отчетный период, необходимо вычесть из текущего значения записанное ранее число.

*Счетчик воды с циферблатом.* На панели такого счетчика по кругу расположены маленькие циферблаты (рис. 2). Большая стрелка, указывающая цифры по внешнему краю прибора, дает десятые доли кубического метра (каждая десятая доля соответствует 100 литрам). На маленьком циферблате с надписью «единицы» отсчитываются целые значения в кубических метрах (каждый кубический метр соответствует 1000 литрам). Соответственно надписям на других циферблатах отсчитываются десятки, тысячи и десятки тысяч кубических метров.

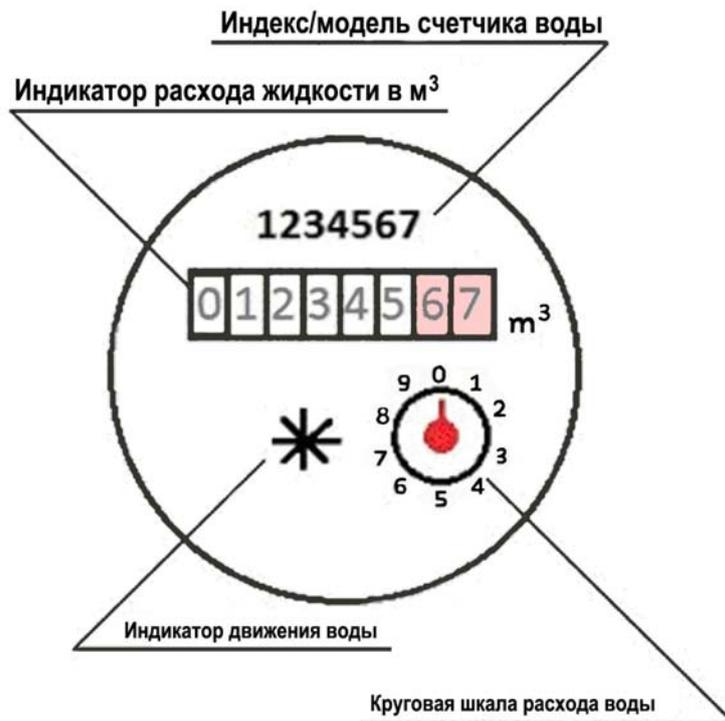


Рис. 2. Циферблат тахометрического счетчика

## 1.2. Описание лабораторного стенда

Установка является моделью системы водоснабжения и позволяет нам смоделировать процесс подачи жидкости по трубам. На рис. 3 представлена схема лабораторного стенда «Исследования расходомеров и счетчиков количества жидкостей».

Лабораторный стенд состоит из 40-литровой емкости для жидкости 18, в которую заливают воду до необходимого уровня (между верхним и средним датчиками уровня). В емкости установлены три датчика уровня 19, термопреобразователь сопротивления 20 и трубчатый электронагреватель (ТЭН) 21. Термопреобразователь сопротивления и ТЭН установлены ниже уровня датчика нижнего уровня. Это сделано с целью предотвратить их оголение. При размыкании датчика нижнего уровня насос и ТЭН отключатся.

Насос 22 выкачивает воду из емкости для жидкости 18 в трубопровод 24. К насосу подключено реле давления 23. При избыточном давлении контакты реле разомкнутся, вследствие чего отключатся насос и ТЭН. Трубопровод имеет диаметр 20 мм и 15мм на участке А–В.

На трубопроводе расположены термометр 15, два манометра 16, 17 и счетчики воды 11, 12, 13, 14. Во время лабораторной работы используется только одна линия А–В или С–D. На используемой линии устанавливается образцовый и поверяемый счетчики воды. С манометра P1 снимаются показания во время лабораторной работы. Манометр P2 служит для выявления перепада давления на исследуемой линии.

Данные с датчиков уровня 19, датчика температуры 20 и образцового счетчика воды № 1 поступают в щит управления на автоматическую аппаратуру. На рис. 4 представлена лицевая часть щита управления лабораторным стендом.

Датчики уровня подключены к входам сигнализатора уровня жидких и сыпучих сред с дистанционным управлением ОВЕН САУ-М7Е. Для визуального контроля уровня в резервуаре на лицевой панели прибора предусмотрены три светодиодных индикатора, засветка каждого из которых осуществляется при срабатывании соответствующего датчика. Для управления технологическим оборудованием прибор оснащен двумя встроенными электромагнитными реле. Одно из реле предназначено для управления электроприводом исполнительного механизма – электрического насоса, выполняющего в системе функции регулятора по поддержанию заданного уровня. Работа этого реле может осуществляться как в автоматическом режиме (по сигналам датчиков уровней), так и по командам оператора (от встроенных кнопок ручного управления). Алгоритм работы реле в автоматическом режиме задается пользователем, исходя из способа, которым регулятор должен осуществлять поддержание уровня: заполнение резервуара или его опорожнение. Другое реле предназначено для формирования аварийного сигнала при достижении рабочим веществом предельного верхнего уровня.

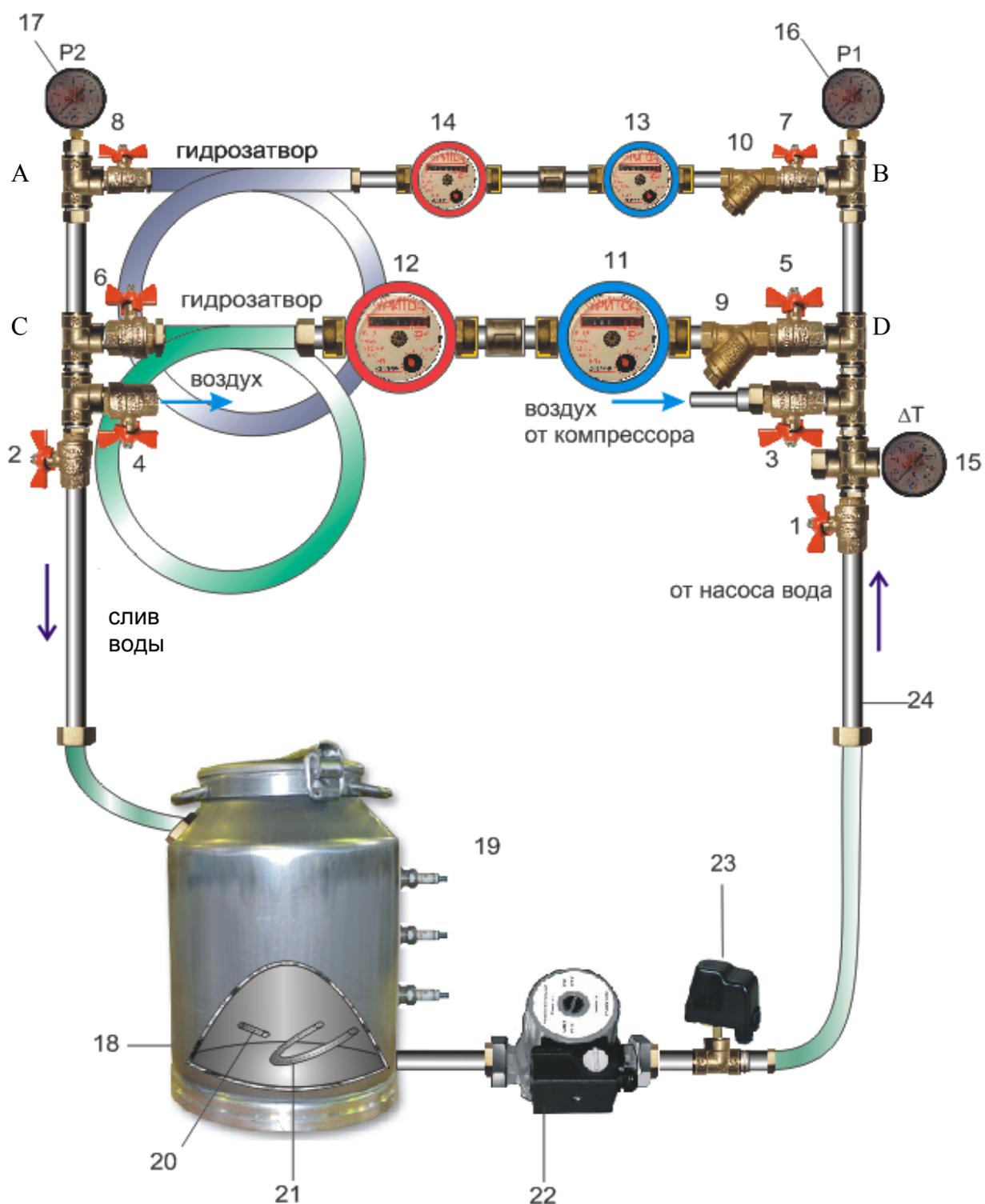


Рис. 3. Технологическая схема учебного стенда «Исследования расходомеров и счетчиков количества жидкостей»:  
 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – кран шаровой; 9, 10 – фильтр; 11, 12, 13, 14 – счетчик воды; 15 – термометр; 16 – манометр P1; 17 – манометр P2; 18 – емкость для жидкости; 19 – датчики нижнего, среднего и верхнего уровней; 20 – датчик температуры; 21 – ТЭН; 22 – насос; 23 – реле давления; 24 – трубопровод

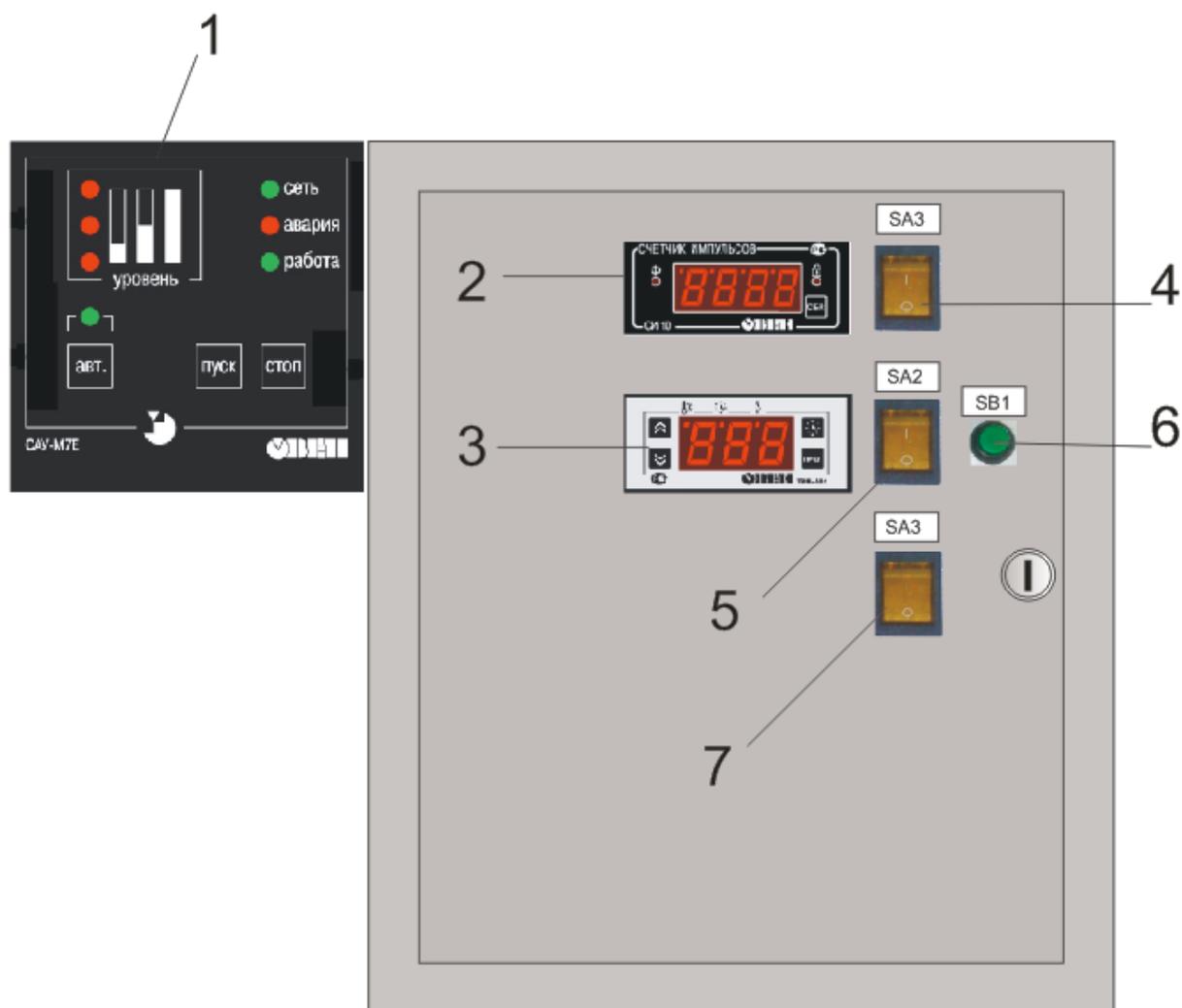


Рис. 4. Лицевая часть щита управления учебного стенда:  
 1 – сигнализатор уровня жидких и сыпучих сред с дистанционным управлением ОВЕН САУ-М7Е; 2 – счетчик импульсов ОВЕН СИ10; 3 – реле-регулятор с таймером ОВЕН ТРМ501; 4 – переключатель SA1; 5 – переключатель SA2; 6 – кнопка SB1; 7 – переключатель SA3

Функциональная схема прибора САУ-М7Е представлена на рис. 5.

Алгоритм работы регулятора – опорожнение резервуара без гистерезиса. Данный режим работы используется в случаях, когда регулятор должен поддерживать заданный уровень посредством отбора рабочего вещества из резервуара, но гистерезиса между точками его включения и выключения по каким-либо причинам не требуется. В этом режиме реле «Работа» включается после замыкания датчика нижнего уровня, а выключается при его размыкании.

- В состав прибора входят:
- входные устройства ОУ1...ОУ3, предназначенные для обработки сигналов датчиков уровня;
  - блок логики, предназначенный для формирования сигналов управления выходным реле «Работа»;
  - выходные электромагнитные реле «Верх» и «Работа», предназначенные для управления исполнительными механизмами;
  - светодиодные индикаторы, служащие для отображения информации о состоянии датчиков, выходных реле и режимах работы прибора;
  - блок питания, служащий для обеспечения схемы стабилизированным напряжением 12 В постоянного тока;
  - К1, К4 – коммутаторы электрических сигналов.

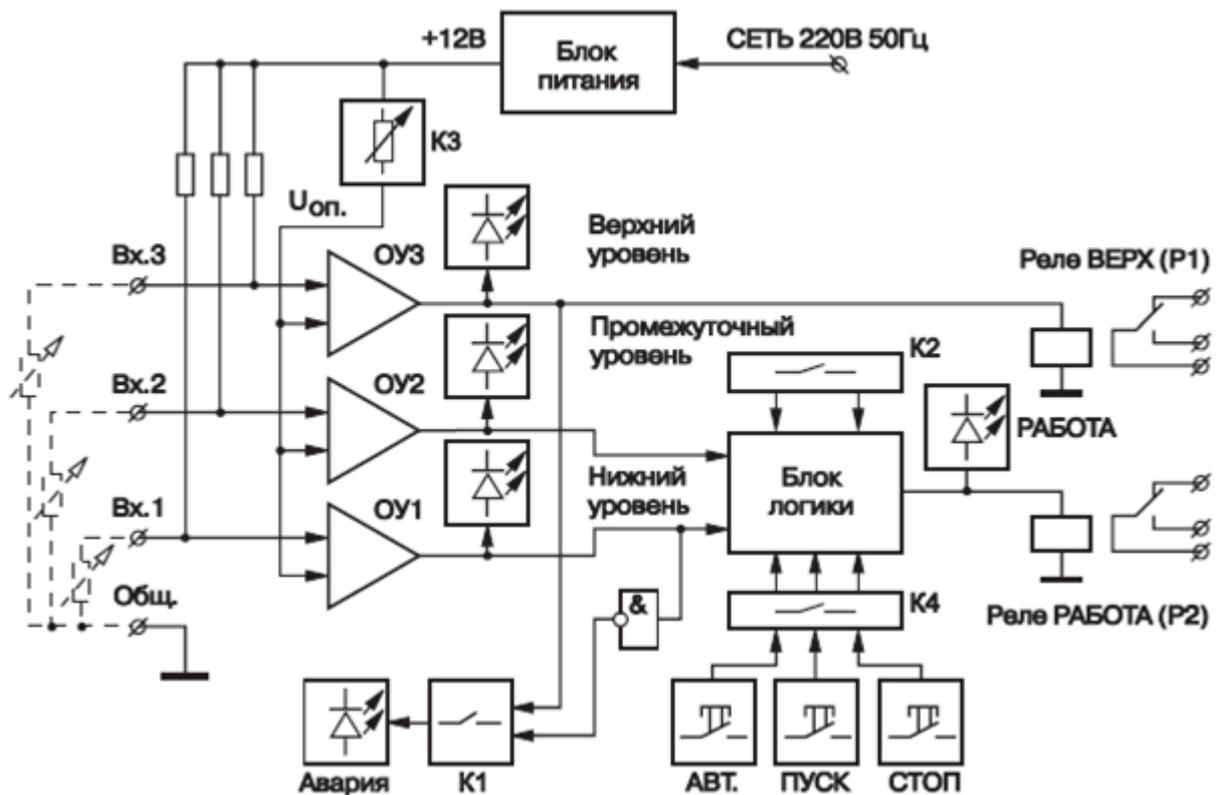


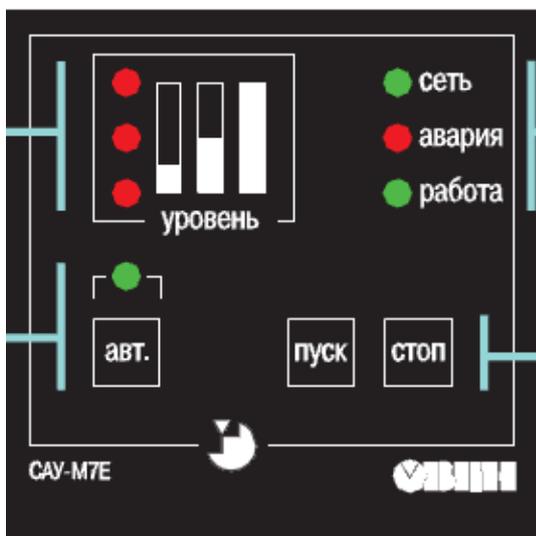
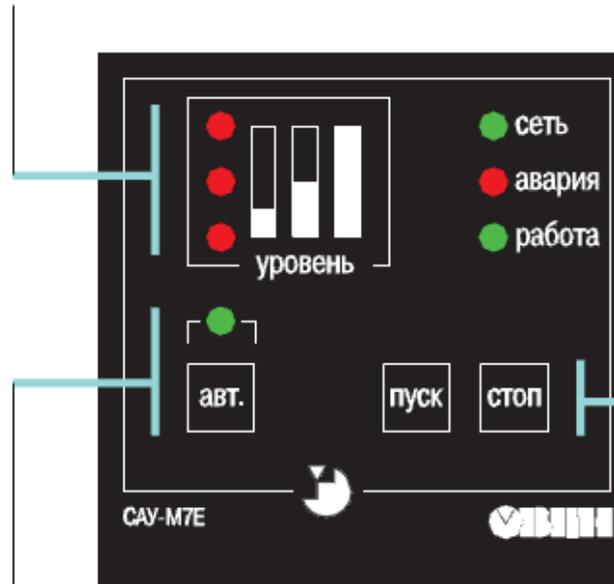
Рис. 5. Структурная схема САУ-М7Е

При контроле уровня в металлическом резервуаре его корпус используется в качестве общего электрода. Остальные электроды являются сигнальными. Они располагаются на соответствующих своему назначению уровнях и подключаются к сигнальным входам Вх.1, Вх.2, Вх.3 прибора. На рис. 6 представлена лицевая панель сигнализатора уровня САУ-М7Е.

**3 светодиода индикатора уровня** сигнализируют постоянной засветкой о замыкании датчиков нижнего, промежуточного и верхнего уровней.

Кнопка **авт.** используется для перевода регулятора из ручного режима в автоматический.

Светодиод **АВТ.** сигнализирует о работе регулятора в режиме автоматического управления.



**Светодиодные индикаторы**

сигнализируют:

- СЕТЬ** – о наличии исправного питания на приборе (постоянная засветка);
- РАБОТА** – о включении реле РАБОТА (постоянная засветка);
- АВАРИЯ** – о размыкании датчика нижнего уровня или замыкании датчика верхнего уровня (мигающая засветка).

Кнопки **пуск** и **стоп** используются для ручного управления регулятором.

Рис. 6. Лицевая панель сигнализатора уровня CAU-M7E

После подачи питания 220 В 50 Гц прибор самостоятельно переходит на автоматическое управление регулятором и выполняет свои функции в соответствии с алгоритмом. О работе прибора в режиме автоматического управления сигнализирует засветка светодиода «АВТ». При выполнении технологического процесса уровень вещества в резервуаре визуально может контролироваться по состоянию светодиодов «УРОВЕНЬ», а включение регулятора – по засветке светодиода «РАБОТА».

Датчик температуры подключен к входам реле-регулятора с таймером ОВЕН ТРМ501. На рис. 7 изображена лицевая панель ТРМ501 с пояснениями.

## Точки на цифровом индикаторе используются как светодиоды состояния

-  — показывает, что выводится на цифровой индикатор: входная величина — индикатор светится; текущее время таймера — погашен; сигнал аварии на входе — мигает
-  — светодиод состояния таймера (запущен, остановлен, завершил работу, сброшен или выключен);
-  — светодиод состояния реле регулятора (замкнуто/разомкнуто).



## 3-разрядный цифровой индикатор отображает:

- в режиме РАБОТА — значение измеряемой величины или текущее время таймера;
- в режиме ПРОГРАММИРОВАНИЕ — названия параметров и их значения.

**Кнопка**  используется для управления таймером (ПУСК/СТОП, а также СБРОС после окончания выполнения программы). При уставке таймера, равной 0, кнопка используется для ручного управления запуском/остановкой регулятора.



**Кнопка**  используется для перехода из режима РАБОТА в режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ и обратно, в режиме ПРОГРАММИРОВАНИЕ — для записи установленных значений в память прибора.

**Кнопкой**  в режиме РАБОТА осуществляют переход от индикации температуры к индикации времени и обратно.

**Кнопкой**  можно выключить реле таймера при окончании программы или при аварии датчика.

**Кнопки**  и  в режиме ПРОГРАММИРОВАНИЕ используются для выбора и увеличения (уменьшения) значения параметра.

Рис. 7. Лицевая панель регулятора температуры TPM501

Для управления технологическим оборудованием прибор оснащен двумя встроенными электромагнитными реле. Основное реле предназначено для управления процессом регулирования температуры с помощью трубчатого электрического нагревателя. Дополнительное реле — для таймера или аварийного сигнала. На схеме (рис. 8) показаны основные функ-

циональные блоки прибора и взаимосвязи между ними. Для каждого блока приведен набор параметров, значения которых необходимо задать перед началом работы.

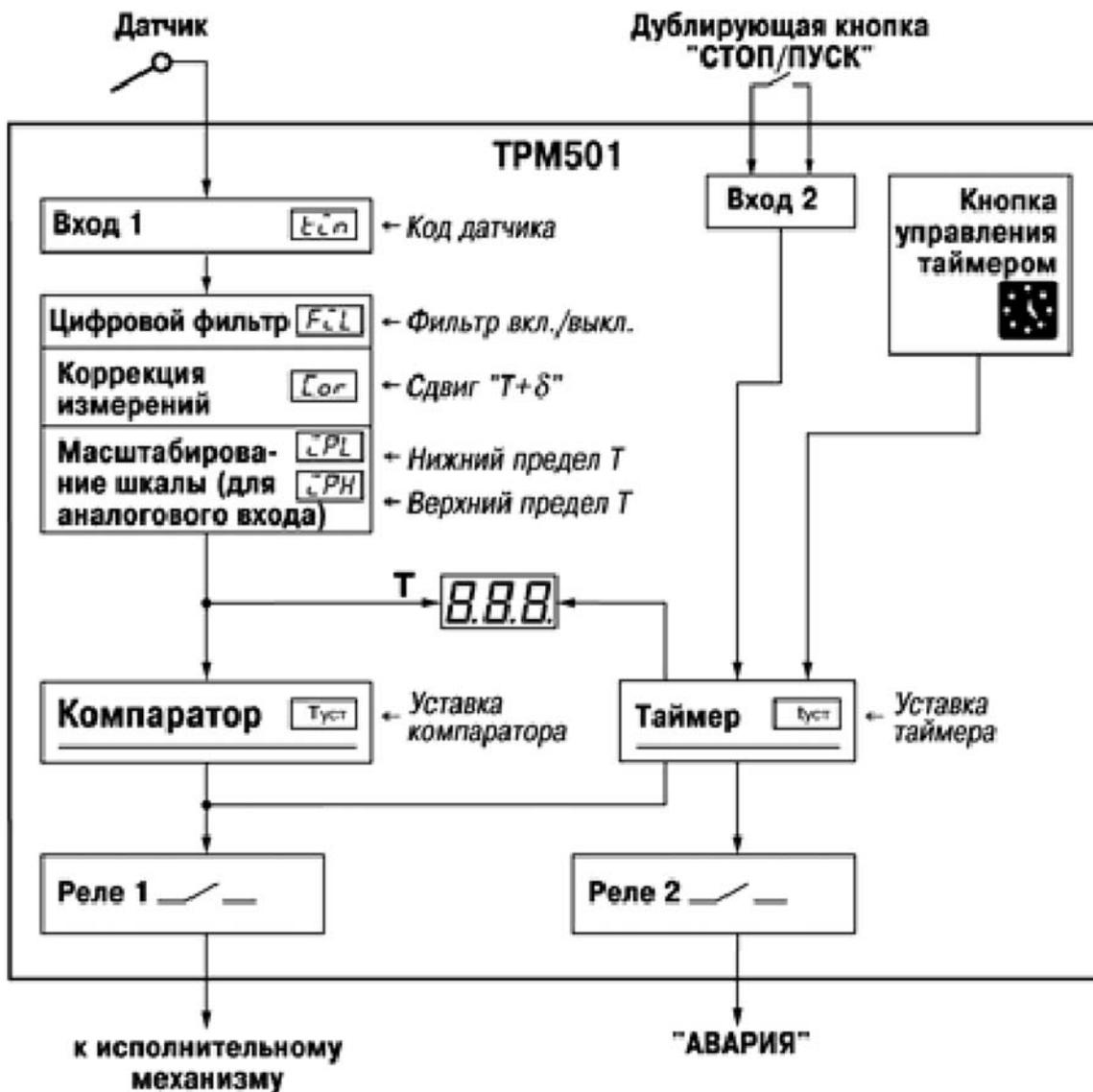


Рис. 8. Функциональная схема регулятора температуры TRM501

На рис. 9 представлен график регулирования температуры с использованием программы таймера. Один из счетчиков, являющийся образцовым, подключен к выходам счетчика импульсов ОВЕН СИ10. СИ10 является универсальным счетчиком, который может быть использован для широкого спектра задач в области автоматизации. Он предназначен для подсчета количества поступающих на его входы импульсов.

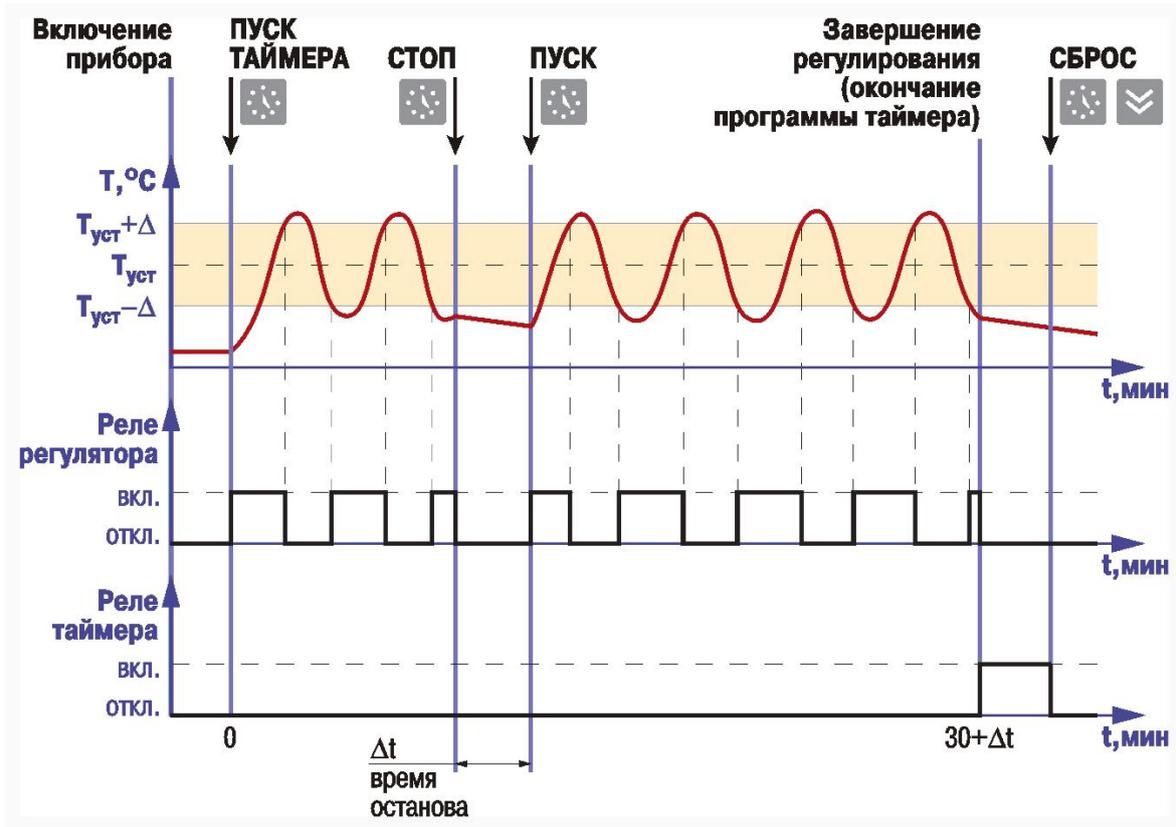


Рис. 9. График регулирования температуры по программе таймера

Функциональная схема прибора приведена на рис. 10.



Рис. 10. Функциональная схема счетчика импульсов СИ10

На лицевой панели расположены элементы управления и индикации. Прибор имеет семисегментный индикатор красного свечения на четыре знакоместа, который используется для отображения текущего значения счетчика. На рис. 11 изображена лицевая панель СИ10.

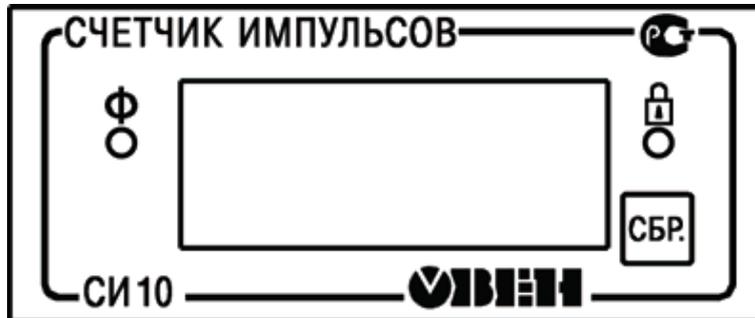


Рис. 11. Лицевая панель счетчика импульсов СИ10

На панели прибора имеются два светодиодных индикатора. Индикатор  расположен над кнопкой  и служит для оповещения о том, что реакция на нажатие кнопки  заблокирована. Индикатор «Ф» при засветке сигнализирует о включенном режиме фильтрации (минимальная длительность импульса – 50 мс).

Кнопка  используется так же, как и сигнал на входе «Сброс» (если она не заблокирована). При нажатии на кнопку происходит обнуление содержимого счетного регистра и показаний прибора.

Счетчик работает в режиме прямого счета. При этом выполняется счет импульсов от нулевого значения в сторону увеличения (рис. 12).

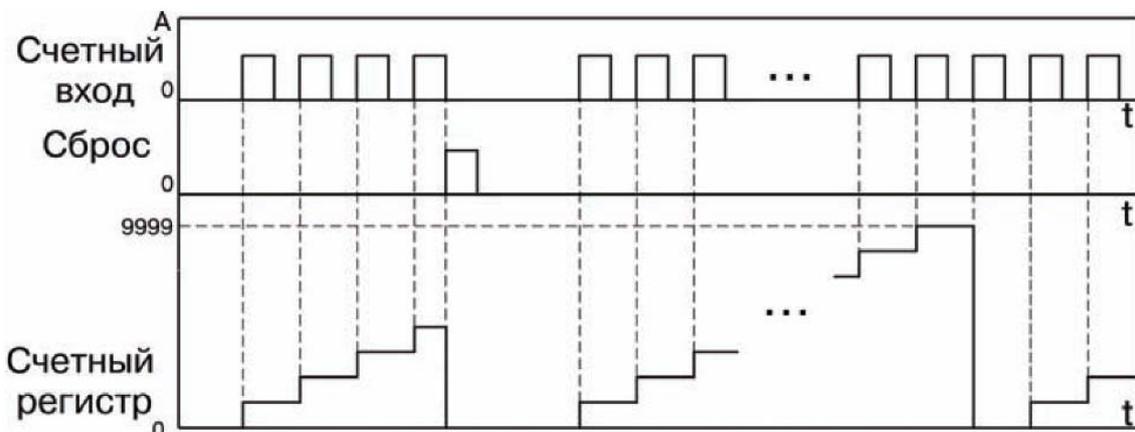


Рис. 12. Диаграмма работы счетчика импульсов СИ10

## 2. Лабораторная работа

Цели работы:

- изучить конструкцию расходомеров, счетчиков количества жидкости и исследовать их работу;
- определить, как влияют на их работу такие факторы, как давление, температура и наличие воздуха в трубопроводе;
- научиться определять расход воды тремя методами: непосредственно по показаниям самого счетчика количества воды, с помощью подсчета импульсов, подаваемых с счетчика воды на счетчик импульсов, и путем определения перепада давления;
- научиться снимать показания с приборов;
- научиться определять пригодность счетчиков воды с помощью определения погрешности их показаний.

Задание:

- 1) изучить лабораторный стенд;
- 2) провести необходимые измерения и внести полученные данные в журнал наблюдений;
- 3) определить зависимости расхода воды от температуры, давления и содержания воздуха в ней (построить график зависимости расхода воды от давления);
- 4) определить расход воды по перепаду давления в трубопроводе;
- 5) определить погрешность показаний поверяемого счетчика количества жидкости;
- 6) сделать вывод по результатам заданий № 3, № 4 и № 5.
- 7) оформить отчет и защитить лабораторную работу.

### *ВАРИАНТЫ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ*

В таблице 1 надо найти свой вариант по списку (от 1 до 14) и определить номер поверяемого счетчика количества воды и линию трубопровода, на которую будут устанавливаться счетчики воды.

Таблица 1

Варианты лабораторной работы

№ счетчика № линии	2	3	4	5	6	7	8
A–B	1	2	3	4	5	6	7
C–D	8	9	10	11	12	13	14

## 2.1. Работа со стендом

### *Получение экспериментальных результатов*

Перед началом работы необходимо изучить инструкцию по использованию стенда, проверить учебный стенд на целостность и наличие необходимого количества воды в емкости для жидкости, удостовериться, что все переключатели и автоматические выключатели находятся в положении «выкл.». После этого можно подключить стенд к сети и включить автоматические выключатели QF1, QF2, QF3, которые находятся внутри щита управления. Щит после этого необходимо закрыть на ключ.

Вначале необходимо продуть трубопровод на случай, если там осталась вода. Для этого необходимо открыть все краны, кроме № 1 и № 4, и включить компрессор. Воздух выгонит воду в емкость для жидкости, после чего компрессор можно выключить и приступить к выполнению основного задания.

Практическое задание лабораторной работы состоит в снятии показаний с измерительной аппаратуры. Если измерения проводятся на линии А–В, диаметром 15 мм, то необходимо перекрыть краны № 5 и № 6. Если измерения проводятся на линии С–D, то необходимо перекрыть краны № 7 и № 8. Линия трубопровода необходимого диаметра выбирается в зависимости от варианта. Образцовый счетчик с герконовым датчиком, который формирует выходные электрические импульсные сигналы, пропорциональные объему воды, устанавливается на позицию 11 или 13 (см. рис. 3). На позицию 12 или 14 устанавливается счетчик с погрешностью, в зависимости от варианта.

Начальные и конечные показания счетчиков записываются при различных режимах, указанных в задании.

Измерения проводятся в пять этапов. На каждом этапе меняется рабочий материал, который поступает в трубопровод:

- 1) воздух;
- 2) холодная вода и воздух;
- 3) холодная вода;
- 4) горячая вода;
- 5) горячая вода и воздух.

На каждом этапе проводятся несколько измерений при одинаковых фиксированных значениях давления на манометре P1. Значение давления контролируется степенью открытия крана №1. Длительность всех измерений одинаковая. Время каждого замера засекается таймером. Во время каждого измерения записываются показания манометров, термометра, поверяемого счетчика и показания СИ10.

Рассмотрим каждый режим каждого этапа подробнее.

1. При работе системы от одного воздуха необходимо перекрыть краны № 1 и № 2, остальные краны необходимо открыть. Включить СИ10 переключателем SA3. Включить компрессор. В трубопровод поступит воз-

дух. Счетчики начнут работать, а образцовый счетчик будет посылать импульсы на СИ10.

2. При работе системы от холодной воды и воздуха необходимо открыть все краны, кроме крана № 4. Включаем компрессор. Затем включаем переключатель SA1, заработают САУ-М7Е и насос. В трубопровод начинает поступать вода, смешиваясь с воздухом. Включить СИ10 переключателем SA3. Записываются только те изменения показания счетчика, которые произошли в момент прохождения через счетчик воды с воздухом.

3. При работе системы от холодной воды необходимо перекрыть краны № 3 и № 4, остальные краны необходимо открыть. Включить переключатель SA1, заработают САУ-М7Е и насос. Подождать некоторое время, дождавшись пока в трубопроводе не будет воздуха. Включить СИ10 переключателем SA3.

4. При работе системы от горячей воды необходимо перекрыть краны №3 и №4, остальные краны необходимо открыть. Включить переключатели SA1, SA2 и SA3. Заработают САУ-М7Е, ТРМ501, СИ10, насос и ТЭН. Показания со счетчиков снимать только после достижения необходимой температуры воды.

5. При работе системы от горячей воды и воздуха необходимо открыть все краны. Включить переключатели SA1, SA2 и SA3. Заработают САУ-М7Е, ТРМ501, СИ10, насос и ТЭН. Включить компрессор. Показания со счетчиков снимать только после достижения необходимой температуры воды и в период прохождения по трубам воды с воздухом.

В конце каждого этапа, после снятия показаний с приборов, выключение всех используемых приборов и компрессора производится в обратном порядке.

В конце работы со стендом необходимо повторить операцию продува труб от воды.

## 2.2. Обработка полученных данных

Полученные данные заносятся в журнал наблюдений, форма которого представлена в табл. 2.

Таблица 2

Журнал наблюдений

Режим работы	Снимаемая величина	Показания манометра P1, МПа		
		P1 <sub>1</sub> =	P1 <sub>2</sub> =	P1 <sub>3</sub> =
1	2	3	4	5
1) воздух	t, C°			
	$Q_{пов}$ Q <sub>пов</sub> , M <sup>3</sup>			
	N			
2) холодная	$Q_{обр}$ Q <sub>обр</sub> , M <sup>3</sup>			
	t, C°			

вода и воздух	$Q_{пов}, M^3$			
	N			
	$Q_{обр}, M^3$			

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
3) холодная вода	$t, C^{\circ}$			
	$Q_{пов}, M^3$			
	N			
	$Q_{обр}, M^3$			
4) горячая вода	$t, C^{\circ}$			
	$Q_{пов}, M^3$			
	N			
	$Q_{обр}, M^3$			
5) горячая вода и воздух	$t, C^{\circ}$			
	$Q_{пов}, M^3$			
	N			
	$Q_{обр}, M^3$			

Обозначения, используемые в журнале наблюдений:  $t$  – температура, показания термометра;  $P1$  – давление, показания манометра  $P1$ ;  $Q_{пов}$  – расход жидкости, показания поверяемого счетчика расхода жидкости;  $N$  – число импульсов, показания СИ10;  $Q_{обр}$  – расход образцового счетчика количества жидкости. Расход образцового счетчика количества жидкости  $Q_{обр}$  находится по формуле

$$Q_{обр} = N \cdot k$$

где  $k$  – передаточный коэффициент счетчика,  $N$  – число импульсов на СИ10.

### 2.3. Определение зависимости расхода воды от температуры, давления и содержания воздуха в ней

Зависимость расхода воды от давления, температуры и количества воздуха отображается графически. По данным журнала наблюдений строится график.

На графике отображается зависимость расхода воды ( $Q$ ) от давления ( $P1$ ). Для каждого режима нужно отметить три точки на плоскости, соответствующие трем измерениям при разных фиксированных значени-

ях давления. Точкам присваиваются двухзначные номера вида  $x.y$ , где  $x$  – это номер режима работы,  $y$  – номер измерения. Затем соединяются точки с одинаковыми значениями  $x$  и отдельно – с одинаковыми значениями  $y$ . Для наглядности кривые, соединенные по параметру  $x$ , должны отличаться по цвету от прямых, соединенных по параметру  $y$ . Вертикальные прямые (соединенные по параметру  $y$ ) показывают зависимость расхода воды от плотности. Горизонтальные кривые (соединенные по параметру  $x$ ) показывают зависимость расхода воды от давления. Сравнение линий 2-го и 5-го, а также 3-го и 4-го режимов дает понимание о зависимости расхода воды от температуры. Пример оформления графика представлен на рис. 13.

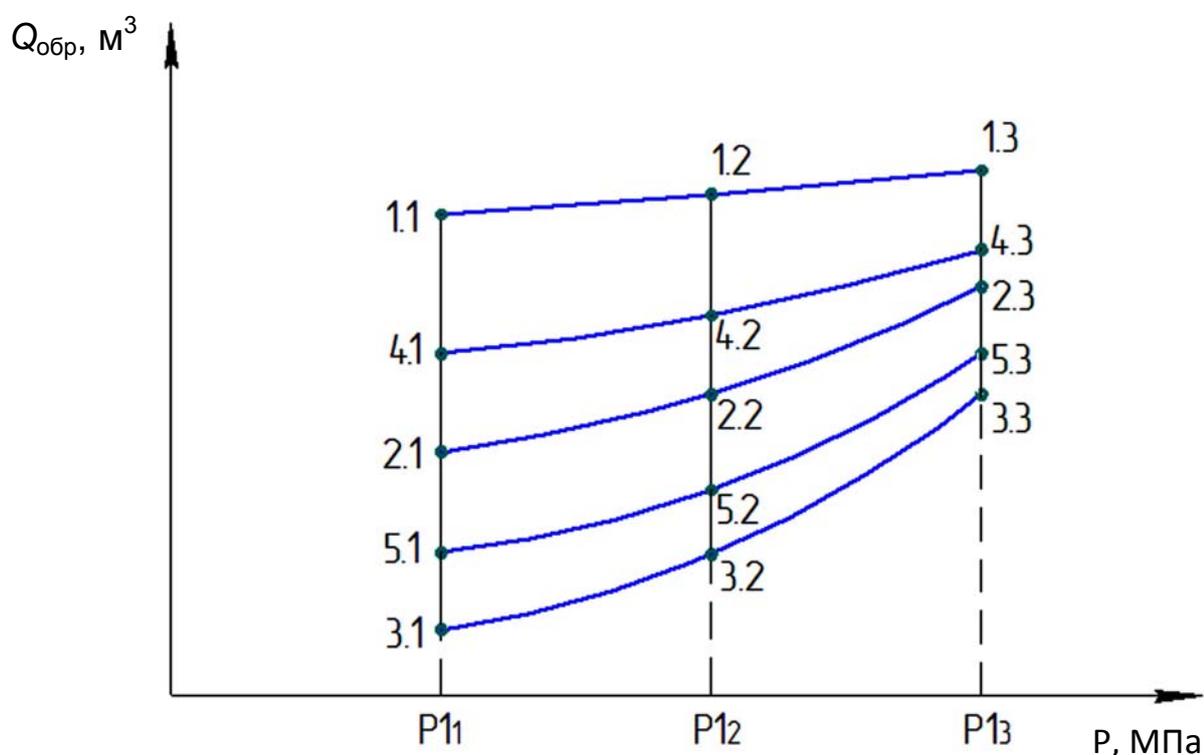


Рис. 13. Пример оформления графика зависимости расхода воды от давления

На основании измерений надо сделать вывод о влиянии температуры, давления и наличия воздуха на расход воды.

#### 2.4. Определение погрешности поверяемого счетчика количества воды

Относительная погрешность показаний счетчика находится по формуле

$$\delta = \frac{Q_{\text{пов}} - Q_{\text{обр}}}{Q_{\text{обр}}} 100 \%,$$

где  $Q_{\text{обр}}$  – показания образцового счетчика количества жидкости;

$Q_{\text{пов}}$  – показания поверяемого счетчика количества жидкости.

Погрешность находится для каждого измерения отдельно. Для холодной воды погрешность должна быть не более 2 %, для горячей воды не более 3 %. В конце работы сделать вывод о пригодности поверяемого счетчика воды.

### 3. Оформление отчета

Отчет должен содержать титульный лист [1], где в верхней части по центру листа необходимо указать гриф принадлежности к министерству, например: Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет (в две строки).

Ниже указать принадлежность к структурному подразделению университета, например: Кафедра автоматизации производственных процессов.

Ниже с правой стороны указать, кто утверждает отчет о лабораторной работе, например:

УТВЕРЖДАЮ  
Доцент кафедры АПП  
канд. техн. наук  
В.А.Иванов  
15.03.2012 г.

Ниже по центру указать название отчета, по какой дисциплине и на какую тему, например:

ОТЧЕТ  
ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ  
по дисциплине «Технические средства автоматизации» на тему:  
«ИССЛЕДОВАНИЕ РАСХОДОМЕРОВ И  
СЧЕТЧИКОВ КОЛИЧЕСТВА ЖИДКОСТИ»

Если работа организована в несколько этапов, то ниже заголовка отчета в скобках необходимо указать этап, например: (промежуточный этап № 2) или (заключительный этап № 4).

Ниже в одну строчку указать данные о студенте. Если работа выполняется бригадой из двух человек, то отчет рекомендуется делать каждому студенту. Если отчет выполняется на бригаду, то в этом случае необходимо указать конкретно, что сделано каждым студентом, объем сделанной работы (в процентах, страницах, времени и пр.). Пример строчки приведен ниже:

Студент ЛИФ-38

(А. Б. Петров)

(подпись)  
15.03.2013

В последней строчке титульного листа по центру – город и год:  
Екатеринбург, 201...

После защиты отчет утверждается ведущим преподавателем кафедры (см. выше).

Отчет должен содержать:

1. Введение.
  - 1.1. Цель и задачи.
  - 1.2. Теоретическое обоснование работы.
2. Основная часть.
  - 2.1. Характеристика и описание оборудования, используемого в лабораторной работе.
  - 2.2. Описание методики проведения работы (ход работы) и схемы экспериментальной установки (структурная, функциональная, принципиальная схемы).
  - 2.3. Первичные результаты наблюдений или эксперимента (журнал наблюдений).
  - 2.4. Обработка результатов наблюдений и оценка достоверности полученных результатов (графическое изображение, уравнение).
  - 2.5. Обсуждение полученных результатов.
3. Заключение (вывод).
4. Список используемых источников информации.
5. Приложения.

### Рекомендуемая литература

1. Балдуева Г. И. Примеры отчетов о лабораторных работах: Метод. указ. для студ. инженерно-экологического факультета всех специальностей. Екатеринбург: УГЛТУ, 1997. 40с.

2. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества веществ: справочник / под ред. Е. А. Шорникова. – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2002. Кн. 1: Расходомеры переменного перепада давления, расходомеры переменного уровня воды, тахометрические расходомеры и счетчики. – 416 с., ил.

3. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества веществ: справочник / под ред. Е. А. Шорникова. – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2004. Кн. 2: Расходомеры: обтекания, силовые, тепловые, оптические, ионизационные, ядерно-магнитные, концентрационные, меточные, корреляционные, вихревые, электромагнитные, ультразвуковые (акустические). – 416 с., ил.