

# МЕХАТРОННЫЙ СТЕНДОВЫЙ УЗЕЛ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СРАБАТЫВАНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО КЛАПАНА

Студент группы 30309121 Бахур А.А.

*Научный руководитель – к.т.н., доцент Гулай А.В.*

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

## Введение

Наименование разрабатываемого устройства: Мехатронная система для стендового узла контроля срабатывания пневматического клапана.

Назначение устройства: проведение испытаний для подтверждения работоспособности, герметичности и безопасности новой продукции и понять соответствуют ли она заявленным характеристикам.

Цель создания устройства: повысить качество продукции; сэкономить энергию и производственные ресурсы; уменьшить влияние человеческого фактора при изготовлении систем и узлов; повысить производительность за счет автоматизации и контроля множества этапов.

Задачи, решение которых предусматривается в процессе разработки устройства:

Автоматизация процесса проведения проверки работоспособности и герметичности собираемых изделий;

Упрощение работы со стендовым оборудованием;

Автоматизация определения ошибок, которые не допустимы согласно КД, ТП и ТУ, после проверки изделий, что упрощают и ускоряют их ремонт.

Оценка существующих аналогов;

Повышение производительности – уменьшение простоев и повышение скорости выполнения задач.

## **Обзор литературных источников.**

Мехатронное устройство для автоматизации контроля срабатывания пневматического клапана.

## Формулировка технических требований

Основная задача данного стенда является

В ходе проведения анализа рассмотренных выше систем формируются технические требования, предъявляемые к устройству.

Общие требования. Устройство должно иметь следующие параметры:

- высокая надежность (обеспечение минимальный отказ элементов системы);
- простота замены анализирующих компонентов (датчиков);
- низкий уровня подготовки пользователя (возможность использования данного устройства широким кругом лиц);

Функциональные требования. Устройство должно выполнять следующие функции:

- Автономную проверку на работоспособность и герметичность собираемых изделий.
- Высчитывание видов ошибок и рекомендации его устранения.

Стенд предназначен для проведения контрольных испытаний на работоспособность и герметичность клапана двухмагистрального, выпущенного из производства согласно ТУ РБ 100185185.072-2002.

*1. Технические характеристики стендового узла приведены в таблице 1.*

Таблица 1 – Технические характеристики стендового узла:

№ п/п	Наименование характеристик	Величина характеристики
1	Давление сжатого воздуха, подводимого к стенду, МПа	1,0
2	Давление сжатого воздуха для контроля клапана двухмагистрального, МПа	0,8
3	Диапазон измеряемого давления, МПа	0-1
4	Погрешность преобразователя давления РС-28/0..1 МПа/PD/М, МПа	±0,0025
5	Управление зажимом изделия	автоматическое
6	Габаритные размеры , мм	1340x560x1460

7	Температура окружающего воздуха среды, °С	20 ± 5
8	Относительная влажность воздуха, %	от 30 до 80
9	Атмосферное давление, кПа	от 86 до 106,7

### *2. Питание:*

- Большинство стендовых узлов работают от общей сети, что обеспечивает их автономность и универсальность. Последовательность электрического соединения устройства начинается от цехового распределительного пульта на вход выключателя подается переменное напряжение питания 220 В, 50Гц.

### *3. Основные стендовые функции:*

- Проведение приемо-сдаточных и периодических испытаний клапана двухмагистрального.
- Высчитывание видов ошибок и рекомендации его устранения.

### *4. Конструкция стендового оборудования:*

Стенд состоит из каркаса, внутри которого размещена пневматическая аппаратура.

На верхней плоскости каркаса размещены посадочные места для пяти клапанов двухмагистральных.

На задней стенке каркаса расположены манометр, пять датчиков давления, пять измерителей-регуляторов и микроконтроллер.

Справа размещен блок управления, внутри которого находится электрическая аппаратура.

### *5. Простота эксплуатации:*

- Интуитивно понятное управление и минимальное количество настроек, что делает их удобными.
- Наличие светодиодного освещения для более комфортной работы.
- Высчитывание видов ошибок и рекомендации его устранения.

Необходимость испытаний обусловлена требованиями подтверждения безопасности и заявленных функциональных характеристик продукции. В зависимости от вида и сложности изделия, а также его потенциальной опасности,

испытаниям подвергаются составные части и/или всё изделие в собранном состоянии.

Виды и методы, а также требования к схеме испытательного оборудования, регламентированы рядом нормативных актов, имеющих международный, национальный и отраслевой статусы. Так, общим документом, определяющим требования к испытаниям продукции, является межгосударственный стандарт ГОСТ 15.309-98 «Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения».

Стенды для испытаний должны быть разработаны и изготовлены согласно утверждённой конструкторской документации.

Испытательное оборудование должно пройти аттестацию на способность воспроизводить контролируемые характеристики в заявленном диапазоне значений.

Область применения, автоматизированного мехатронного устройства для автоматизации стендовых испытаний

Многообразие видов и форм стендов позволяет использовать их практически повсеместно, а уж насколько она будет плодотворной и эффективной, зависит только от изысканности и оригинальности дизайнерского решения, а также мастерства изготовителя.

В зависимости от целей и задач, а также конструктивных особенностей самого стенда, его можно размещать как под открытым небом, так и в помещениях.

Стендовое оборудование – это комплекс агрегатов, предназначенных для контрольного, измерительного и приемочного тестирования разнообразных объектов. Проведение испытаний позволяет в реальных условиях оценить функциональность объекта испытаний, а также определить уровень его функциональности при повышенных нагрузках. Таким образом, выявляются недочеты и нарушения, которые своевременно устраняются.

В зависимости от поставленных задач стенды различаются по типу воздействия: химические, температурные, электрические, гидравлические, нагрузочные. Кроме того, разные типы испытательных стендов могут конкретно

воздействовать на предмет, чтобы проверить прочностные, динамические или комплексные значения, а также уровень устойчивости к различным средам.

Проверке могут подвергаться составные элементы узлов, механизмов и агрегатов или система в собранном виде. В данном процессе используется испытательный стенд, который моделирует работу тестируемого объекта, регистрирует параметры работы и передает их в систему учета для постобработки.

### **Обзор аналогов проектируемого устройства**

В зависимости от выполняемых задач стенды могут предназначаться для испытания какой-либо одной или комплекса характеристик, от этого зависит применяемая схема испытательного стенда.

В данной курсовом проекте будет рассматриваться проектировка стендового оборудования для комплексных испытаний, предназначенных для оценки соответствия заявленным характеристикам, предназначены для имитации реальных условий эксплуатации с течением времени и воздействия разнообразных внешних факторов.

### **СОПГР элементов гидравлической и пневматической аппаратуры**

Стенд позволяет проводить испытания на разрыв и герметичность следующих видов изделий: клапанов; фильтров; преобразователей давлений; вентильных блоков; манометров; шлангов и рукавов высокого давления; регуляторов расхода давления; кранов; гидравлических и пневматических блоков; редукторов давления.

Испытания проводятся методом опрессовки водой или воздухом. Стенд рассчитан на ежедневную непрерывную эксплуатацию в промышленных условиях, в закрытых помещениях. Срок службы изделия более 10 лет (см. рисунок 2).

При разработке конструкции руководствуются следующими принципами:

- низкая стоимость владения (затраты на приобретение и эксплуатацию);
- автоматическое или полуавтоматическое управление всеми основными технологическими режимами.
- безопасность, эргономичность, удобство эксплуатации.

- высокая надежность за счет применения высококачественных материалов и комплектующих изделий, износостойкость, коррозионная стойкость, механическая прочность;

- предложение предусматривает комплексную поставку (стенд, принадлежности, запасные части, документация), работы выполняются «под ключ» с проведением заводских испытаний на территории изготовителя.

Органы контроля и управления стенда выполнены в виде отдельного модуля и могут быть расположены в отдалении от испытательной камеры.



Рисунок 1 – СОПГР гидравлической и пневматической аппаратуры

Функциональное управление стендом осуществляется с помощью пневмоклапанов. Пневмоклапана и усилители давлений запитаны внешним источником пневматического давления 1-10 атм. Подводимый к стенду воздух нормализуется с помощью блока подготовки воздуха. Блок задания давлений служит для плавного задания необходимого давления испытаний и состоит из ручного и воздушного прецизионных регуляторов давления и пневмоклапана.

Для создания необходимого пневматического давления применен двухступенчатый блок усиления давления с ресиверами. Для создания необходимого гидростатического давления применен трехступенчатый блок усиления давления.

Для обеспечения необходимых диапазонов пневмо и гидростатических испытаний применены блоки распределения давлений по диапазонам, состоящие из отсечного пневмоклапана и предохранительного клапана по каждому из поддиапазонов. Клапана подключают необходимый поддиапазон давлений, а предохранительные клапана ограничивают максимальное давление в пределах заданного диапазона.

Для задания автоматических программ испытаний, обеспечения плавного набора давлений с остановками при достижении 60%, 80%, 90% и 95% величины испытательного давления, регистрации информации о состоянии, стадиях и результате испытаний применена автоматическая система управления стендом на базе промышленного программно-логического контроллера с сенсорным дисплеем.

Для автоматического контроля текущих режимов задания давлений применены датчики давлений. Для контроля температуры сжатого газа применены датчики температуры. Параметры, получаемые с датчиков, отображаются на мониторе.

Для измерения давлений применены манометры.

Испытуемые изделия при испытаниях помещаются в испытательную камеру, имеющую внутреннюю подсветку и небьющееся стекло. Для испытаний пузырьковым методом в испытательной камере имеется бак для воды.

Стенд обеспечивает следующие функции:

- Возможность задания порядка шагов испытания и воспроизведение его в автоматическом режиме.
- Выдержку набранного давления в течении 5 минут с одновременным контролем отсутствия падения давления;
- Сброс давления после испытания;
- Запись информации о состоянии, стадиях и результате испытаний;
- Визуальный контроль мест не герметичности при пузырьковом методе испытаний из безопасного места (с целью обеспечения безопасности работы, возможна комплектация стенда встроенными видеокамерами высокого разрешения для контроля герметичности пузырьковым методом).

- Блокировку открытия испытательной камеры, до сброса избыточного давления на испытуемом изделии.

### **СОПГР статическим давлением**

Стенд предназначен для проведения статических испытаний изделий пневматическим давлением на герметичность (см. рисунок 2). Данное оборудование позволяет проводить испытания изделий согласно ОСТ 92-4291-75, ГОСТ Р 53402-2009. С помощью данного оборудования возможно проведение пневмоиспытаний различной измерительной аппаратуры, инструментальной арматуры, гидравлических трубопроводов, фитингов.

При расчете и проектировании испытательных камер для пневматических испытаний используется лицензионное программное обеспечение ANSYS LS-Dyna.

Все применяемые в стенде комплектующие сертифицированы, прошли проверку в аккредитованных испытательных лабораториях.

Стенд является универсальным оборудованием для пневмоиспытаний и может быть укомплектован как бароаквариумом (пневматические испытания на герметичность пузырьковым методом) так и бронекамерой (пневматические испытания на прочность и разрушение). Без вышеперечисленных модулей стенд позволяет проводить пневмоиспытания манометрическим методом. Оборудование комплектуется высокоточным цифровым манометром и датчиком давления.



Рисунок 2 – СОПГР стенд пневматических испытаний.

Высокое давление газа достигается за счет применения газовых бустеров, способных поднимать давление до 1000 bar (100 МПа). В зависимости от требований заказчика в качестве привода станции может быть использован компрессор или пневмосеть предприятия, также возможно мобильное исполнение с запиткой испытательного стенда от баллона с сжатым газом.

Благодаря модульной конструкции (дожимная компрессорная станция, испытательная камера, выносной пульт управления испытательным стендом) стенд соответствует требованиям безопасности по РД 26-12-39-88. Возможна поставка многоканального стенда (2, 4, 6 или 8 каналов высокого давления), что дает возможность проводить испытания нескольких изделий одновременно. Управление и регистрация параметров производятся отдельно по каждому каналу.

Для ускорения времени проведения испытаний стенд имеет блок ресиверов, объемом 110 литров (для моделей с давлениями <400 bar). Данная опция позволяет существенно сократить время набора (поднятия) давления в испытуемом изделии. В случае использования специальных технических газов возможен сброс (разгрузка) давления в блок ресиверов, что позволяет существенно сократить затраты на технические газы.

#### **Порядок работы на стендовом оборудовании:**

1) Включить тумблер на подачу электропитания, загорается световая индикация.

2) Открыть кран для подачи воздуха в резервуар стендового оборудования, на манометре поднимается стрелка до определенного значения (0.8МПа).

3) Установить собранные клапаны двухмагистральные в количестве пяти штук на посадочные места стендового оборудования.

4) Запустить цикл проверки на работоспособность и герметичность, нажав кнопку «Пуск», произойдет зажатия изделий зажимными приспособлениями и подача воздуха в проверяемые узлы. При появлении посторонних звуков (свист, шипение) нажать кнопку «Стоп» и проверить правильность базирования изделий и убедиться в правильности сборки.

5) По окончании испытаний снять изделия с зажимного приспособления стенда

и уложить в цеховую транспортировочную тару для дальнейших упаковочных операций.

6) Этапы проверки изделия на стендовом оборудовании и описание текста на экране контроллера.

7) Надпись «NOR» на экране означает, что изделие в соответствующем посадочном месте (порядок мест идет слева направо) успешно прошло цикл проверки. В случае выявления брака на экране будет отображено коды ошибок.

8) Дальнейшие контрольные испытания изделий производить согласно пунктам описанных ранее 3-5.

9) По окончании работы закрыть кран подачи воздуха в стендовое оборудование и отключить электропитание. Стенд сбрасывает остаточное давление и гаснет световая индикация.

К работе на стенде допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности, инструктаж по технике безопасности при работе с оборудованием под напряжением до 1000 В, а также изучившие паспорт и руководство по эксплуатации.

### **Заключение**

Устройства подобного типа, значительно облегчают работу с промышленными оборудованьями, за счет чего можно добиться быстрой и качественной проверки собираемых узлов. Так же они могут быть настроены для имитации различных условий, что позволяет проверить стойкость объекта испытания в разнообразных ситуациях. Эти стенды широко применяются в инженерных отраслях для тестирования и проверки надежности изделий перед их внедрением в реальные условия эксплуатации.

Отличительной особенностью разработанного устройства является автоматизация проверки собираемых приборов на сборочном участке и одновременная проверка пяти приборов вместо одного.

### *Литература*

1. Машиностроение и транспорт [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://vestnik.sibsiu.ru/index.php/vestnik/article>.

2. Rosheim M.E. In the footsteps of Leonardo // IEEE Robotics and Automation Magazine. 1997. Vol. 4. No. 2. P. 12 – 14.
3. Song S.M., Waldron K.J. The machine that walk: the adaptive suspension vehicle. – MIT, Cambridge. 2003. – 327 p.
4. Uicker J.J., Pennock G.R., Shigley J.E. Theory of Machines and Mechanisms, 4th ed. – Oxford University Press, 2011. – 928 p.
5. Kar D.C. Design of statically stable walking robot: a review // Journal of Field Robotics. 2003. Vol. 20. P. 671 – 686.
6. Hirose S., Kato K. Study on quadruped walking robot in Tokyo institute of technology - past, present and future. – In book: Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2000. P. 414 – 419.
7. Hirose S. Super mechano-system: new perspective for versatile robotic system. Experimental robotics. VII. Editors: D. Rus, S. Singh. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2001. P. 249 – 258.
8. Что такое микроконтроллеры - назначение, устройство [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <http://electrik.info/main/automation/549-chtotakoe-mikrokontrollery-naznachenie-ustroystvo-princip-raboty-soft.html>
9. Практическое применение робота типа «Шагоход» с функцией обнаружения объекта [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: [https://studbooks.net/2226636/informatika/prakticheskoe\\_primenenie\\_robota\\_tipa\\_shagohod\\_funksiey\\_obnaruzheniya\\_obekta](https://studbooks.net/2226636/informatika/prakticheskoe_primenenie_robota_tipa_shagohod_funksiey_obnaruzheniya_obekta).
10. Интересный способ обнаружения объектов [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://robot-develop.org/archives/2868>.
11. "Пневматика: "Учебное пособие" — В. В. Кузнецов
12. "Гидравлика и пневматика" — А. Н. Костин
13. "Пневматические и гидравлические системы" — Д. Л. Гудзенко
14. "Основы проектирования машин и механизмов" — А. И. Барабанов
15. "Машины и оборудование для автоматизации производственных процессов" — В. И. Шевченко

16. "Электрические машины и аппараты" — А. С. Петров
17. "Электроприводы и автоматизация" — Н. Н. Кузнецов
18. ISO 4414: Pneumatic fluid power — General rules and safety requirements for systems and their components
19. ISO 6431: Pneumatic cylinders — Dimensions