

УДК 62-522.7

UDC 62-522.7

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
СТЕНДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕГУЛИРОВОЧНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНЕРА**

М. Е. Поварова, М. С. Полешкин

Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

asham15@yandex.ru

poleshkin.maks@gmail.com

Рассматривается система автоматизированного управления стенда для приемосдаточных испытаний запорно-регулирующей аппаратуры. Разработана структура и принципиальные схемы гидро- и пневмосистемы стенда, циклограмма работы системы контроля и управления. Приводятся результаты теоретических исследований моделирующих процесс испытаний гидроаппаратов в программной среде Matlab Simulink, а также ожидаемый результат от возможности автоматизации цикла испытаний.

Ключевые слова: система управления, запорная арматура, исследование характеристик, испытательный стенд, герметичность, пневматический позиционер, моделирование.

Введение. Запорная арматура предназначена для полного перекрытия потока рабочей среды в трубопроводе и ее пуска в зависимости от требований технологического процесса (цикл «открыто-закрыто»). Главным требованием при эксплуатации является обеспечение надежного и полного перекрытия проходного сечения. Запорная арматура должна соответствовать основным критериям качества: надежности, долговечности и функциональному назначению. Исследования протекающих гидродинамических процессов при функционировании запорной арматуры, являются важным этапом при создании новых и модернизации уже существующих устройств, а это, в свою очередь, требует наличия специализированного стендового оборудования.

Цель работы, ее проблематика. Целью данной работы является повышение качества испытаний и расширение функциональных возможностей стенда для исследования запорной арматуры путем разработки его автоматизированной системы управления, а также проведения исследова-

RESEARCH STAND AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR DETERMINING PNEUMATIC POSITIONER CONTROL CHARACTERISTICS

M. E. Povarova, M. S. Poleshkin

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

asham15@yandex.ru

poleshkin.maks@gmail.com

The article discusses stand automated control system for acceptance testing of locking and regulating equipment. The authors have developed the structure and concepts of hydraulic and pneumatic systems of the stand, the sequence diagram of operation of its control system. It presents the results of theoretical research, simulating the hydro devices test process in the software environment Matlab Simulink as well as the expected result from the possibility of automating test cycle.

Keywords: control system , stop valves , characteristics study, research stand, impermeability, pneumatic positioner , modeling.

дований с использованием пневматического позиционера и оснащения контрольно-измерительным комплексом.

Трубопроводная аппаратура имеет сложные условия эксплуатации, а также содержит большое многообразие конструкций: клапаны, дроссели, вентили и др. Для улучшения качества гидроаппараты подвергают различного рода испытаниям на специализированных стендах, оснащенных современными средствами контроля измеряемых параметров [1]. Оценка состояния вопроса показала, что основным недостатком действующего в настоящее время стендового оборудования является его низкая универсальность, недостаточная производительность и слабое оснащение современными автоматизированными средствами обеспечения исследований. Таким образом, вопросы разработки и испытания автоматизированного универсального испытательного стенда представляют определенный интерес.

Краткий обзор аналогов. В результате литературного обзора интересующих аналогов были рассмотрены наиболее характерные технические решения стендового оборудования, предназначенного для приемосдаточных испытаний по ГОСТ 53 402–2009 [2].

В литературе приводятся основные конструктивные решения [1]:

- 1) стенд для испытаний узла затвора клапанов на жесткость, циклическую наработку и герметичность;
- 2) стенд для гидравлического испытания трубопроводной арматуры, позволяющий осуществлять проверку на прочность и герметичность.

В результате анализа выявлено, что оба рассмотренных технических решения обладают следующими недостатками:

- невозможность проведения гидравлического испытания на прочность и нечувствительность трубопроводной арматуры;
- недостаточная производительность;
- малое обеспечение автоматизированными системами;
- недостаточная энергоемкость;
- низкая универсальность конструкции.

Анализ аналогов и формирование предложений собственного технического решения.

Исходя из вышеизложенного можно сформулировать следующие требования к стендовому оборудованию для исследования эксплуатационных параметров запорно-регулирующих аппаратов (ЗРА):

1. Оборудование для испытаний ЗРА на прочность должно моделировать полный комплекс эксплуатационных нагрузок, действующих на арматуру [2].
2. Оборудование обязательно должно быть оснащено высокоточными приборами или устройствами для измерения и контроля утечки среды, прошедшей через уплотнение закрытого затвора в единицу времени.
3. С целью испытаний различных типов арматуры исследовательское оборудование должно быть легко перенастраиваемым (переналаживаемым).
4. Для снижения трудоемкости исследований и испытаний должен быть предусмотрен полуавтоматический и автоматический режимы работы стенда.

Для реализации всех вышеперечисленных требований была авторами была разработана оригинальная конструкция экспериментального стенда, реализующая необходимую группу исследовательских задач с возможностью переналадки.

Описание предлагаемого технического решения. Задача, решаемая при разработке стенда для исследования характеристик запорной арматуры, заключается в создании связанной системы устройств, обеспечивающих возможности для комплексных исследований. Кроме того, требуется обеспечить удобство эксплуатации оборудования, контроль параметров и правильность выполнения цикла испытаний — исследований расходно-перепадных характеристик, испытаний на герметичность и на нечувствительность привода-позиционера.

В качестве устройств управления для реализации основной гидросистемы используется запорно-регулирующая арматура фирмы «Samozzi», а системы управления испытываемой аппаратуры — пневматический позиционер [4]. Система управления стендом построена на основе программируемого логического контроллера и допускает возможность дальнейшей модернизации.

Улучшения достигаются дополнительной установкой контуров запорно-регулирующей арматуры, оснащенных расширенным контрольно-измерительным комплексом (датчиков давления, температуры, расхода), средствами визуализации статистики испытаний (ПК со Scada системой). Для регистрации показаний с датчиков используются 8-ми каналные измерители-регуляторы «ОВЕН» ТРМ138–Т с интерфейсом RS–232.

Для гидравлического испытания арматуры применяют сложную систему устройств, имеющую взаимные управляющие связи, объединяющую две подсистемы: силовую — насосно-энергетическую станцию, обеспечивающую поток рабочей среды и управляющую — компрессорную установку для обеспечения питанием пневматического позиционера (рис. 3).

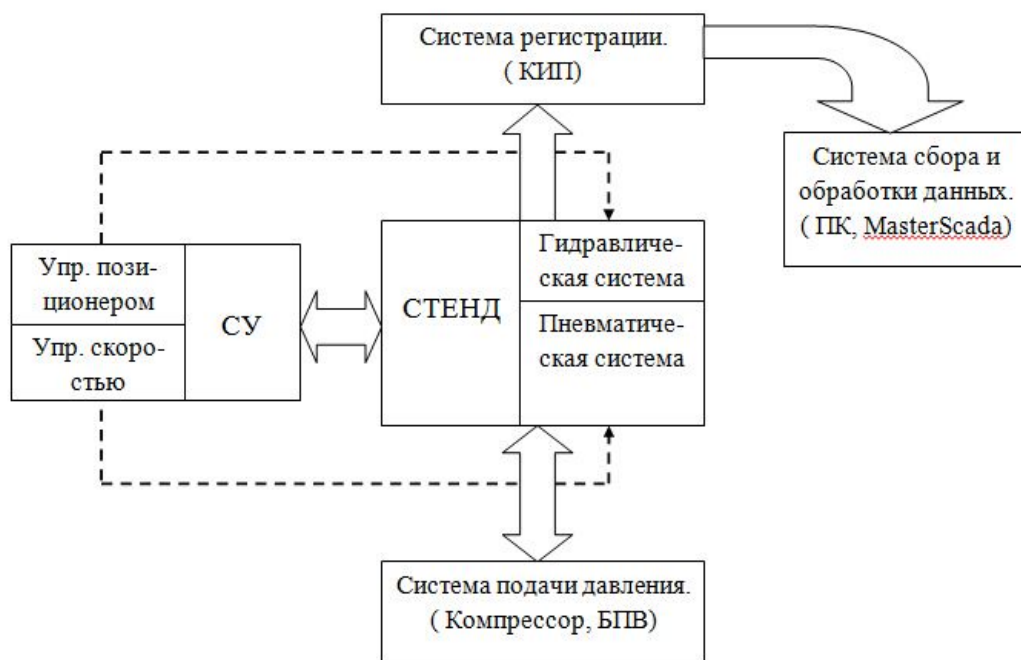


Рис. 3. Структурная схема исследовательского стенда

Разработанный исследовательский стенд позволяет проводить следующие виды испытаний:

- на герметичность;
- на прочность;
- на нечувствительность управляющего устройства ЗРС;
- расходно-перепадных характеристик ЗРС.

Принцип работы и состав элементов поясняет пневмогидравлическая объединенная схема, представленная на рис. 4.

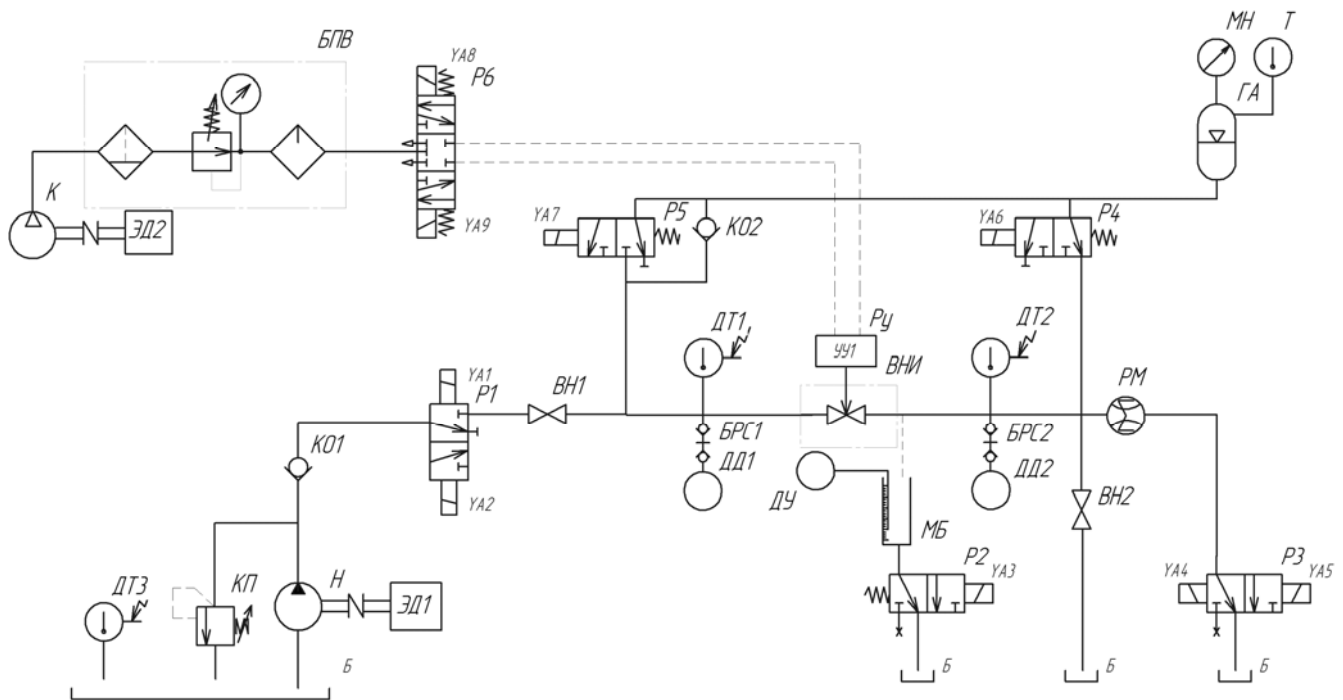


Рис. 4. Пневмогидравлическая схема исследовательского стенда

Подачу рабочей жидкости осуществляет центробежный насос Н, приводимый в движение электродвигателем ЭД. Для защиты от избыточного давления установлен клапан предохранительный КП. Температура рабочей жидкости контролируется датчиком температуры ДТЗ, расположенным в баке Б. Клапан обратный КО препятствует прохождению жидкости в обратном направлении к насосу Н в случае пониженного давления. Подача жидкости к исследуемому аппарату осуществляется включением распределителя Р1 (в автоматическом режиме) и открытым вентилями ВН1 и ВН2 (в аварийном режиме). Расход жидкости измеряется расходомером РМ и регулируется при помощи пневматического позиционера — УУ1 через распределитель Р6 от источника питания (компрессора). Температура и давление до и после запорно-регулирующего аппарата измеряются датчиками ДТ1, ДТ2 и ДД1, ДД2 соответственно. Сигналы от них поступают на вход прибора измерителя-регулятора.

Исследования расходно-перепадных характеристик проводятся методом проливки. Замер большого расхода осуществляется через расходомер РМ, малого — при помощи мерного резервуара (бака) МБ при перекрытии канала слива распределителем Р2 [3].

Для проверки на герметичность требуется попеременно включать насос Н. Затем необходимо закрыть распределители Р3 и Р2. При повышении давления до значения настройки (1,6–2 МПа) датчик ДД1 сигнализирует системе управления. Автоматически формируется сигнал на запирание напорной гидролинии. Для компенсации утечек и потерь давления в системе предусмотрен гидравлический аккумулятор ГА, включаемый распределителем с электроуправлением Р5. Наполнение аккумулятора происходит в момент работы насоса Н.

Проверка на нечувствительность регулируется пневматическим позиционером и осуществляется двумя способами — без подачи испытательной среды в арматуру и с подачей. В первом случае выключают приводной электродвигатель насоса Н. Отключают позиционер исследуемого устройства ВНИ, далее подают воздух в пневматический исполнительный механизм давлением

управления Рупр (в соответствии с КД на позиционер). Для произвольных значений относительно го хода от 0,05 до 1,0 фиксируют значения управляющего давления при прямом и обратом ходе с помощью датчиков хода. Рассчитывают по известной методике параметры нечувствительности (по ГОСТ 53 402–2009).

Во втором случае методика испытаний аналогична вышеописанной, только проводится при включенном подающем насосе Н, открытых распределителях Р1 и Р3, закрытых Р2 и Р4.

На рис. 5 представлен общий вид стенда для исследования регулировочных характеристик запорно-регулируемой арматуры. Конструкция стенда на рис. 5, включает в себя: корпус 1; панель управления 2; переносной персональный компьютер 3, которым считываются и фиксируются показания с контрольно-измерительного комплекса для определения регулировочных характеристик пневматического позиционера; блок электрический 5.

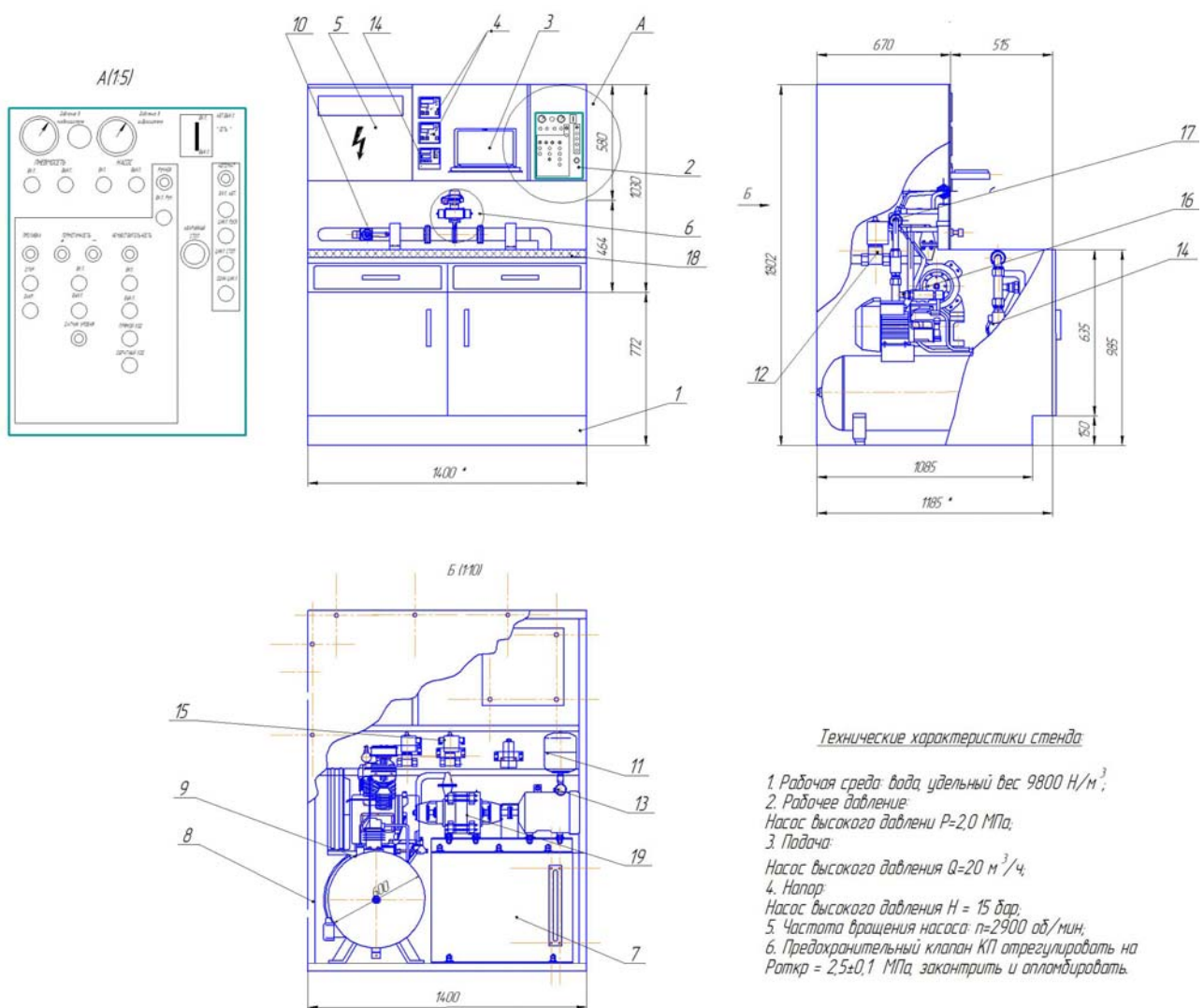


Рис. 5. Общий вид стенда для определения регулировочных характеристик пневматического позиционера

Контрольно-измерительный комплекс состоит из 2-х измерителей-регуляторов 4 («ОВЕН» ТРМ 202) с подключенными к ним датчиками давления и температуры, а также одного расходо-

мера 14 «ОВЕН» РМ1. Исследуемое управляющее устройство 6 состоит из дискового затвора с пневматическим приводом двустороннего действия РN16 и блока концевых датчиков модели SBA. Вентиль 10 серии V2E (OMAL) предназначен для изменения количества жидкой среды в магистрали потребителя или ее полного перекрытия. Он применяется для ручного дублирования в случае аварийной ситуации. В стенде предусмотрена система дренажа 18 — поддон для сбора воды при смене ЗРА.

Разработанная система управления для автоматического режима работы функционирует в соответствии с временной диаграммой на рис. 6.

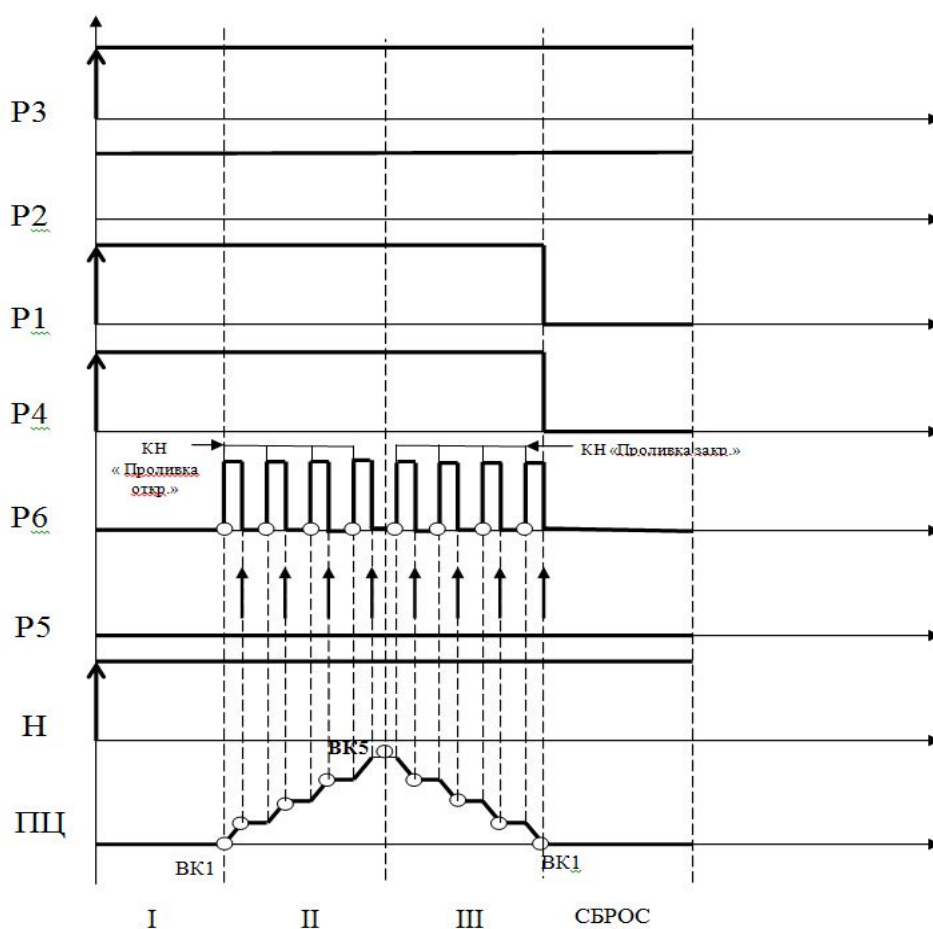


Рис. 6. Временная диаграмма проливочных испытаний работы системы управления

Возможности схемы стенда позволяют реализовать автоматический режим работы с возможностью ручного включения. Описание автоматического режима состоит из следующих пунктов:

1. Автоматический режим включается кнопкой «АВТОМАТ ВКЛ.». При этом система сразу переходит в «ИСХОДНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ».
 2. При нажатии кнопки «ЦИКЛ ПУСК» включаются все устройства для режима «ПРОЛИВКА ОТКР.».
 3. При активации режима «ПРОЛИВКА ЗАКР.» процесс начинается автоматически от конечного выключателя позиционера (BK5).
 4. Испытания «ГЕРМЕТИЧНОСТЬ» начинаются автоматически при достижении конечного выключателя KB1 в операции испытаний «ПРОЛИВКА ЗАКР.».
- В случае сигнализации

датчика уровня ДУ, система автоматически возвращается в исходное положение (загорается красная лампочка). Если же утечек нет, то лампа не сигнализирует и цикл продолжается. За продолжение цикла отвечает таймер (1 минута).

5. Испытания на «НЕЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ» осуществляются также в автоматическом режиме, а сигнал на начало операции дает окончание отсчета таймера. При этом выключается электромагнит УАЗ распределителя Р2. В данной операции также задействованы конечные выключатели позиционера. Испытания на прямой и обратный ход производятся переключением операций — «ПРЯМОЙ ХОД» ВК1-ВК5; «ОБРАТНЫЙ ХОД» ВК5-ВК1. По достижении позиционером ВК1 происходит сброс и начинается новый цикл.

Возможность переналадки обеспечивает изменение программы, загруженной в контроллер «Siemens» CPU 226 DCD/CDC, которая составлена на языке программирования РКС. Для удобства управления станком разработан пульт управления, представленный на рис. 5 (поз. 2), который обеспечивает правильную последовательность всех испытаний.

Поскольку создание стандового оборудования довольно трудоемкий и затратный процесс, для исследования системы управления станком применили математическое моделирование в программе Matlab Simulink [5]. Создание структуры математической модели, представленной на рис. 7, производили в подсистеме имитационного моделирования Simscape.

Результаты выполненных исследований представлены на рис. 8. При предварительных теоретических исследованиях были получены осциллограммы давления на входе (рис. 8б) и на выходе (рис. 8в) запорно-регулирующего устройства, а также расхода (рис. 8а) через него при изменении проточной части.

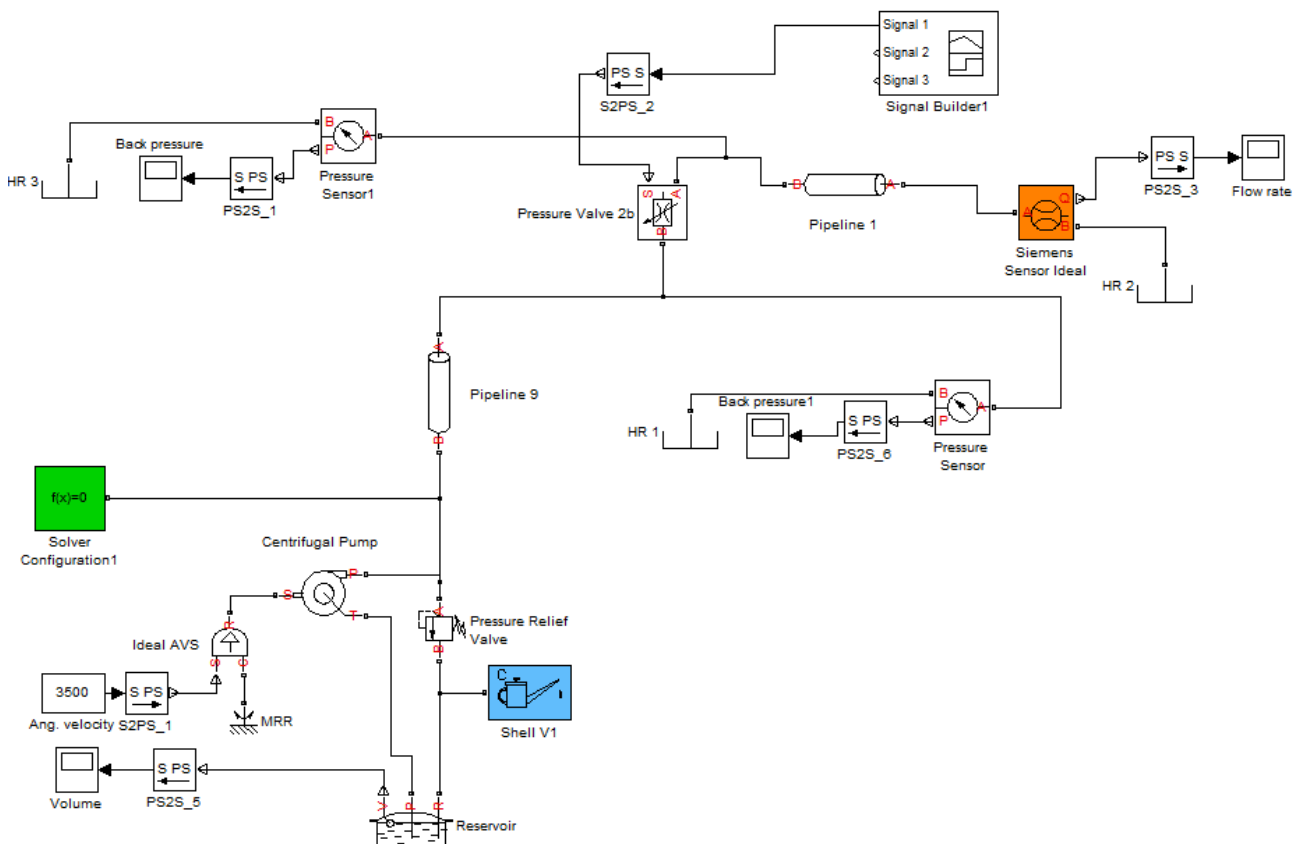


Рис.7. Схема математической модели в программе Matlab Simulink

Анализ полученных диаграмм показал, что предлагаемое схмотехническое решение работоспособно и позволяет обеспечить требуемые параметры по напору H и расходу Q , для запуска насосно-энергетической установки при гидравлических испытаниях запорно-регулирующей аппаратуры. Система адекватно реагирует на перемещение ЗРС вентиля, изменяя расход Q и перепад величины напора H до и после него. Регулировка происходит без колебательных процессов на интервале от 2 до 8 с при этом достигается максимальный расход $13 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Дальнейшие теоретические исследования будут направлены на интеграцию пневматической подсистемы системы управления приводом-позиционером в цикле испытаний на нечувствительность.

Разработанный контрольно-измерительный комплекс и система сбора данных позволяют повысить качество выполняемых исследований и сократить время в среднем до 40%.

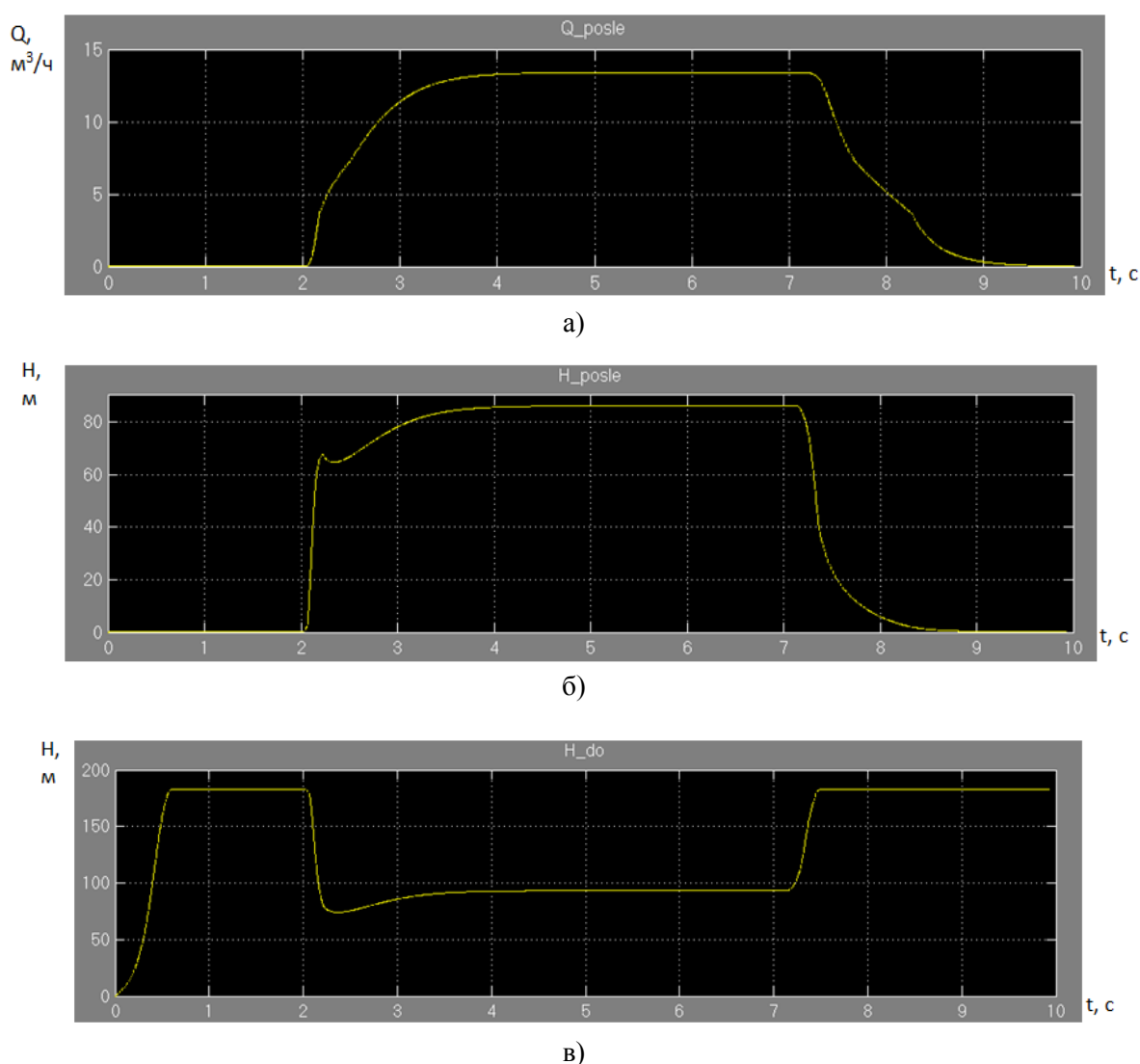


Рис. 8. Результаты теоретического исследования работы гидросистемы стенда:
а) зависимость расхода Q через ЗРС от времени t ; б) зависимость напора H_1 на входе ЗРС от времени t ; в) зависимость напора H_2 на выходе ЗРС от времени t .

Стенд планируется внедрить в учебный процесс на кафедре «Гидравлика, ГПА и ТП» ДГТУ для выполнения практических работ по дисциплине «Автоматизированные системы регулирования ГПС».

Выводы. В результате выполненной работы спроектирована оригинальная система автоматизированного управления стенда, особенностью которой является выполнение комплекса исследовательских задач в автоматическом и ручном режиме. При этом сокращаются затраты времени на сбор, обработку и анализ результатов испытаний.

Библиографический список

1. Гошко, А. И. Арматура трубопроводная целевого назначения. В 3-х кн. Кн. 2: Производство. Испытания. Монтаж / А. И. Гошко. — Москва : Машиностроение, 2003. — 336с.
2. ГОСТ 53 402–2009 Арматура трубопроводная. Методы контроля и испытаний / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва : Стандартинформ, 2010. — 57 с.
3. Полешкин, М. С. Измерительный комплекс для исследования расходно-перепадных характеристик управляющих устройств позиционного гидропривода / М. С. Полешкин, В. С. Сидоренко // Вестник СГАУ. — 2012. — №3 (34).— ч. 2. — с. 139–145.
4. Каталог трубопроводной арматуры. Версия 5/2014. — Москва : Samozzi Пневматика. — 2014. — 224 с.
5. Герман-Галкин, С. Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК / С. Г. Герман-Галкин. — Санкт-Петербург : Корона-Век. — 2008. — 368 с.