

Разработчик:

Преподаватель Авиационного колледжа ДГТУ _____ Ю.А.Смирнов

«__»_____2020г.

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании цикловой комиссии «Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)»

Протокол № _____ от «__» _____ 2020г

Председатель цикловой комиссии _____ В.Н. Панков
«__»_____2020г.

Методические указания предназначены для обучающихся по специальности 15.02.07 «Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)».

СОДЕРЖАНИЕ

1. Лабораторная работа №1. Снятие статических характеристик датчиков расхода.....	4
2. Лабораторная работа №2. Исследование системы автоматического регулирования расхода с применением расходомеров различных типов.....	8
3. Лабораторная работа №3. Основы программирования ПЛК DVD.....	11
4. Лабораторная работа №4. Основы программирования сенсорной панели оператора DOP-B.....	28
5. Лабораторная работа №5. Поверка приборов для измерения давления.....	37
6. Лабораторная работа №6. Калибровка (поверка) манометра с помощью калибратора давления Метран-517 и использованием программного обеспечения "Поверка СИД".....	40
7. Лабораторная работа №7. Изучение принципа действия и поверка напоромера с помощью калибратора давления Метран-502-ПДК-10П.....	47
8. Лабораторная работа №8. Проведение поверки с помощью калибратора Метран-502-ПДК-10П.....	50

1. Лабораторная работа №1.

Снятие статических характеристик датчиков расхода

Цель работы: Экспериментально снять статические характеристики датчиков расхода различного типа.

Порядок работы

1. Изучить необходимый теоретический материал.
2. Ознакомиться с конструкцией и назначением элементов лабораторного стенда «Промышленные датчики расхода».
3. Подготовить стенд к проведению лабораторной работы.
4. Экспериментально снять статические характеристики датчиков расхода.
5. Оформить отчет по проделанной работе.

Ход работы

В состав лабораторного стенда входит два датчика расхода, основанных на разных принципах измерения: вихреакустический датчик Метран-300ПР и ультразвуковой расходомер Ultrasonic US-800.

В данной лабораторной работе требуется снять их статические характеристики, то есть зависимость показаний датчика от величины расхода жидкости.

Перед проведением лабораторной работы необходимо установить все элементы стенда в исходное состояние. Для этого при выключенном автоматическом выключателе QF1 «Сеть», расположенном на лицевой панели стенда:

- установить в выключенное состояние клавишный переключатель «Питание стенда»;
- тумблеры блока дискретных входов 0.00 ... 0.07 перевести в нижнее положение, соответствующее состоянию «Выкл»;
- рукоятку потенциометра блока аналогового ввода/вывода перевести в крайнее положение против часовой стрелки;
- кнопку «Ручной режим» перевести в включенное состояние;

После установки начальных условий необходимо подготовить к работе персональный компьютер и обеспечить его связь со стендом:

- ❖ включить персональный компьютер и дождаться загрузки операционной системы Windows;
- ❖ подать напряжение на стенд включением автоматического выключателя QF1;
- ❖ подать напряжение на программируемый логический контроллер и расходомеры включением клавишного выключателя "Питание стенда", дождаться загрузки ПЛК.
- ❖ после запуска ПЛК необходимо записать в него проект, обеспечивающий совместную работу ПЛК и Scada-системы Trace Mode. Этот проект поставляется вместе со стендом. Программирование осуществляется с помощью программы WPL Soft. Для запуска программы необходимо на рабочем столе Windows или в меню «Пуск» найти соответствующий ярлык и запустить программу;
- ❖ в открывшемся окне в меню «файл» найти пункт «открыть» и найти проект «ПДР-СК», после чего открыть его;
- ❖ обеспечить связь программы WPL Soft и контроллера, после чего откомпилировать проект и записать его в ПЛК;
- ❖ после записи проекта в ПЛК закрыть программу CX Programmer.
Запустить Scada-систему Adastra Trace Mode:
 - на рабочем столе Windows или в меню «Пуск» найти программу Trace Mode и запустить ее, после чего открыть в ней проект «ПДР-СК.rj»;
 - в дереве проекта найти пункт «Система», в котором выделить пункт «RTM_1»;
 - в меню «файл» выбрать пункт «Сохранить для МТБ», после чего в этом же меню нажать на кнопку «Отладка» - открывается новое рабочее окно;

- в рабочем окне программы выбрать меню «файл» и нажать на кнопку «Запуск/Останов» - программа перейдет в режим опроса ПЛК;
- для удобства пользования установить полноэкранный режим работы нажатием сочетания клавиш «Ctrl+F». Основной экран программы «ПДР-СК» представлен на рис. 3.48.

Промышленные Датчики Расхода

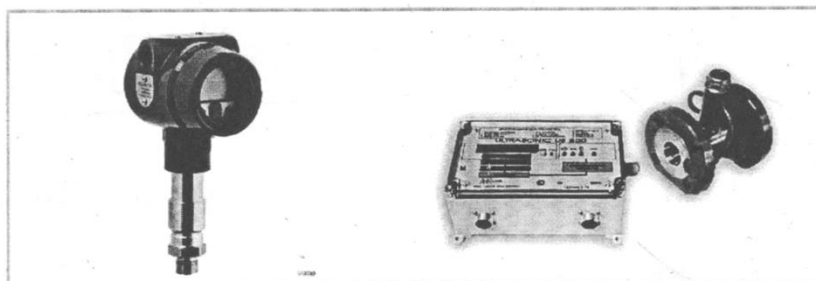


Рис. 3.48. Основное окно программы "ПДР-СК" Trace mode

- ❖ запустить процесс снятия данных Trace Mode нажатием на изображение датчиков расхода программы - откроется окно, показанное на рис. 3.49.



Рис. 3.49. Окно проекта "ПДР-СК" Scada-системы Trace-mode

- ❖ в появившемся окне выбрать пункт «Статические характеристики»/ В окне «Статические характеристики» есть возможность отслеживать показания вихреакустического датчика расхода Метран-300ПР и ультразвукового датчика US800. Также на сенсорной панели оператора нужно выбрать пункт «Статические характеристики» (рис. 3.50, а), после чего откроется окно с показаниями датчиков в цифровом виде, а также с полем задания уставки насоса.

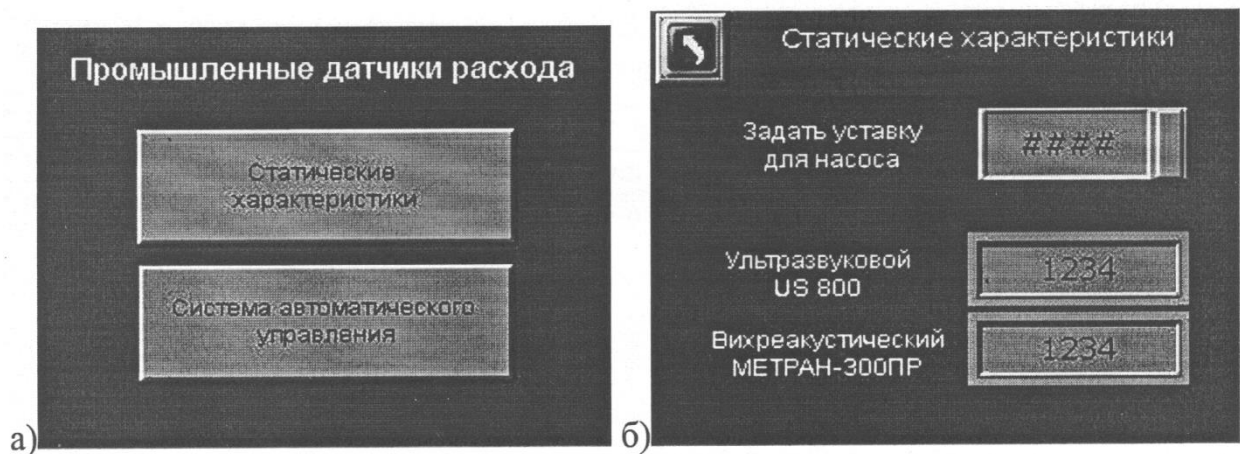


Рис. 3.50. Окно выбора режима работы (а), окно статических характеристик (б)

Показания расходомеров можно снимать либо с помощью визуального контроля (каждый расходомер оснащен индикатором), либо с помощью специализированного программного обеспечения. Подробное описание датчиков представлено в сопроводительной электронной документации к стенду.

Статические характеристики представляют собой зависимость показаний датчиков от величины реального расхода жидкости. Сложность при проведении лабораторных работ состоит в том, что все три датчика используют разные методы измерения расхода, а эталонного датчика в данной комплектации лабораторного стенда не предусмотрено. Поэтому перед проведением опыта необходимо выяснить, показания какого из датчиков являются наиболее достоверными, после чего можно снять зависимость расхода, используя показания одного из датчиков в качестве эталонных.

Определение точности расчета расхода

Лабораторный стенд снабжен двумя емкостями - питательным и приемным баками. Питательный бак и приемный бак имеет объем около 20 литров. Приемный бак оснащен измерительной линейкой, с помощью которой появляется возможность определения текущего объема жидкости, содержащегося в емкости.

Предлагается следующий объемный способ определения расхода:

- проверить приемный бак - он должен быть пустым;
- полностью закрыть кран К1, соединяющий питательный и приемный баки;
- в табл. 3.26 зафиксировать значения счетчиков объема жидкости, прошедшей через датчики (важно зафиксировать не значения текущего расхода, а значения, показывающие, сколько всего жидкости было прокачено через датчик за время его эксплуатации)

Удобнее всего данные показания снимать с помощью персонального компьютера;

- в окне «Статические характеристики» на сенсорном мониторе необходимо задать небольшое значение сигнала задания на скорость вращения насоса (10%) и обеспечить работу насоса в течение времени, необходимого для наполнения приемного бака примерно на 2/3 его объема. По прошествии этого времени насос необходимо остановить и зафиксировать точное время, прошедшее с пуска до полной остановки насоса. После остановки насоса зафиксировать показания датчиков в табл. 3.26;

- поскольку приемный бак снабжен измерительной линейкой, можно вычислить реальный объем жидкости, который в данный момент находится в емкости и который, следовательно, был прокачен через систему. Данные опыта занести в табл. 3.26;

- повторить опыт при других значениях скорости насоса - снять около 5 точек, заноса все данные в табл. 3.26. Перед проведением каждого нового опыта необходимо предварительно сливать накопленную жидкость в питательный бак;

- по данным табл. 3.26 рассчитать величину реального расхода жидкости в системе и определить, какой из датчиков обладает наименьшей погрешностью. Его показания при проведении дальнейших опытов следует принимать за базовые;

– после проведения опыта по определению погрешности расхода можно приступать к снятию статических характеристик датчиков.

Таблица 3.26

	Параметр	Опытные данные				
	Сигнал задания, %					
300ПР	Начальный объем V_0 , м ³					
	Конечный объем V_i , м ³					
US-800	Начальный объем V_0 , м ³					
	Конечный объем V_i , м					
Расчетные данные	Время T , с					
	Объем в питательном баке V_E , м ³					
	Реальный расход, м ³ /ч					
	Расход 300ПР, м ³ /ч					
	Расход, US-800, м ³ /ч					

Статические характеристики датчиков расхода

Статические характеристики датчиков расхода снимаются на разных скоростях насоса и представляют собой зависимости выходных сигналов датчиков от величины реального расхода. Поскольку в предыдущем опыте был определен датчик, дающий наиболее достоверные результаты измерений, его показания принимаются за базу. Опыт проводится в следующей последовательности:

- 1) полностью открыть кран К1, соединяющий приемный и питательный баки. При этом вся жидкость, содержащаяся в приемном баке, должна перетечь в питательную емкость;
- 2) в окне «Статические характеристики» программы Trace Mode задать скорость насоса на уровне 10...15%;
- 3) дождаться завершения разгона электродвигателя и записать в табл. 3.27 показания всех трех датчиков расхода;
- 4) постепенно увеличивая скорость вращения насоса, снять восходящую ветвь статических характеристик датчиков;
- 5) при достижении максимального сигнала задания постепенно уменьшать его до нулевого значения, занося результаты измерений в табл. 3.27.
- б) после проведения опыта остановить насос, выйти из программы Trace Mode, выключить питание контроллера, а также автоматический выключатель QF1 «Сеть» лабораторного стенда.

Таблица 3.27

Восходящая ветвь						
U _{упр} , %						
US-800						

300-ПП							
Нисходящая ветвь							
Уупр, %							
US-800							
300-ПП							

При обработке опытных данных необходимо объяснить различия в показаниях расходомеров, возникающие при снятии статических характеристик, сделать необходимые расчеты, сделать выводы по работе.

2. Лабораторная работа №2.

Исследование системы автоматического регулирования расхода с применением расходомеров различных типов

Цель работы: Настроить систему автоматического регулирования расхода, построенную на датчиках различного типа, снять ее статические и динамические характеристики.

Порядок работы

1. Изучить необходимый теоретический материал.
2. Ознакомиться с конструкцией и назначением элементов лабораторного стенда «Промышленные датчики расхода».
3. Подготовить стенд к проведению лабораторной работы.
4. Настроить ПИД-регулятор системы автоматического регулирования расхода.
5. Снять статические и динамические характеристики системы.
6. Оформить отчет по проделанной работе.

Ход работы

В состав лабораторного стенда входит три датчика расхода различного типа - вихреакустический датчик Метран-300ПП, электромагнитный Siemens Sitrans, ультразвуковой расходомер Ultrasonic US-800. В данной лабораторной работе требуется построить систему автоматического регулирования расхода с применением ПИД-регулятора, реализованного на ПЛК Delta, настроить коэффициенты ПИД-регулятора и снять статические и динамические характеристики системы.

Перед проведением лабораторной работы необходимо установить все элементы стенда в исходное состояние. Для этого при выключенном автомате - тическом выключателе QF1 «Сеть», расположенном на лицевой панели стенда:

- установить в выключенное состояние клавишный переключатель «Питание стенда»;
- тумблеры блока дискретных входов 0.00 ... 0.07 перевести в нижнее положение, соответствующее состоянию «Выкл»;
- рукоятку потенциометра блока аналогового ввода/вывода перевести в крайнее положение против часовой стрелки;
- кнопку «Ручной режим» перевести во включенное состояние;

После установки начальных условий необходимо подготовить к работе персональный компьютер и обеспечить его связь со стендом:

- ❖ включить персональный компьютер и дождаться загрузки операционной системы Windows;
- ❖ подать напряжение на стенд включением автоматического выключателя QF1 «Сеть»;
- ❖ подать напряжение на программируемый логический контроллер и расходомеры включением клавишного выключателя «Питание стенда», дождаться загрузки ПЛК;

- ❖ после запуска ПЛК необходимо записать в него проект, обеспечивающий совместную работу ПЛК и Scada-системы Trace Mode. Этот проект поставляется вместе со стендом. Программирование осуществляется с помощью программы CX Programmer. Для запуска программы необходимо на рабочем столе Windows или в меню «Пуск» найти соответствующий ярлык и запустить программу;
- ❖ в открывшемся окне в меню «файл» найти пункт «открыть» и найти проект «ПДР-СК», после чего открыть его;
- ❖ обеспечить связь программы CX Programmer и контроллера, после чего откомпилировать проект и записать его в ПЛК;
- ❖ после записи проекта в ПЛК закрыть программу CX Programmer.

Запустить Scada-систему Adastra Trace Mode:

- ✚ на рабочем столе Windows или в меню «Пуск» найти программу Trace Mode и запустить ее, после чего открыть в ней проект «ПДР-СК.prj»;
- ✚ в дереве проекта найти пункт «Система», в котором выделить пункт «RTM_1»;
- ✚ в меню «файл» выбрать пункт «Сохранить для МТБ», после чего в этом же меню нажать на кнопку «Отладка» - открывается новое рабочее окно;
- ✚ в рабочем окне программы выбрать меню «файл» и нажать на кнопку «Запуск/Останов» - программа перейдет в режим опроса ПЛК;
- ✚ для удобства пользования установить полноэкранный режим работы нажатием сочетания клавиш «Ctrl+F». Основной экран программы «ПДР-СК» представлен на рис. 3.48;
- ✚ запустить процесс снятия данных Trace Mode нажатием на изображение датчиков расхода программы - откроется окно, показанное на рис.3. 49.

Также на сенсорной панели оператора нужно выбрать пункт «Система автоматического управления» (рис. 3.51, а), после чего откроется окно с показаниями датчиков в цифровом виде, а также с полем задания уставки насоса.

Опыт по настройке замкнутой системы производится в следующем порядке:

- в меню «ПИД-регулятор» задать коэффициент усиления П-канала регулятора, отличный от нуля, а интегральный и дифференциальный коэффициенты усиления установить равными нулю;
- установить сигнала задания, равный 20...30% от максимального значения (параметр «Уставка регулятора»), при этом система начинает обрабатывать данную уставку. Следует наблюдать переходный процесс расхода на экране персонального компьютера;



Рис. 3.51. Окно выбора режима работы (а), окно автоматического управления (б)

- изменяя значение коэффициента П-канала регулятора, добиться необходимого с точки зрения критериев быстродействия и минимума колебательности переходного процесса;

- аналогичным образом подобрать значения коэффициентов интегрального и дифференциального каналов регулятора. При проведении настройки необходимо учитывать, что датчики расхода являются достаточно инерционными устройствами, что обязательно отразится на настройках интегрального и дифференциального каналов регулятора. Параметры датчиков представлены в приложении А;
- после окончательной установки параметров регулятора расхода необходимо снять переходный процесс расхода при набросе сигнала задания.

После настройки системы регулирования расхода необходимо снять следующие характеристики:

- зависимость расхода от величины сигнала задания;
- переходный процесс системы при приложении статического возмущающего воздействия.

Для снятия статической зависимости расхода от сигнала задания необходимо:

- a) установить сигнал задания, равный нулю (параметр «Уставка регулятора»);
- b) задавая уставку регулятора настроенной замкнутой системы от 0 до максимума, изменять расход, фиксируя показания в табл. 3.28. Данные расхода можно наблюдать экране ПК;
- c) характеристики необходимо снимать как при повышении уставки, так и при ее снижении;
- d) после проведения опыта установить сигнал задания, равный нулю.

Таблица 3.28

Восходящая ветвь							
U_{упр}							
300-ПР							
Нисходящая ветвь							
U_{упр}							
300-ПР							

Переходный процесс расхода при приложении статического возмущающего воздействия снимается в следующей последовательности:

- a) установить величину расхода в пределах 20...60% (параметр «Уставка регулятора»). Требуемую величину расхода можно вычислить, руководствуясь данными снятия статической зависимости расхода от сигнала задания;
- b) активировать процесс регулирования (переключатель «Пуск/Останов регулирования»);
- c) дождаться установки необходимого уровня расхода. Окончание переходного процесса расхода можно отслеживать с помощью персонального компьютера (временные диаграммы расхода);
- d) с помощью крана К2, осуществляющего подачу воды из питательного бака в систему, или регулировочного крана К3 уменьшить величину расхода системы. При этом запрещается полностью перекрывать данные краны, так как это может привести к поломке насоса;
- e) отслеживать переходный процесс расхода на экране компьютера. По окончании переходного процесса сохранить его временную диаграмму и в дальнейшем привести ее в отчете;
- f) убрать дестабилизирующий фактор (полностью открыть краны К2 и К3), установить значение уставки регулятора равной нулю;
- g) после остановки насоса выключить процесс регулирования и закрыть программу Trace Mode;
- h) выключить электропитание программируемого контроллера и расходомеров (клавишный переключатель «Питание стенда»);

i) выключить автоматический выключатель QF1.

После завершения режима поверки появится окно :

«Режим поверки манометров. Отчет» (рис. 3.101). Просмотрите результаты поверки и отчет (нажмите кнопку «Отчет»). Сохраните отчет в папку «Мои документы».

Отчёт: протокол поверки

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

Пример распечатки с ПК

ПО СОСТОЯНИЮ НА 10.12.07 10:20:30

Объект поверки:

- Модель: **НМП-52-М-2**
- Серийный номер: **111111**
- Инвентарный номер: **111**
- Верхний предел измерений: **40 кПа**
- Класс точности: **2,5**
- Предел допускаемого значения вариации: **2,5**
- **Примечание:** _____
- **Условия поверки:**
- **Температура окружающей среды:** **22 °С**
- **Рабочая среда:** **воздух**

Опробование:

- Внешний осмотр: **Соответствует**
- Опробование работоспособности: **Соответствует**
- Проверка функции «Установка нуля»: **Соответствует**
- Проверка герметичности: **Соответствует**

Точки нагружения, ед. шкалы (кПа)	Показания калибратора, кПа	Показания напоромера, ед. шкалы (кПа)	Погрешность, %	Вариация, %
0	0,090	0	-0,23	
5	5,120	5,05	-0,18	
10	10,151	10,05	-0,25	
20	20,231	20,05	-0,45	
30	30,223	30,02	-0,50	
40	40,363	40,05	-0,78	0
30	30,242	30,03	-0,53	0,05
20	20,241	20,05	-0,48	0,03
10	10,172	10,05	-0,31	0,05
5	5,121	5,05	-0,18	0
0	0,101	0	-0,25	0,03

Наибольшее значение приведенной погрешности: -0,78 %

Наибольшее значение приведенной вариации: 0,05 %

Заключение: **годен**