

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ФИЗИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВЫСОКИХ ПОРЯДКОВ

Уфимцев А.В.¹, Филипас А.А.² Макаров Д.С.³

¹Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8Т11, e-mail: avu34@tpu.ru

²Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, доцент, e-mail: filipas@tpu.ru

³Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8Т11, e-mail: dms36@tpu.ru

Аннотация

В работе рассмотрен автоматизированный стенд гидродинамических процессов с возможностью имитации утечек на длинном участке трубопровода и определения размера утечки с помощью метода перепада давлений, регулированием проходного сечения, измерением расхода рабочей жидкости, регулирование противодавления, создаваемого в гидроаккумуляторах.

Ключевые слова: регулирование, противодавление, автоматический, пневматический, гидроаккумулятор.

Введение

В настоящее время изучение гидродинамических процессов высоких порядков позволяет наиболее детально и точно описывать сложные процессы такие как турбулентность, течение жидкости в трубах и каналах, движение волн на поверхности воды, взаимодействие океанических течений и др. Такие исследования имеют важное значение для прогнозирования погоды, изучения климата, разработки новых технологий в области гидроэнергетики и других инженерных отраслях. Произвести соответствующие вычисления и расчёты для систем порядка выше третьего зачастую представляется чрезвычайно трудоёмкой задачей, поскольку более сложные объекты управления часто не поддаются описанию по средством стандартных правил и уравнений теории автоматического управления. Для эффективного изучения не стандартных систем высокого уровня сложности вплоть до 6 порядка и призван быть использован данный стенд моделирования гидродинамических процессов.

Одной из основных составных частей данной установки является гидравлическая система. Анализ её работы в зависимости от заданных управляющими устройствами режимов эксплуатации, начальных условий и внешнего воздействия является одной из ключевых задач для реализации данного проекта [1].

Описание функционирования стенда

Автоматизированный исследовательский стенд физического подобия моделирования гидродинамических процессов высоких порядков, позволяет реализовать метод определения утечки из трубопровода, основанный на разности давления во времени.

Данный стенд физического подобия гидродинамических процессов высоких порядков включает в себя три основных слоя, представленных на схеме контуров управления стендом (рис. 1). Черным цветом на данной схеме обозначен первый слой представляющий собой основной канал проводимых экспериментов включая трубопроводы. Красным цветом представлены элементы второго слоя, включающие в себя оборудование необходимое для запуска, технического обслуживания и ремонта. Синим цветом представлены элементы третьего слоя, предназначенные для автоматизированного управления основным каналом эксперимента в зависимости от заданных изначально условиями эксперимента параметров по гидросопротивлению, пневмосопротивлению, количество поданного объёма рабочей жидкости, объёма сливаемой из системы рабочей жидкости, степени открытости проходного сечения клапанов, регулирования давления воздуха, подаваемого компрессором.

Его конструкцию можно разделить на две основные составные части – гидравлическую и пневматическую соответственно [2]. Полная конструкция разработанного стенда состоит из следующих основных элементов, представленных на рисунке 1.

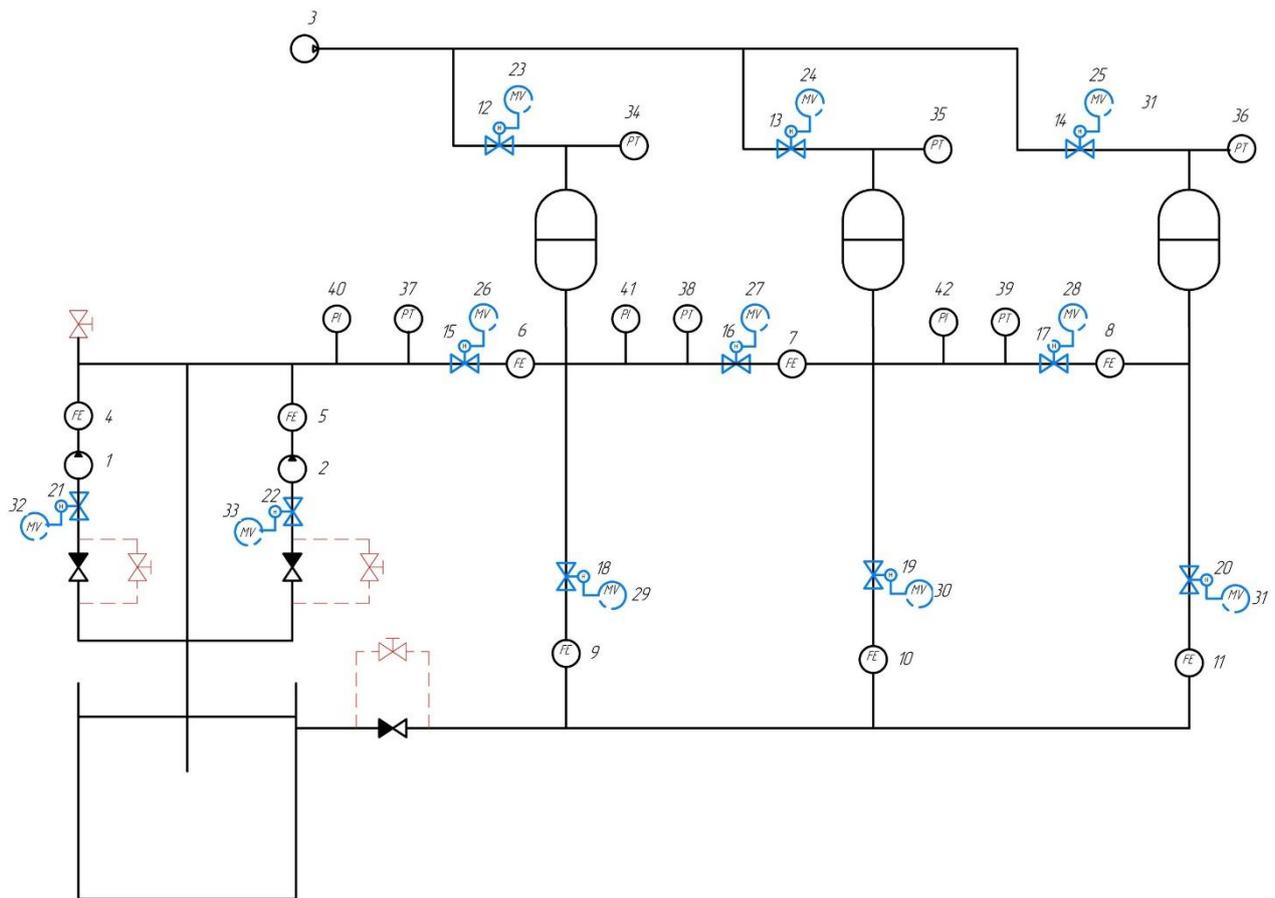


Рис. 1. Схема уровней управления стендом гидродинамических процессов

Рассмотрим подробнее устройство и функционирование гидравлической части стенда. Начнём с элементов представляющий основной канал эксперимента, в которых ходят такие устройства как гидроаккумуляторы, насосы, манометры, датчики давления, датчики расхода жидкости [3].

Принципиально понимать, что основная часть стенда состоит из трёх расположенных друг за другом одинаковых каскадов включающих себя гидроаккумуляторы, подключенных к пневматической части стенда, а также имеющих каждый в своем каскаде датчики для определения параметров проводимого эксперимента. Внутри гидроаккумуляторов располагается резиновая груша, в которую накачивается жидкость. Благодаря такому строению между стенками груши и сосуда поддерживается давление, которое можно использовать для перекачки жидкости в другое место по трубопроводу [4].

Предусмотрены выходы для рабочей жидкости со всех трёх гидроаккумуляторов с целью гибкого корректирования работы системы, задавая различные начальные условия для эксперимента определения утечки, контроля объёма рабочей жидкости в системе, слива её из системы, а также для возможности определить физически объём утечки и сравнить его с показаниями программы.

Два насоса, обозначенные на схеме цифрами 1 и 2, предназначенные для заполнения и продвижения рабочей жидкости по всей системе [5].

Параллельное подключение насос как показано на схеме позволяет осуществить замену одного из насосов в случае неисправности, без остановки эксперимента. При продолжительной работе насосов имеется возможность исследовать значения параметров, передаваемых с датчиков, в динамике, что является обязательным условием для реализации упомянутого метода определения утечек.

В качестве таких датчиков было решено использовать несколько типов различных устройств. Начнём с датчиков расхода жидкости FE, обозначенных на схеме цифрами 4, 5 и расположенных сразу после насосов, а также по всему основному каналу эксперимента и отмеченными цифрами 6, 7, 8 на участках между соседними каскадами гидроаккумуляторов, и 9, 10, 11 на линиях отвода из емкостей гидроаккумуляторов. Сами датчики расхода жидкости представляют из себя турбины с датчиками Холла. При прохождении потока жидкости через датчик, устройство передаёт дискретный сигнал на

вход программируемого логического контроллера, где данный сигнал находит применение в зависимости от написанной программы.

Как было сказано выше метод идентификации утечки основан на изменении давления на участке трубопровода, для этой цели использованы аналоговые приборы такие как манометры PI, обозначенные цифрами 40, 41, 42 и установлены в каждом каскаде системы. А также дублирующие их преобразователь избыточного давления PT, отмеченные на схеме цифрами 37, 38, 39 являющиеся цифровыми приборами и выполняющими функцию передачи показаний давления в программируемый логический контроллер.

Второй слой системы предназначен для проведения пусконаладочных работ и представлен элементами технического обслуживания отмеченных на схеме красным цветом. К ним относятся ручные клапаны необходимые для слива жидкости при отказе автоматических систем и клапан для заполнения системы рабочей жидкостью при первом пуске.

Третий слой системы представлен устройствами управления экспериментом к которым относятся, электромагнитные клапана с ручным приводом обозначены на схеме синим цветом и цифрами 15-22 для ручного привода и 26-33 для автоматизированного привода клапана в движения. Ручной привод в данной устройстве необходим для осуществления контроля степени открытости проходного сечения клапана, однако применяется при отсутствии возможности автоматической реализации данного действия.

Одним из шагов к обеспечению дистанционного управления стендом является разработка SCADA модели системы, позволяющей в режиме реального времени отслеживать рабочие параметры с многочисленных датчиков стенда. Данная модель представлена ниже на рисунке 2.

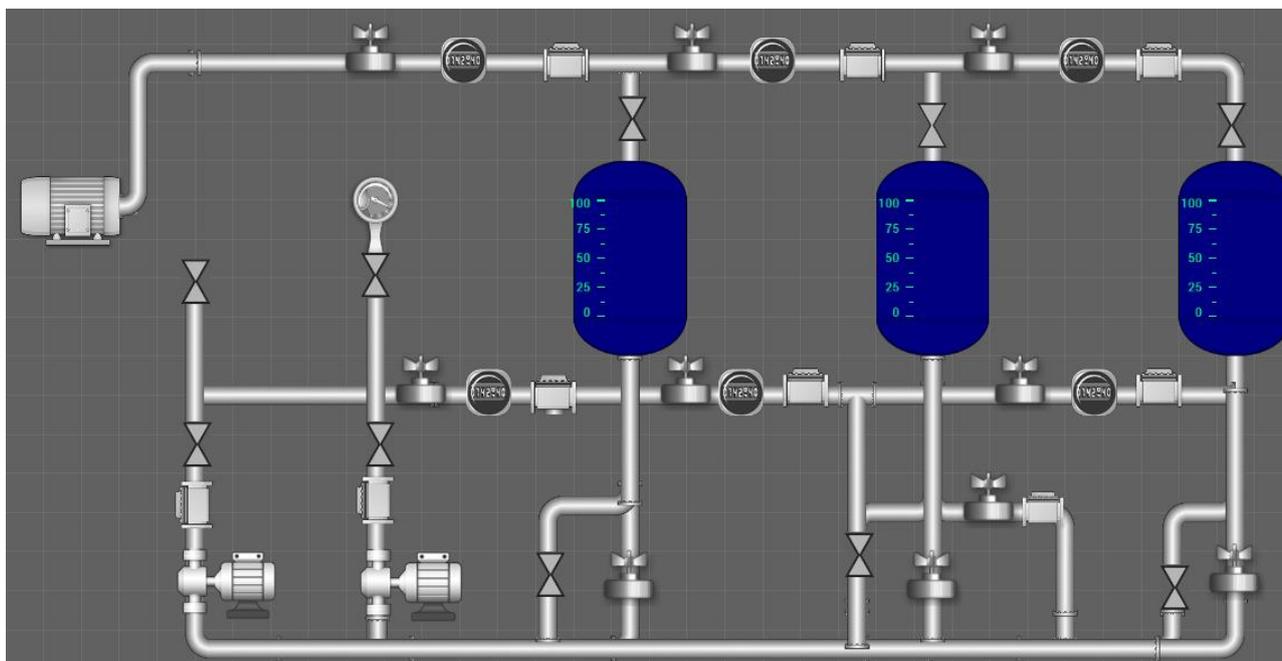


Рис. 2. SCADA система стенда физического подоби моделирования гидродинамических процессов высоких порядков

Заключение

В ходе выполнения данной работы была разработана концепция автоматизации стенда, изучены основные законы гидравлики, пневматики, а также спроектирована SCADA система, отображающая данные о протекании эксперимента.

Практическая ценность работы заключается в возможности проведения опытов высоких порядков регулирования с высокочастотными колебаниями и моделирование прорыва газа реализованными с помощью пневматической части стенда, а также реализация утечек на участке трубопровода и регулирование противодавления благодаря гидравлической части. Разрабатываемое решение может быть внедрено в учебных заведениях на территории Российской Федерации вместе с

внедрением новых информационных технологий в области автоматизации технологических процессов.

Список использованных источников

1. Филипас А.А. Разработка стенда физического подобия "Трёхфазный сепаратор скважинной жидкости" / А.А. Филипас, А.В. Мигель // Современные проблемы машиностроения: сборник трудов XIII Международной научно-технической конференции, г. Томск. 26-30 октября 2020 г. – Томск: Томский политехнический университет, 2020. – С. 216-217.

2. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Гидродинамика. М.: Наука. – 2003. – 278 с.

3. Есипенко Е. И. Гидродинамический стенд для моделирования движения морской воды – Текст: электронный // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2009. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gidrodinamicheskiy-stend-dlya-modelirovaniya-dvizheniya-morskoj-vody> (дата обращения 20.02.2024)

4. Краснокутский И.Д., Рабинович М.Е. Комбинированный стенд для лабораторных работ по гидравлике // Концепт: научно-методический электронный журнал официального сайта эвристических олимпиад «Совёнок» и «Прорыв». – Апрель 2012, ART 1244. – Киров. – 2012 г. – URL: <http://www.covenok.ru/koncept/2012/1244.htm> (дата обращения: 20.03.2024)

5. Красильников А.В., Методика проектной оценки характеристик системы поддержания давления гидродинамического стенда // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2014. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-proektnoy-otsenki-harakteristik-sistemy-podderzhaniya-davleniya-gidrodinamicheskogo-stenda> (дата обращения 15.01.2024)