

**УДК 681.518.2**

**А. В. Ефимов, инженер, НПЦ Динамика**

**Д. В. Казарин, НПЦ Динамика**

**А. В. Костюков, к. т. н., НПЦ Динамика**

## Автоматизированный стенд испытаний систем диагностики и мониторинга оборудования

Целью работы является исследование применимости автоматизированного стенда для испытаний систем мониторинга и диагностики оборудования. В ходе разработки были определены алгоритмы работы и принципы, лежащие в основе данного стенда. На основе данных требований и критерии был разработан стенд, предназначенный для проведения автоматизированных испытаний системы мониторинга и диагностики насосно-компрессорного оборудования на этапе проведения приемо-сдаточных испытаний при выпуске из производства. Полученные результаты указывают на целесообразность применения данных стендов. Использование данных стендов позволяет понизить трудозатраты при одновременном повышении полноты и точности проверки.

### Введение

Важной задачей программы совершенствования производственных технологий эксплуатации сложных технических объектов производственно-транспортного комплекса, в частности, оборудования предприятий нефтехимической промышленности, является обеспечение безопасной ресурсосберегающей технологии обслуживания и ремонта, основанной на знании фактического технического состояния оборудования эксплуатируемого объекта в любой момент времени.

Эффективным решением данной задачи является применение интеллектуальных систем мониторинга и диагностики неисправностей, возникающих в процессе технической эксплуатации объектов. Данные системы представляют собой информационно-измерительные комплексы, имеющие пространственно-распределенную и иерархически-сложную структуру, со множеством первичных преобразователей физических величин (датчиков), измерительных мо-

дулей и диагностических контроллеров, которые проводят измерение сигналов, вычисления диагностических признаков и выдают экспертные сообщения. Результатом работы таких систем являются предписания для обслуживающего персонала, сформированные на основе автоматической экспертной системы.

Эффективность распознавания неисправностей оборудования, защищаемого системами мониторинга и диагностики, во многом зависит от качества настройки, полноты и объективности проверок при проведении приемо-сдаточных испытаний данных систем при выпуске из производства. Однако проверка метрологических характеристик измерительных каналов ( $A_X$ ,  $A'X$ , расчет погрешностей и др.) для больших систем (свыше ста измерительных каналов) — процесс достаточно трудоемкий и продолжительный, что не отвечает требованиям, предъявляемым при решении экономических затрат. Кроме того, значительных затрат ресурсов требует проверка экспертной системы, отвечающей за корректность постановки диагноза. Эта задача успешно решается путем применения автоматизированных испытательных стендов.

Целью работы является исследование многоканальных измерительных систем с помощью автоматизированного стендса. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследование принципов, лежащих в основе стендса;
- оценка технических и экономических достоинств по сравнению с проверкой «вручную» по результатам опытной эксплуатации, в ходе которой испытанию подвергалась система диагностики и мониторинга КОМПАКС<sup>®</sup> при проведении приемо-сдаточных испытаний на предмет соответствия требованиям метрологической аттестации и корректной работы как базовых функций, так и экспертной системы.

### Методы исследования

В основе разработанного стендса, созданного для автоматизированной проверки систем мониторинга и диагностики насосно-компрессорного оборудования нефтехимических комплексов КОМПАКС<sup>®</sup>, лежит набор принципов для синтеза адаптивного, автоматизированного, многоцелевого стендса испытаний с неопределенной функциональной структурой. Реализация данных прин-

цилов позволяет в том числе полноценное тестирование всех функциональных и технических свойств системы в соответствии с конструктивными особенностями агрегатов и машин, планируемых к оснащению мониторингом и диагностикой.

Главной идеей автоматизации процесса является замена первичных преобразователей физических величин (датчиков) в ходе проверки на соответствующим им имитаторами (*принцип замещения*), которые служат для имитации подключения реальных датчиков на измерительные каналы системы, согласования выхода генератора с каналами вибрации, подачи сигнала с генератора одновременно на все каналы, исключения влияния сигналов самоконтроля при параллельном подключении генератора сигналов к программно-измерительным модулям.

Структурная схема основанного на данном методе стенда, разработанного для автоматизированной проверки систем мониторинга и диагностики насосно-компрессорного оборудования нефтехимических комплексов, представлена на рисунке 1.

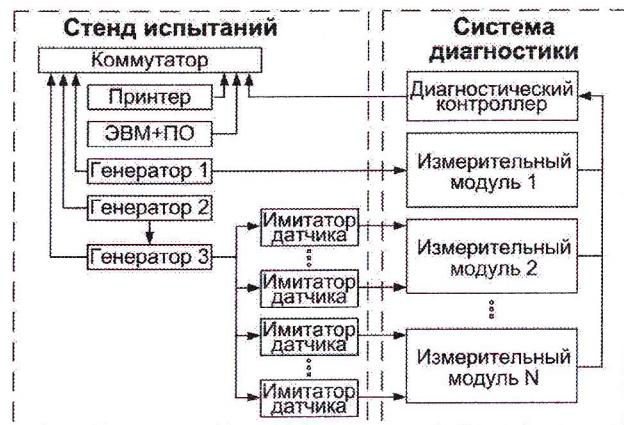


Рис. 1. Структурная схема автоматизированного стенда испытаний

В состав стенда испытаний входит следующее оборудование:

- генераторы, предназначенные для подачи сигналов на измерительные каналы;
- имитаторы датчиков, предназначенные для согласования выходов генераторов и входов измерительных модулей;

- ЭВМ со специальным программным обеспечением, реализующая алгоритмы проверки системы;
- коммутатор для связи узлов стендса в одну локальную сеть.

Общий алгоритм работы стендса в режиме автоматической проверки всех пунктов представлен на рисунке 2.

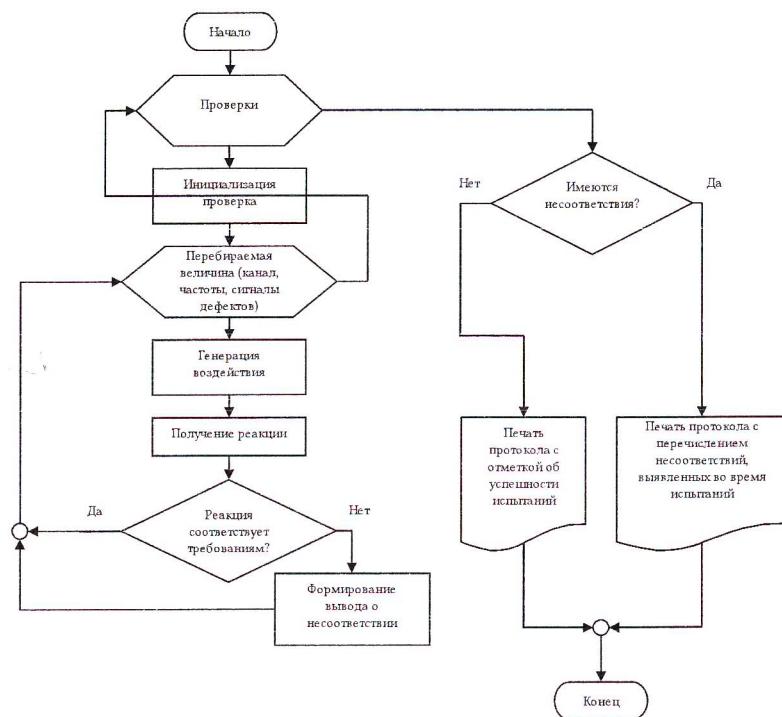


Рис. 2. Блок-схема алгоритма проверки стенда испытаний

Программное обеспечение стендса строится на *принципе структурной гибкости и программируемости*, в соответствии с которым проверка представляет собой итерационный процесс. В каждой итерации осуществляется перебор внешних воздействий на систему (модели сигналов дефектов кинематических пар и сопряжений различных типов, реальных сигналов агрегатов, машин и узлов с апостериори известными дефектами, эталонных калибровочных

сигналов), получаются измеряемые величины (значения признаков, экспертные сообщения, печатные формы протоколов о стоянии установок), которые затем анализируются на соответствие нормативам (относительная максимально допустимая погрешность признака относительно эталона, наличие экспертного сообщения, корректность формы протокола).

Построение всей системы стенда на принципе структурной гибкости и программируемости позволяет с легкостью увеличить номенклатуру проверок ли изменить порядок их проведения, добавив новые или расширив уже существующие проверки со своим набором внешних воздействий и критериев соответствия или расширив список проверяемого оборудования (воздуходувки, аппараты воздушного охлаждения, акустико-эмиссионные установки).

При разработке алгоритмов анализа полученных измеряемых величин также применен *принцип достаточности*, который регламентирует выбор минимального набора анализируемых данных для получения как можно большей информации о состоянии испытуемой системы. Например, правильность работы экспертной системы контролируется на этапе проверки правильности формирования протокола о состоянии установки, который в числе прочего включает в себя список экспертных сообщений, сформированных в процессе эксплуатации для данного агрегата, а также значения признаков дефектов, по которым данные сообщения формируются. Таким образом, за одну итерацию проверяется сразу два параметра, что позволяет уменьшить временные затраты на проверку.

Для исследуемого стенда реализованы, в частности, следующие проверки:

- проверка файловой целостности конфигурации (наличие требуемых файлов, корректность содержания);
- проверка на наличие ошибок во встроенной системе регистрации сообщений системы, контролирующей как аппаратную, так и программную составляющие;
- проверка корректности формирования протоколов различных форматов на предмет как соответствия формату заказанного протокола, так и на наличие контрольной информации об интересуемом агрегате/агрегатах;
- проверка реакции системы на включение/выключение агрегатов путем подачи сигнала тока на соответствующие каналы

и измерения времени отклика, который проявляется в виде начала измерения признаков вибраций;

- проверка настроек коррекции измерительного тракта путем снятия АХ и АЧХ каналов;
- проверка экспертной системы через подачу сигналов дефектов на каналы и проверки наличия соответствующего дефекту экспертного сообщения на экране системы.

По завершении испытаний стенд формирует протокол в виде диаграмм, графиков и таблиц с отметками соответствия с возможностью печати на принтере. В случае выявления и последующей необходимости устранения ошибок стенд предлагает использовать функцию перепроверки только тех пунктов, в которых замечены несоответствия, для сокращения временных затрат.

### Полученные результаты

Стенд подтвердил свою эффективность при использовании более чем 20 систем. При этом были отмечены следующие качественные и количественные улучшения с использованием стендов по сравнению с проверкой «вручную»:

1. снижение влияния человеческого фактора;
2. полная проверка всех каналов;
3. наглядность и очевидность результатов;
4. функции сортировки и фильтрации результатов для быстрого поиска;
5. контроль полноты проверки (по всем каналам/признакам);
6. статистическая обработка результатов испытаний (расчет погрешностей, группировка по модулям, типовым агрегатам);
7. автоматическое формирование протокола испытаний;
8. сохранение истории испытаний в базе данных с возможностью просмотра в автономном режиме.

Затраты на испытание системы диагностики «вручную», а также с помощью стендов приведены на рисунке 3.

Как видно из приведенного графика, применение автоматизированного стендов испытаний систем диагностики и мониторинга

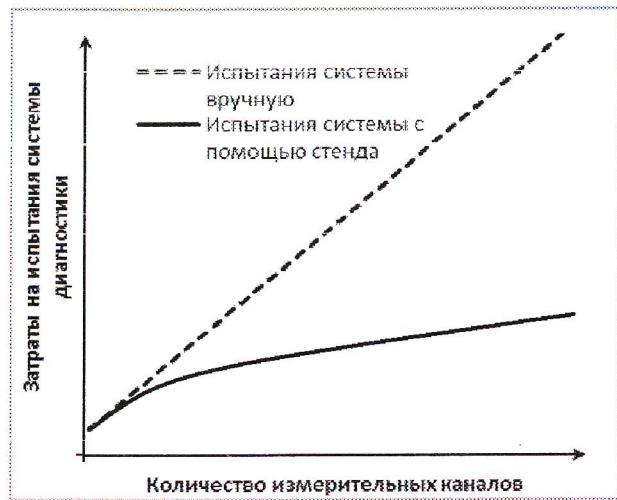


Рис. 3. Определение экономической эффективности использования стенда для испытаний

имеет экономическую эффективность в случае проверки систем с большим количеством датчиков, либо большого количества систем.

Оценочная продолжительность испытаний при проведении различных проверок приведена в таблице 1.

Таблица 1. Оценочные временные затраты на прохождение пунктов проверки

Пункты испытаний	Время испытаний, не более
1. Идентификация систем	
2. Проверка внутренних параметров модулей	
3. Период опроса каналов	1 час
4. Проверка уровня шумов	
5. Проверка журнала событий	
6. Проверка АХ	12 часов
7. Проверка АЧХ	
8. Проверка экспертной системы	4 мин/1 канал 7 часов/100 каналов

### Обсуждение, выводы

Применение автоматизированного стенда испытаний систем при проверке многоканальных систем позволяет уменьшить трудозатраты, повысить полноту проверки системы, при одновременном повышении точности проверки за счет минимизации субъективной погрешности.

### Библиографический список

1. Костюков В.Н. Мониторинг безопасности производства. М.: Машиностроение, 2002. 204 с.

УДК 621.396.1

С. А. Завьялов, к. т. н., доцент, старший научный сотрудник, ОмГТУ

С. В. Иванова, старший преподаватель, ОмГТУ

П. И. Пузырев, к. т. н., научный сотрудник, ОмГТУ

### Протокол асинхронной системы передачи сообщений с фиксированной вероятностью потери пакетов

Получено выражение, определяющее вероятность временной коллизии пакетов, с постоянным периодом следования. Установлено, что минимальная вероятность временных коллизий достигается при использовании попарно взаимно простых чисел в качестве задающих период следования пакетов. Для случая распределения пакетов на основе попарно взаимно простых чисел получено аппроксимирующее выражение, позволяющее оценить минимальную вероятность потери пакета при нормированном интервале контроля от 2 до 100 с ошибкой аппроксимации, не превышающей 6%.

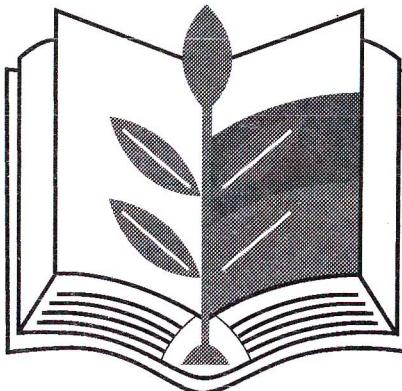
Рассмотрим асинхронную низкоскоростную радиосистему без обратной связи, включающую множество передающих устройств (объектовых устройств), и одно центральное устройство приемника. Каждое передающее устройство передает короткие пакеты, содержащие информацию о каком-либо событии. Пакеты могут передаваться как по случайному закону, так и с постоянным периодом.



**НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, БИЗНЕС**  
**Материалы**  
**Международной научно-практической конференции**  
**ученых, преподавателей, аспирантов, студентов,**  
**специалистов промышленности и связи,**  
**посвященной Дню Радио**

**Омск 2015**

Международная академия наук высшей школы  
Негосударственное (частное) образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики»**  
ООО «Научно-производственный центр «Динамика»  
ОАО Омское производственное объединение «Радиозавод им.  
А. С. Попова» (РЕЛЕРО)  
Омское региональное отделение общероссийской организации  
РОНКТД  
ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический  
университет» (Кафедра «Радиотехнические устройства и системы  
диагностики»)



Материалы  
Международной научно-практической конференции  
ученых, преподавателей, аспирантов, студентов, специалистов  
промышленности и связи, посвященной Дню радио

Омск — 2015

ISBN 978-5-98649-039-7

УДК 621.39

ББК 32.884.1

Наука, образование, бизнес: Материалы Международной научно-практической конференции ученых, преподавателей, аспирантов, студентов, специалистов промышленности и связи, посвященной Дню радио.— ИРСИД.— Омск : Образование-информ, 2015.— 319 с.

**Председатель:**

Ю. М. Вешкурцев д. т. н., профессор, академик МАН ВШ

**Заместители председателя:**

В. В. Лендикрей председатель Совета Учредителей НОУ ВПО «ИРСИД»

П. И. Коротков к. т. н., ректор НОУ ВПО «ИРСИД»

**Члены оргкомитета:**

В. С. Должанкин к. т. н., доцент, первый проректор

О. А. Кочеулова к. и. н., проректор по научной и учебной работе

А. К. Ельцов к. т. н., доцент, декан факультета телекоммуникаций

Г. А. Домашенко к. э. н., доцент, декан факультета экономики и управления

В. Н. Костюков д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Диагностика и промышленная безопасность»

Д. А. Титов к. т. н., доцент, заведующий кафедрой «Электросвязь»

ISBN 978-5-98649-039-7

УДК 621.39

ББК 32.884.1

## Секция 1

# Формирование профессиональных компетенций будущих специалистов в условиях современного ВУЗа

УДК 378.147

Л. Ю. Гостева, преподаватель, ИРСИД

### Гражданское право в неюридическом ВУЗе

В данной статье рассматривается значение знаний аспектов гражданского права для любого человека, а также особенности восприятия данной дисциплины студентами технического ВУЗа.

Кому-то может показаться странным наличие в расписании занятий НОУ ВПО «ИРСИД» — сугубо технического ВУЗа — дисциплины «Гражданское право». Где связь? Какой смысл загружать студентов излишними и непрофильными предметами? Целесообразно ли? На взгляд профессионального юриста, не только целесообразно, но и крайне необходимо.

К сожалению, в массовом сознании наших сограждан за десятилетия переживаемых Россией радикальных реформ достаточноочно прочно утвердился правовой нигилизм, закон уже не является безусловной ценностью, правовое сознание находится на достаточно низком уровне. Зачастую можно наблюдать отсутствие правовой культуры даже у людей с высшим образованием. Проблема требует кардинального и немедленного решения, так как предполагается, что какой бы ВУЗ, пусть даже и неюридический, окончил молодой специалист, по роду своей деятельности он будет связан с людьми

И. В. Веремеев, В. А. Аржанов Выбор материала подложки для акустоэлектронных устройств на поверхностных акустических волнах . . . . .	116
К. С. Греков, Ю. Г. Долганев, А. В. Косых Исследование влияния измерительной емкости кварцевого резонатора на спектр автогенератора . . . . .	119
А. В. Ефимов, Д. В. Казарин, А. В. Костюков Автоматизированный стенд испытаний систем диагностики и мониторинга оборудования . . . . .	124
С. А. Завьялов, С. В. Иванова, П. И. Пузырев Протокол асинхронной системы передачи сообщений с фиксированной вероятностью потери пакетов . . . . .	131
А. Н. Лепетаев Результаты расчетов предельных уровней возбуждения кварцевых резонаторов различных срезов . . . . .	139
А. О. Ложников, А. Н. Лепетаев Результаты экспериментов по подавлению температурной моды колебаний в кварцевых резонаторах SC-среза	147
А. Н. Ляшук, А. В. Ляшук О правовых аспектах проведения радиочастотных испытаний . . . . .	154
А. О. Минин, Г. В. Никонова, А. В. Петров Источники фазовых шумов кварцевых генераторов и способы их снижения . . . . .	163
В. И. Никонов Специфика атак в беспроводных сетях . . . . .	170
Г. В. Никонова, А. С. Фатеева Автоматизированные измерительные комплексы и системы сбора данных . . . . .	173
Г. С. Никонова, И. В. Никонов Устройства на ПАВ в веерными ВШП . . . . .	190
В. Е. Осипов К вопросу об актуальности электрооптического аналого-цифрового преобразования . . . . .	193
Д. В. Сапожников, В. А. Аржанов Проблемы получения оптимальных характеристик частотного дискриминатора . . . . .	194
3.2. Прикладные исследования по тематике НИРС . . . . .	198

Е. В. Кондратенко, А. С. Брюхова Тепловой контроль герметичности котла железнодорожной цистерны . . . . .	198
Ю. И. Буканова Проблемы технологии поверхностного монтажа . . . . .	203
А. А. Гейко, А. Ю. Мухай, С. С. Лутченко Интерфейс программы лабораторных работ по дисциплине «Теория телетрафика» . . . . .	206
А. А. Гейко, А. Ю. Мухай, С. С. Лутченко Моделирование характеристик типовых цифровых сетей	209
И. А. Гиренко, А. К. Ельцов Использование дельта-метода для обнаружения дефектов в сварных соединениях . . . . .	212
С. А. Григорьева, А. О. Ложников, Н. И. Алексеева Миниатюрные термокомпенсированные кварцевые генераторы . . . . .	214
А. М. Данилов, А. И. Одинец Особенности передачи цифровых сигналов . . . . .	217
С. А. Григорьева, А. О. Ложников, Н. И. Алексеева Аппаратура для частотных измерений кварцевых генераторов . . . . .	220
М. С. Ефименко, А. Р. Закирова, С. С. Лутченко Определение вероятностей нахождения в состояниях телекоммуникационной системы . . . . .	224
М. С. Ефименко, А. Р. Закирова, С. С. Лутченко Определение коэффициента неготовности телекоммуникационной системы . . . . .	228
П. А. Зайдов, Е. О. Кабанов Описание методики проведения работ метода магнитотеллурического зондирования . . . . .	231
Д. О. Иутин, А. М. Абулхаиров, В. И. Левченко Обеспечение электромагнитной совместимости и тепловых режимов работы преселекторов в базовой несущей конструкции радиоприемника . . . . .	235
Е. С. Маевский, А. И. Чередов Преобразователь магнитного поля на основе осциллисторного эффекта . . . . .	241
В. С. Михайлова, Л. А. Шатохина Блок управления дизельным агрегатом . . . . .	246

Отпечатано ООО «Образование Информ»  
г. Омск, ул. Серова, 13, тел. 45-13-25.  
Печать оперативная. Тираж 60 экз.  
12.05.2015г.