

УДК 62-50.001

Узунов А.В., д.т.н., доц.

НТУУ «Киевский политехнический институт» г. Киев, Украина

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ЗАДАЧИ ИСПЫТАНИЙ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ЕЕ РЕШЕНИЯ

Aleksandr Uzunov

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine ([mmi@kpi.ua](mailto:mmi@kpi.ua))

### TRANSFORMATION OF TESTING TASK TO TEST BENCH IN ORDER TO SOLVE THE TASK

*В статье рассмотрены вопросы методологии разработки испытательного оборудования. В основу разработки экспериментального стенда положен процесс проведения испытаний либо исследований объекта. Этот процесс описывается на основе анализа назначения и функций объекта, а также требований к качеству их выполнения. Приведен алгоритм построения экспериментального стенда с детальным описанием отдельных этапов. Особенностью алгоритма является разделение сложных испытаний на функционально завершённые фрагменты, которые затем объединяют на основе общей структуры процесса проведения испытаний. Структуру детализируют до средств выполнения действий - конкретных аппаратов, которые соединяют и фиксируют в конструкции стенда. Для иллюстрации рассмотрен пример разработки экспериментального стенда для испытаний обратного клапана. Применение алгоритма позволяет сократить временные затраты на разработку экспериментального оборудования.*

*Ключевые слова.* Испытание, методика, экспериментальный стенд, алгоритм разработки.

**Актуальность.** Создание практически любого технического объекта завершается его испытаниями. Этап испытаний, в сравнении с остальными этапами разработки объектов, является одним из самых дорогостоящих. Его стоимость, в зависимости от вида и сложности объекта, может составлять от 40% до 70% стоимости затрат на выполнение опытно-конструкторской работы [1]. Помимо испытаний технических объектов, которые проводят для подтверждения планируемых характеристик, выполняют также исследования, задачей которых является получение новых знаний [2]. Для проведения физических испытаний либо исследований создают и используют специальные экспериментальные стенды. С их помощью обеспечивают частичную либо полную имитацию условий будущей эксплуатации объектов либо их частей. Основные проблемы создания стендов обусловлены сложностью испытываемых технических объектов и разнообразием проводимых тестов. При этом сложность стенда зачастую сопоставима либо превышает сложность самого объекта. Следствием этого является высокая трудоемкость разработки стендов, приводящая к значительным временным и финансовым затратам. Одним из путей сокращения затрат является уменьшение сроков создания экспериментального оборудования за счет большей формализации алгоритма проектирования. В тоже время, как показал анализ известных информационных источников, алгоритм создания стендов не получил должного отражения [3-7]. В них, как правило, приводятся схемы и описания стендов, а сам алгоритм не раскрывается. Уточнение такого алгоритма позволит повысить эффективность проектирования испытательного оборудования и может представить интерес для разработчиков.

**Целью** работы является сокращение сроков создания экспериментальных стендов за счет уточнения и применения алгоритма проектирования. Ставилась и решалась задача формализации алгоритма проектирования экспериментальных стендов с детальным представлением этапов.

#### **Результаты**

*Общие рассуждения о путях решения проблем.* Задача разработки экспериментального стенда, на первый взгляд, является классической задачей проектирования, однако алгоритм ее решения имеет отличительные особенности. Процесс проектирования объекта и процесс проектирования стенда для его испытаний опираются на одинаковые начальные данные. В основе проектирования лежат: назначение, функции объекта, требования к объекту и качеству выполнения функций. Однако в первом случае проектируют объект, а во втором – имитатор среды его эксплуатации. Это приводит к различному содержанию первых этапов алгоритма проектирования. Если при проектировании объекта начальные данные преобразуют в процесс получения функций [8], то при проектировании стенда эти данные трансформируют в методики проверки функций и процесс проведения испытаний. Учитывая, что при проектировании объекта и проектировании стенда используются одни и те же начальные данные, то объект и экспериментальный стенд могут проектироваться параллельно. Уже это позволяет сократить общие затраты времени на разработку объекта и передачу его в эксплуатацию.

При испытаниях либо исследованиях свойств технического объекта необходимо обеспечить две составляющие (рис.1). Первая составляющая часть – создание условий для проявления свойств с помещением в них объекта испытаний, а вторая – оценивание результата и принятия решения. В соответствии с этими частями необходимо разработать экспериментальный стенд и методики для его использования.

Проблемы сложности проектировании экспериментального стенда могут быть преодолены путем более глубокого понимания объекта. Сложность объекта, с одной стороны, проявляется большим количеством компонентов и связей, а, с другой стороны, неопределенным уровнем детализации строения объекта, необходимым для его испытаний. Проблема, обусловленная большим количеством компонентов и связей, может быть преодолена разделением процесса испытаний на подпроцессы в соответствии функциями объекта. Учитывая, что отдельные свойства объекта формируются его конкретными фрагментами, необходимо выявить взаимосвязи строения и функционирования объекта. Знание фрагментов, обеспечивающих выполнение конкретных функций, позволяет сформировать методики испытаний и соответствующие подпроцессы

испытаний. Знание иерархических отношений между функциями объекта позволяет объединить подпроцессы в общий процесс испытаний. Выявление указанных взаимосвязей и отношений выполняют путем анализа структурной и функциональной моделей объекта [2]. Однако более глубокое изучение этого вопроса позволило прийти к выводу, что взаимосвязи обнаруживаются через взаимодействие в процессе функционирования объекта: структурные элементы в процессе функционирования производят функции, которые в соответствии с их взаимными отношениями формируют свойства объекта. Совместное рассмотрение структурной и функциональной модели, а также процесса функционирования позволяет обнаружить взаимосвязи между элементами иерархических моделей и на его основе сформировать процесс испытаний объекта.

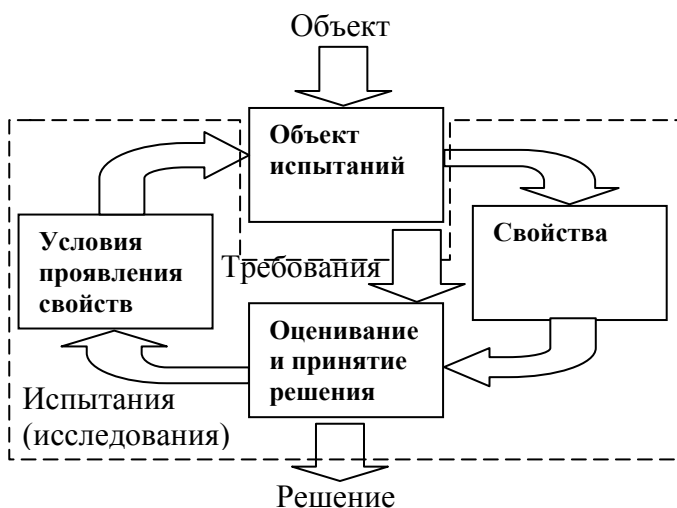


Рис. 1. Общая схема испытаний либо исследований технического объекта

испытания либо исследования *поведения* технического объекта, тогда его рассматривают на уровне внешнего проявления, или испытания либо исследования его *функционирования*, когда его необходимо рассматривать на уровне внутренних процессов [2]. Для проверки поведения объекта достаточно знать его функции и требования к качеству их выполнению, а для исследования процесса функционирования необходимо детальное представление об отдельных действиях, порядке их выполнения и средствах их реализации.

Проблема многообразия тестов, приводящая к сложности экспериментального стенда и трудоемкости его проектирования, решается применением такого алгоритма проектирования, который позволяет разработать сложный стенд в процессе выполнения простых действий. При этом очередность формирования фрагментов экспериментального стенда задает иерархическая модель процесса испытаний, которую строят на основе анализа назначения, функций, требований, методик испытаний и взаимодействия структурной и функциональной моделей. Основанием для получения решения задачи проектирования стенда являются известность параметров объекта, требований к нему и известность планируемого результата функционирования.

Изложенные рассуждения учтены в уточненном алгоритме проектирования.

Начальные данные и ожидаемый результат. Начальными данными при создании экспериментального стенда являются объект известного назначения и задача его испытаний либо исследований. Результатом выполнения алгоритма является экспериментальный стенд и методика (методики) проведения экспериментов.

Этапы и алгоритм проектирования. Трансформация задачи испытаний в экспериментальный стенд обеспечивается путем выполнения этапов: описание назначения объекта испытаний; формулирование задач испытаний; разработка методик проведения испытаний; описание структуры процесса проведения испытаний; выбор принципов выполнения действий процесса и формирование набора символов для их обозначения; формирование принципиальных схем для реализации отдельных процессов и общей принципиальной схемы стенда; расчеты и выбор аппаратуры; компоновка стенда. Алгоритм состоит в последовательном выполнении перечисленных этапов с учетом обратных связей (рис.2). Эти связи обеспечивают возможность контроля и корректировки результата выполнения каждого этапа. При этом выполнение каждого последующего этапа приносит дополнительную информацию, которую используют для проверки правильности и точности выполнения предыдущих этапов и корректировке в случае необходимости.

Детализация этапов.

*Назначение объекта.* На этом этапе описывают назначение объекта, которое отображает цель, достигаемую при его использовании.

*Задача испытаний (исследований)* – описывают функции и требования, которые подлежат проверке либо знания, которые должны быть получены в результате исследования. Для сложного объекта, выполняющего набор функций, строят иерархически организованные функциональную и структурную модели, выявляют и представляют процесс функционирования. На основе сопоставления функциональной и структурной моделей и процесса функционирования определяют, какие структурные компоненты задействованы в получении каждой функции.

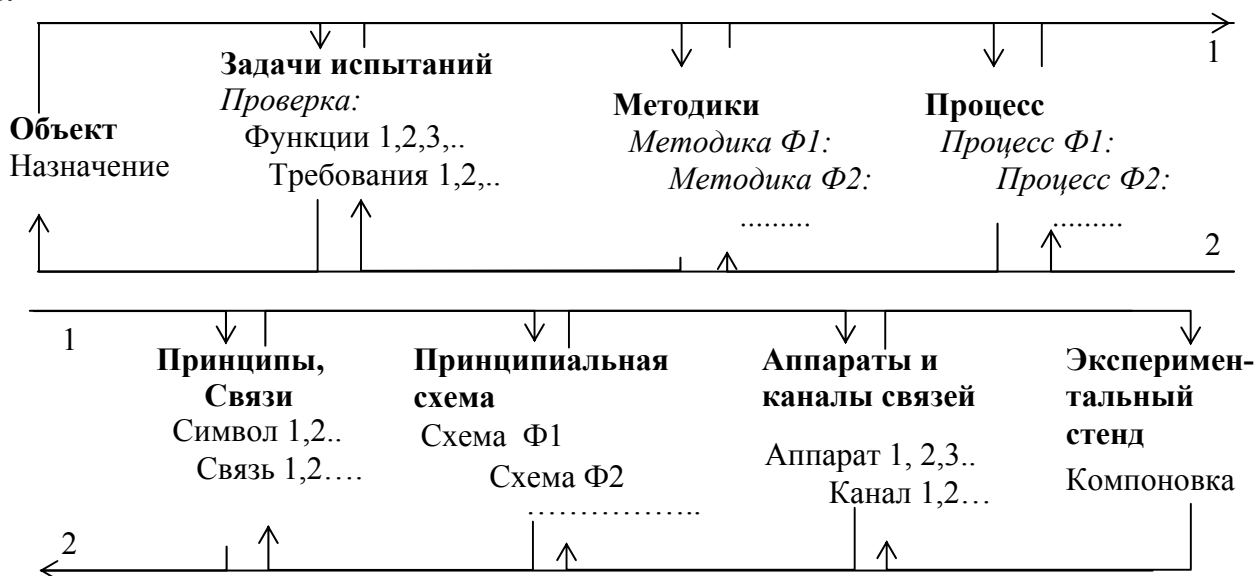


Рис. 2. Схема преобразования задачи испытаний в экспериментальный стенд

*Методика* – описывают очередность и содержание действий, выполнение которых позволит создать условия проявления функций объекта, проконтролировать его поведение и функционирование и оценить выполнение требований. Методики формируют для проверки выполнения каждой функции и каждого требования.

*Процесс проведения испытаний и его структурное представление* – формируют словесное описание процесса проведения испытаний с учетом составленных методик и необходимости многократного повторения экспериментов. Формируют графическое представление процесса. При этом учитывают, что повторяемость процесса обуславливает ряд требований: замкнутость формы графического представления; определенность содержания действий; порядок следования действий; парность выполняемых действий. Выполнение перечисленных требований ведет к получению структурной и логической корректности описания процесса.

*Символы* – для каждой пары взаимобратных действий в структуре процесса испытаний (исследований) выбирают принципы их выполнения, каждый принцип представляют соответствующим символом.

*Принципиальная схема* – выполняют преобразование структуры процесса проведения испытаний в принципиальную схему стенда. Для этого символы средств объединяют в схему в соответствии со связями, указанными в структуре процесса проведения испытаний.

*Аппараты.* На этом этапе выполняют расчеты и преобразование символов средств выполнения действий в параметры аппаратов. Символы, задающие принцип действия аппаратов, требуемые значения функциональных параметров, заданные требования и ограничения к аппарату определяют его выбор из возможных вариантов, представленных в каталогах оборудования. Для каждого выбранного образца считают его геометрические параметры.

*Компоновка.* Геометрические параметры выбранных аппаратов и требования к их установке используют совместно с принципиальной схемой в качестве исходных данных для компоновки стенда. Для выполнения компоновки аппараты объединяют в соответствии с принципиальной схемой, ориентируют в пространстве согласно требованиям к условиям их работы и фиксируют в общей конструкции стенда. Далее следуют изготовление, сборка и отладка стенда.

**Пример.** Применение предложенного уточненного алгоритма иллюстрирует решение задачи проектирования конкретного стенда. Задачей проектирования является разработка экспериментального стенда для испытаний обратного клапана (рис.3). Испытания должны позволить проверить соответствие действительного и планируемого поведения клапана в заданных условиях с учетом оговоренных требований. Варианты управления испытаниями – ручной и автоматический.

*Назначение объекта испытаний.* Обратный клапан предназначен для управления потоком рабочей жидкости в гидравлической системе.

*Задача испытаний* состоит в проверке выполнения функций и соответствия клапана набору заданных требований. Для управления потоком жидкости клапан обеспечивает выполнение следующих функций: 1 - непускание рабочей жидкости от т.Б к т.А, при  $p_A < p_B$ , где

$p_A$  и  $p_B$  – давления в линиях А и Б; 2 - пропускание рабочей жидкости от т.А к т. Б, при  $p_A > p_B$ . Требованиями к качеству выполнения функций являются: 1 - срабатывание клапана при заданном перепаде давлений; 2 - не превышение величины потерь  $\Delta p$  давления при заданном  $Q$  расходе; 3 - время срабатывания не более  $t$ .

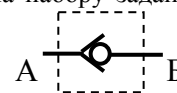


Рис. 3. Схема объекта испытаний – обратного клапана

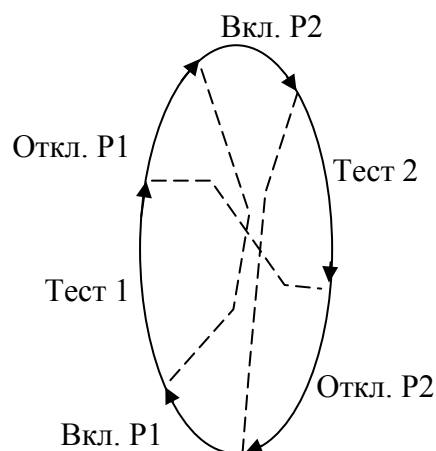


Рис. 4. Структура процесса тестирования двух режимов работы обратного клапана

наличия расхода жидкости в линии Б. На втором шаге сформированы методики проверки выполнения требований. Методика проверки качества выполнения функций повторяет методику по проверке функции и состоит в параллельном измерении и фиксации изменений во времени давлений в линиях А и Б, а также изменений расхода через клапан

*Процесс проведения испытаний и его структурное представление.*

При формировании процесса проведения испытаний клапана принимаем во внимание, что этот процесс должен задавать не только последовательность действий, выполнение которых приводит к получению ответа на вопрос - выполняется ли требуемая функция, но должен также задавать действия, которые переводят стенд в исходное состояние, обеспечивая возможность повторного испытания. Для этого, кроме основных действий процесса дополнительно учтены восстанавливающие действия: отключение подачи жидкости источника к линии Б, перевод контролирующего средства в исходное состояние. Учитывая также, что методика 1 и методика 2 отличаются только знаком перепада давлений, подаваемого на обратный клапан, структура процесса испытаний имеет вид (рис.4).



Рис. 5. Структура процесса тестирования обратного клапана в режиме 1

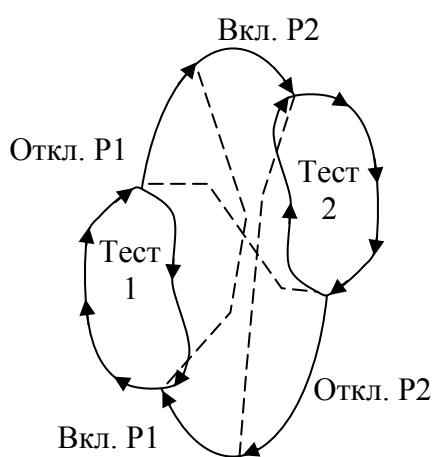


Рис. 6. Детальная структура процесса тестирования двух режимов работы обратного клапана

По взаимному расположению линий связей (рис.4, пунктирные линии), соединяющих точки завершения взаимообратных действий, подтверждена логическая определенность процесса [9]. Это позволило перейти к следующему шагу – детализации процесса испытаний. В рассматриваемом процессе детализированы действия, которые необходимы для проведения тестов. Процессы проведения теста 1 и теста 2 аналогичны. Каждый из них содержит прямые и обратные действия: подача жидкости, отключение подачи жидкости, проверка наличия расхода, восстановление исходного состояния средства проверки наличия расхода, движение жидкости, остановка жидкости (рис.5). Структура процесса (рис.5) является логически определенной. Детальная структура процесса тестирования обратного клапана объединяет все подпроцессы (рис.6). В случае подтверждения выполнения функций имеет смысл тестирование качества их выполнения. Для рассматриваемого обратного клапана необходимо проверять качество выполнения функции 2. Для этого процесс проверки функции 2 повторяется и, при этом, параллельно включению подачи жидкости выполняются следующие действия:

включаються средства измерения давлений, средства измерения уровня жидкости в расходомере, средство фиксации результатов измерений. Выполняются измерения. После остановки течения рабочей жидкости средства измерений отключаются и приводятся в исходное состояние. Для облегчения восприятия материала указанные действия показаны в структуре процесса в структуре процесса на этапе формирования принципиальной схемы.

*Символы.*

На этом этапе выбраны принципы действия средств для выполнения всех действий, отображенных в структуре процесса проведения испытаний. При выборе средств учтено, что каждое средство реализует пару

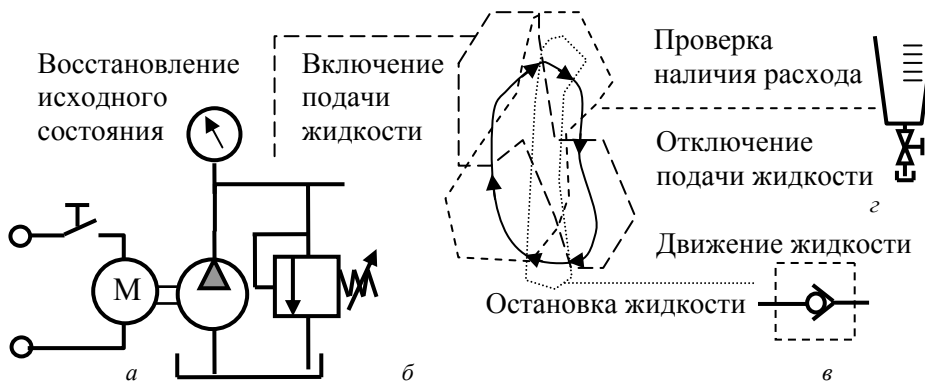


Рис. 7. Структура процесса тестирования режима 1 (б) и средства выполнения действий процесса (а, в, г)

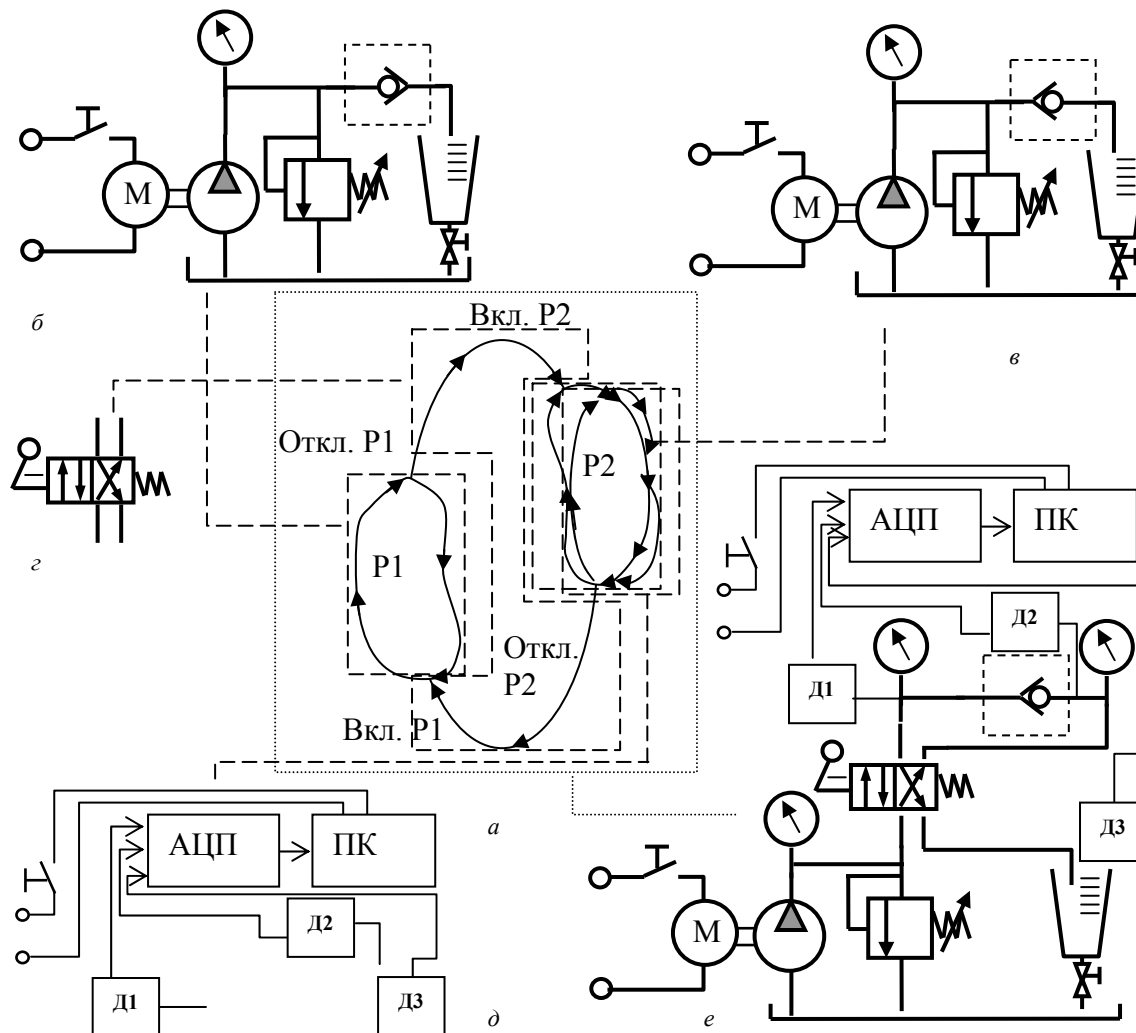
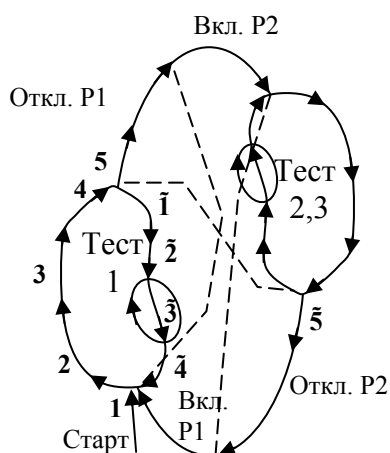


Рис.8. Схема заполнения структуры процесса средствами выполнения действий при построении принципиальной схемы экспериментального стенда для испытаний обратного клапана (а – структура процесса проведения испытаний, б – принципиальная схема тестирования режима 1, в - принципиальная схема тестирования режима 2, г – символ средства переключения режимов, д – блок-схема системы измерений, е - принципиальная схема экспериментального стенда)

взаимобратных действий. Для выполнения пары действий «включение подачи жидкости» и «отключение подачи жидкости» выбран насосный агрегат, а для выполнения пары действий «проверка наличия расхода жидкости» и «восстановление исходного состояния расходомера» выбран расходомер с краном сброса жидкости (рис.7). В качестве средств измерения выбраны датчики давления (Д1, Д2) и датчик уровня жидкости (Д3) с аналоговыми электрическими выходами. Для фиксации показаний датчиков выбран персональный компьютер (ПК), а для согласования датчиков с компьютером выбран блок аналогово-цифровых преобразователей (АЦП).



**Рис. 9. Детальная структура процесса автоматического тестирования режимов работы обратного клапана (1,  $\bar{1}$  – подача и отключение подачи жидкости соответственно; 2,  $\bar{2}$  – движение и остановка жидкости; 3,  $\bar{3}$  – измерение расхода и восстановление состояния расходомера; 4,  $\bar{4}$  – сопоставление результата с требованием и фиксация прохождения теста  $T=1$ ; 5,  $\bar{5}$  – проверка выполнения теста 1 и тестов 2,3)**

распреде  
лители с электромагнитным управлением (РН, РП, РС). Распределитель РП применен для включения или отключения подачи расхода вместо ручного управления включением электродвигателя, которое теперь использовано для включения питания стенда. Для согласования распределителей с компьютером выбран также блок усилителей (У). Принципиальная схема стенда (рис.10) получена таким же путем, как и схема (рис.8 е). Схема (рис.10) обеспечивает возможность автоматического управления процессом проведения испытаниями обратного клапана. Особенностью схемы является применение компьютера не только в качестве средства фиксации результатов, но также и в качестве средства управления процессом испытаний. При этом функции оператора по управлению стендом в соответствии с методиками проведения испытаний – подаче команд на распределители, анализе состояния расходомера, анализе результатов испытаний и принятии решений реализуются на программном уровне (рис.11). Функциями оператора являются: установка испытуемого аппарата, включение и отключение стенда.

**Аппараты.** Для выбора аппаратов использованы ранее выбранные принципы действия и требования к обратному клапану по давлению и расходу. К примеру, конкретные значения, характеризующие обратный клапан, такие как максимальное рабочее давление и пропускаемый расход жидкости позволили определить, с учетом расчетных потерь в магистралях, требуемые характеристики насосного агрегата и параметры

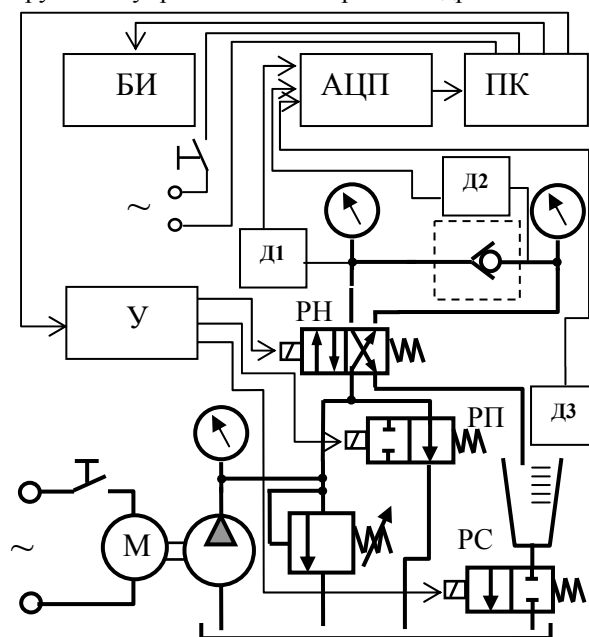
комьютер (ПК), а для согласования датчиков с компьютером выбран блок аналогово-цифровых преобразователей (АЦП).

#### Принципиальная схема.

Принципиальная схема экспериментального стенда получена объединением символов выполнения пар действий в соответствии со структурой процесса испытаний. При этом, каждой паре взаимобратных действий в структуре процесса испытаний соответствует символ средства их выполнения (рис.8 а, б, в, г, д). С учетом идентичности средств, используемых для проведения тестов 1 и 2 – насосного агрегата и устройства измерения расхода, получена схема стенда для испытаний двух режимов работы обратного клапана (рис.8 е). При этом в схеме (тонкими линиями) показана аппаратура и схема для измерения и фиксации результатов при проведении тестов по проверке качества выполнения функции 2. Управление процессом проведения испытаний в соответствии с методикой выполняется в ручном режиме.

Для возможности автоматического управления процессом испытаний его структура доработана (рис.9). При этом учтено: сопоставление результатов испытаний с заданными требованиями, принятие решений о прекращении или продолжении испытаний и переходе к очередному тесту, подготовка расходомера, индикация прохождения тестов.

На этапе выбора принципов действия средств вместо аппаратов с ручным управлением выбраны гидравлические



**Рис. 10. Принципиальная схема экспериментального стенда с автоматической реализацией методик испытаний (У – блок усилителей, РН – распределитель управления направлением потока рабочей жидкости, РП – распределитель отключения подачи насоса, РС – распределитель сброса жидкости из расходомера, БИ – блок индикации прохождения тестов)**

трубопроводов. Тип рабочей жидкости, диапазон изменения расхода, давление и температурный диапазон определил конкретный тип устройств измерения расхода, датчиков давления, датчик уровня, АЦП и ПК.

**Структура программы управления испытаниями**  
Исходное состояние: T1, T2, T3=0; PH, PP, PC=0.  
Требования: Дрз, Дрпз, tз.

- 1. Проведение теста 1.**  
*Проверка условий и команды управления*  
Если «Старт» и PH=0,  
То { переключить PP=1 }  
*Оценивание и принятие решения*  
Если Q=0, То { T1=1, индикация T1 }  
Иначе { переключить PC=1, Пауза, PC=0, «Стоп» }
- 2. Проведение теста 2.**  
*Проверка условий и команды управления*  
Если T1=1, То { переключить PH=1 }  
*Оценивание и принятие решения*  
Если Q ≠ 0,  
То { T2=1, индикация T2,
- Проведение теста 3.**  
*Оценивание и принятие решения*  
Если Др < Дрз и Дрп < Дрпз и t < tз,  
То { T3=1, индикация T3, переключить PC=1, Пауза, PC=0, «Соответствует» }  
Иначе { переключить PC=1, Пауза, PC=0, «Не соответствует», Стоп }

**Рис.11. Пример структуры программы управления экспериментальным стендом для испытаний обратного клапана**

#### *Компоновка.*

Геометрические параметры, которые определены по выбранным аппаратам, пространственное расположение, обусловившее их работоспособность, принципиальная схема, которая обусловила связи между аппаратами, а также геометрические и эргономические требования сформировали общий перечень требований к стенду. Конструкция стенда получена путем соединения аппаратов в соответствии с принципиальной схемой, выбора пространственного и взаимного расположения аппаратов, обеспечивающих выполнение перечисленных требований. Закрепление аппаратов в выбранном положении на общей раме позволило получить экспериментальный стенд.

Таким образом, в результате применения алгоритма разработан экспериментальный стенд и методики проведения испытаний. Полученная принципиальная схема и конструкция стенда значительно превышают по сложности объект испытаний. Однако эта сложность сформировалась по мере проектирования стенда. В случае появления новых требований к испытательному оборудованию, например, необходимости проведения дополнительных испытаний по оценке влияния температуры рабочей жидкости на характеристики обратного клапана, разработанная структура процесса

испытаний, схема стенда и его конструкция будут использованы как базовые для усовершенствованного решения.

**Заключение.** Предложенный алгоритм направляет ход решения задачи разработки экспериментального стенда для проведения испытаний либо исследований технического объекта. На примере относительно простой задачи – испытания обратного клапана, показана логика перехода от постановки задачи к ее решению. Задачи, которые представляют большую сложность, могут быть решены путем их разделения на более простые, в соответствии с иерархией проверяемых функций. При этом сложная структура процесса испытаний, сложная принципиальная схема и конструкция стенда образуются по мере приближения к готовому решению. Использование алгоритма позволяет за счет уменьшения числа итерационных циклов сократить сроки разработки испытательного оборудования.

**Анотація.** Робота присвячена питанням методології створення випробувального обладнання. В основу розробки експериментального стенда покладено процес проведення випробувань або досліджень об'єкту, який описується на основі аналізу його призначення та функцій, а також вимог до якості виконання функцій. Наведено алгоритм побудови експериментального стенду з детальним описом окремих етапів. Особливістю алгоритму є розділення складних випробувань на функціонально завершені фрагменти, які об'єднують загальною структурою процесу випробувань. В подальшому структуру деталізують до засобів виконання дій - конкретних апаратів, які з'єднують в конструкцію експериментального стенду. Для ілюстрації розглянуто приклад розробки експериментального стенду для випробувань зворотного клапану. Застосування алгоритму дозволить скоротити часові витрати на розробку експериментального обладнання.

**Ключові слова:** Випробування, методика, випробувальний стенд, алгоритм розробки.

**Abstract.** The purpose of the work is development of methodology creation of test equipment. The basis of experimental test bench is the process of testing and research facility, which is described on the basis of an analysis of its purpose and functions and the quality requirements to the function execution. Algorithm of experimental test bench creating with a detailed description of the separated stages is represented. The feature of the algorithm is the separation of complex functional tests on the finished parts that are combined by general structure testing process. The general structure is detailed to the devices for the actions executing then they are connected in experimental test bench design. In order to illustrate proposed algorithm application the example of the development of

*experimental test bench for testing of the check valves is considered. Applying the algorithm reduces the time spent on developing experimental equipment.*

**Keywords:** *Test, methodology, test bench, algorithm, development.*

#### **Библиографический список использованной литературы**

1. Животкевич И.Н, Смирнов А.П. Надежность технических изделий М.: Институт испытаний и сертификации вооружений и военной техники, 2004 - 472 с.
2. Информационные технологии в испытаниях сложных объектов: методы и средства/ В.И. Скурихин, В.Г. Квачев, Ю.Р. Валькман, Л.П. Яковенко; Отв.ред.Египко В.М., АН УССР. Ин-т кибернетики им. В.М.Глушкова. - Киев: Наук.думка, 1990.- 320с. -ISBN 5-12-001288-4.
3. В. В. Яковенко., В. С. Безкоровайнний Стенд для експериментальних досліджень магнітних датчиків, Восточноукраїнський національний університет імені В. Даля, Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика № 1/2011 (1), с.230-23/
4. И.В. Дорохов, В.А. Плотников Разработка стенда для исследования процесса поиска неподвижных и подвижных биологических объектов при помощи микроволнового излучения «Искусственный интеллект» 4'2009 с. 263-267.
5. Ю.Я. Фершалов, Т.В. Сазонов □ Экспериментальные исследования сопел, Вестник инженерной школы ДВФУ. 20 13. № 1 (14) с/34-38.
6. С.А. Бородин, С.Н. Бузинов, В.М. Пищухин, С.А.Шулупин Стенд по отработки технологии эксплуатации скважин на поздней стадии разработки месторождений. Научно-технический журнал Георесурсы 4(36) 2010 с. 70-72.
7. К. С. Аветисов, И. А. Новиков, В. И. Сипливый, А. Г. Маркосян Экспериментальные исследования | Испытательный стенд для исследования вязкопластических свойств биологических тканей, Вестник Офтальмологии, т.128, №2, 2011 с. 56-62.
8. Oleksandr Uzunov. The cyclic-modular approach to simulation and design of the mechatronic objects. The archive of mechanical engineering. Vol. LXX, 2012, P.5-19.
9. Ю.А. Абрамов, А.П. Губарев, А.В. Узунов, А.А. Деревянко, С.П. Карлаш Управление в технических системах с газовыми и жидкими компонентами, К. :ИСМО, 1997.- 288с.

#### **References**

1. *Givotkevich I.N, Smirnov A.P. [Reliability of technical products]. Moscow: Institut ispitanij i sertifikacii voorugenij i voennoj tehniki, 2004, 472 p.*
2. *Skurihin V.I., Kvachev V.G., Valkman U.R., Jkovenko L.P. AN UkrSSR. Institut kibernetiki im. V.M. Glushkova.[Information Technology in the testing of complex objects: methods and tools] Kiev: Naukova dumka, 1990, 320p.*
3. *Jakovenko V.V., Bezkorovajnij V.S. Problemi energoresursosberegenia v elektrotehnicnih sistemah. Nauka, osvita I praktika: sb № 1/2011 (1) [Test bench for experimental studies of magnetic sensors], Vostochnoukrainskij universitet imeni V. Dalia. pp.230-23.*
4. *Dorohov I.V., Plotnikov V.A. Iskustvvennij intellekt. [Developing test bench for research search process stationary and moving biological objects using microwave radiation]: sb. 4'2009 pp.263-267.*
5. *Shershalov U.J., Sazonov T.V. Vestnik ingenernoj shkoli DVFU [Experimental studies of the nozzles]: 20 13. No1 (14) pp.34-38.*
6. *Borodin S.A., Buzinov S.N., Pischuhin V.M., Shulepin S.A. [Test bench on the development of the technology exploitation wells in the late stages of field development]: Nauchno-tehnicheskij gurnal Georesursi 4(36) 2010 pp.70-72.*
7. *Avetisov K.S., Novikov I.A., Siplivij V.I., Markosian A.G. [Experimental studies | Tested for research viscoplastic properties of biological tissues]: Vestnik Oftalmologii, t.128, no 2, 2011pc. 56-62.*
8. *Oleksandr Uzunov. The cyclic-modular approach to simulation and design of the mechatronic objects. The archive of mechanical engineering. Vol. LXX, 2012, pp.5-19.*
9. *Abramov U.A., Gubarev A.P., Uzunov A.V., Derevianko A.A, Karlash S.P.[Control in technical systems with gas and liquid components], K. :ISMO, 1997, 288p.*

Подана до редакції 28.08.2014