



Ю.Н. Федоров

Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка

2-е издание



 «Инфра-Инженерия»

УДК (665.6/.7:681.5).002.2

ББК 35.514: 32.965

Ф33

Рецензенты:

Э.Л. Ицкович – доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией Института проблем управления РАН

Л.Р. Соркин – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Московского физико-технического института

Федоров Ю.Н.

Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка.

Учебно-практическое пособие. 2-е изд.,- В 2-х т.- Том 2.- М.:

Инфра-Инженерия, 2016. - 484 с.

ISBN 978-5-9729-0123-4

Справочник задает систему базовых определений и требований, выполнение которых реализуется в правилах создания АСУТП. Даются рекомендации по выбору архитектуры автоматизированных систем управления и защиты технологических процессов. Последовательно определяется состав и распределение работ по созданию АСУТП, устанавливается состав и содержание проектной документации.

Достоинством книги является её практическая направленность. Процедуры выполнения работ по проектированию и разработке АСУТП, рекомендации по учету особенностей проектирования систем защиты технологических процессов окажут методическую помощь всем, кто связан с этими проблемами – от разработчиков систем, до руководителей предприятий. Вместе с тем, книга может использоваться в качестве учебного пособия для преподавателей и студентов высших и средних специальных учебных заведений соответствующих специальностей.

Представленная в работе методология создания АСУТП является шагом к разработке современных отечественных стандартов промышленной автоматизации, согласованных с международным опытом.

ББК 35.514: 32.965

ISBN 978-5-9729-0123-4

© Ю.Н. Федоров, автор, 2016

© Инфра-Инженерия, 2016

Глава 8

ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ АСУТП

Глава условно разделена на две части.

В первой, основной части (разделы 8.1-8.14) приводится документ "**Программа и методика испытаний (ПМ)**", разработанный с максимально возможным учетом отечественной нормативной базы.

Во второй части (разделы 8.15-8.18), приводится образец Программы и методики испытаний **на площадке поставщика системы**. Данный вид испытаний никак не оговаривается отечественными нормативными документами. Однако значимость этого вида испытаний чрезвычайно высока: это означает, что заранее в договоре с поставщиком (разработчиком) системы предполагается, что система будет разрабатываться не на коленке заказчика, а вполне предсказуемым порядком.

Как таковой документ "Программа и методика испытаний (ПМ)" создается Разработчиком системы в составе документации рабочего (технорбочего) проекта. На основе проектной "Программы и методики испытаний" создается Программа предварительных, а по окончании опытной эксплуатации – Программа приемочных испытаний системы. Эти Программы испытаний должны содержать Перечни и описания конкретных проверок, которые следует проводить по каждому пункту Перечня для подтверждения выполнения требований Технического задания, со ссылками на соответствующие разделы и пункты Технического задания.

Методики испытаний разрабатываются с использованием типовых методик испытаний. При этом отдельные положения типовых методик испытаний могут уточняться и конкретизироваться в разрабатываемых методиках в зависимости от кон-

кретных особенностей системы и условий проведения испытаний. Согласно РД 50-34.698-90, пункт 2.14.17, содержание разделов методик также устанавливает разработчик.

Документ проекта "Программа и методика испытаний (ПИ)" разумно начать с подтверждения целей Технического задания, ради достижения которых создается система.

8.1. Назначение, цели создания, и функции АСУТП

АСУТП предназначена для:

- Целевого применения как законченное изделие под определенный объект автоматизации;
- Стабилизации заданных режимов технологического процесса путем измерения значений технологических параметров, их обработки, визуального представления, и выдачи управляющих воздействий в режиме реального времени на исполнительные механизмы, как в автоматическом режиме, так и в результате действий технолога-оператора;
- Анализа состояния технологического процесса, выявление предаварийных ситуаций и предотвращение аварий путем переключения технологических узлов в безопасное состояние, как в автоматическом режиме, так и по инициативе оперативного персонала;
- Обеспечения административно-технического персонала завода необходимой информацией с технологического процесса для решения задач контроля, учета, анализа, планирования и управления производственной деятельностью.

Целями создания АСУТП являются:

- Обеспечение надежной и безаварийной работы производства;
- Стабилизация эксплуатационных показателей технологического оборудования и режимных параметров технологического процесса;
- Увеличение выхода товарной продукции;
- Уменьшение материальных и энергетических затрат;
- Снижение непроизводительных потерь человеческих, материально - технических и топливно-энергетических ресурсов, сокращение эксплуатационных расходов;

- Выбор рациональных технологических режимов с учетом показаний промышленных анализаторов, установленных на потоках, и оперативной корректировки стратегии управления по данным лабораторных анализов;
- Улучшение качественных показателей конечной продукции;
- Предотвращение аварийных ситуаций;
- Автоматическая и автоматизированная диагностика оборудования АСУТП.

Функции управления технологическим процессом реализуются посредством распределенной системы управления (PCY). Функции противоаварийной защиты реализуются посредством специализированной системы противоаварийной защиты – системы ПАЗ.

Состав программно-технического комплекса.

В качестве программно-технического комплекса АСУТП используются специализированные средства управления и противоаварийной защиты, сертифицированные Госстандартом как средства измерения, и разрешенные Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) для применения на взрывоопасных производствах.

Перечень документов, на основании которых создается Система. Система создается на основании следующих документов:

1. Техническое задание на создание АСУТП;
2. Договор YNF-1234/01 на поставку оборудования АСУТП;
3. Договор YNF-1234/02 на разработку Технорабочего проекта АСУТП;
4. Договор YNF-1234/03 на разработку и внедрение АСУТП ("инжиниринг").

Структура АСУТП. Структура АСУТП разделяется на следующие категории:

- Распределенная система управления (в дальнейшем PCY), базирующаяся на специализированной микропроцессорной технике, предназначенная для управления технологическим процессом в режиме реального времени и предоставления информации в заводскую

ЛВС (директору завода, диспетчеру, главным специалистам завода).

- Система противоаварийной защиты (в дальнейшем ПАЗ), базирующаяся на специализированной микропроцессорной технике повышенной надежности, предназначенной для автоматического перевода технологического процесса в безопасное состояние при возникновении аварийных ситуаций.
- Периферийное оборудование – понятие, объединяющее датчики, анализаторы, преобразователи и исполнительные механизмы, а также электрические и другие приводы, установленные как непосредственно на технологическом оборудовании, так и в специальных помещениях, и подключенные к РСУ и ПАЗ.

Верхний уровень АСУТП представлен автоматизированными рабочими местами оператора-технолога. На верхнем уровне реализуются следующие функции:

- Визуализация состояния технологических объектов управления в реальном масштабе времени;
- Задание требуемых режимов технологического процесса и ввод данных;
- Сигнализация отклонений технологического процесса от регламентных значений;
- Визуализация данных об истории процесса;
- Печать сообщений о нарушениях и технологических режимов;
- Регистрация в базе данных предыстории значений технологических переменных во времени;
- Регистрация в базе данных сообщений о системных и технологических нарушениях;
- Регистрация в базе данных действий оперативного персонала;
- Формирование и печать отчетных документов.

Требования к функциям АСУТП.

РСУ должна обеспечивать:

1. Автоматизированный сбор и первичную обработку технологической информации.
2. Автоматический контроль состояния технологического процесса, предупредительную и предаварийную

- сигнализацию при выходе технологических параметров за установленные границы.
3. Управление технологическим процессом в реальном масштабе времени.
 4. Представление информации в удобном для восприятия и анализа виде на операторских станциях в виде графиков, мнемосхем, гистограмм, таблиц.
 5. Автоматическую обработку, регистрацию и хранение поступающей производственной информации, вычисление усредненных и интегральных показателей.
 6. Автоматическое формирование отчетов и рабочих (режимных) листов по утвержденной форме за определённый период времени, и вывод их на печать по расписанию и по требованию.
 7. Получение информации от системы ПАЗ и регистрацию срабатывания системы ПАЗ.
 8. Контроль над работоспособным состоянием технических средств РСУ и ПАЗ.
 9. Автоматизированную передачу данных в общезаводскую сеть.
 10. Защиту баз данных и программного обеспечения от несанкционированного доступа.
 11. Диагностику и выдачу сообщений по отказам всех элементов комплекса технических средств с точностью до модуля.

Система ПАЗ должна обеспечивать:

1. Автоматизированный сбор аналоговой и дискретной информации от датчиков технологических параметров и параметров состояния исполнительных механизмов, а также дискретных параметров ДВК, ПДК, состояния аварийной вентиляции.
2. Выделение достоверной входной информации.
3. Анализ и логическую обработку входной информации.
4. Автоматическую выдачу сигналов двухпозиционного управления на исполнительные механизмы.
5. Дистанционное ("ручное") управление исполнительными механизмами при условии санкционированного доступа.
6. Определение первопричины срабатывания системы защиты и останова технологического процесса.

7. Передачу оперативной информации от системы ПАЗ в РСУ для сигнализации, регистрации и архивирования (отклонения параметров, срабатывание исполнительных механизмов ПАЗ, реакция на действия персонала и т.п.).
8. Оперативную и автономную диагностику технических средств системы ПАЗ, и идентификацию неисправностей с точностью до модуля (блока).

8.2. Объект испытаний

Объектом испытаний является комплекс технических и программных средств АСУТП конкретного производства (указать, какого).

8.3. Цель испытаний

Цель испытаний состоит в следующем:

- Проверка соответствия состава, функций и эксплуатационных характеристик АСУТП Техническому заданию, проектной и эксплуатационной документации;
- Проверка функционирования программно - технического комплекса АСУТП в реальных условиях эксплуатации на действующем технологическом объекте;
- Проверка квалификации и готовности оперативного и эксплуатационного персонала к работе и обслуживанию АСУТП;
- Приемка АСУТП в опытную (затем, по окончании опытной – промышленную) эксплуатацию.

8.4. Объем испытаний

Программа испытаний должна предусматривать Перечень и описание проверок, которые необходимо провести для принятия обоснованного решения о готовности системы:

1. Проверка спецификации комплекса технических средств и стандартной технической документации;
2. Проверка состава и содержания документации технологического проекта;

3. Автономная проверка готовности комплекса технических средств;
4. Метрологическая поверка измерительных каналов;
5. Проверка отказоустойчивости и функций самодиагностики системы;
6. Проверка реализации функций АСУТП на соответствие требованиям Технического задания;
7. Проверка квалификации и уровня подготовки оперативного (технологического) и эксплуатационного (обслуживающего) персонала для работы в условиях функционирования АСУТП.

8.5. Условия и порядок проведения испытаний

Подготовка и организация испытаний осуществляется Приемочной комиссией, образованной приказом по предприятию в составе:

- Представители Заказчика;
- Представители Разработчика АСУТП,
- Представители Поставщика оборудования;
- Представители Проектной организации;
- Представители монтажных и пуско-наладочных организаций;
- Представители органов технадзора.

Испытания АСУТП проводятся для определения соответствия Техническому заданию и проектной документации. Приемочной комиссии представляется следующая документация:

- Техническое задание на создание АСУТП;
- Исполнительная документация по монтажу;
- Протокол предварительных испытаний;
- Программа испытаний Системы;
- Акты метрологической аттестации измерительных каналов;
- Техническая и проектная документация на Систему;
- Собственно физический комплекс программно-технических средств АСУТП вместе с подготовленным и обученным оперативным и эксплуатационным персоналом.

Кроме того, по окончании опытной эксплуатации предъявляются:

- Акт приёмки Системы в опытную эксплуатацию;
- Рабочие журналы Опытной эксплуатации Системы;
- Акт о завершении работ по проверке Системы в режиме Опытной эксплуатации.

Перед проведением испытаний все участники должны быть ознакомлены с Программой испытаний, порядком проведения и оформления результатов испытаний.

Приемочные испытания должны проводиться на действующем технологическом объекте.

Для предупреждения несчастных случаев и электрических повреждений технических средств при монтаже, включении, тестировании, проверке, эксплуатации, регламентных работах необходимо обеспечить выполнение следующих условий:

- Работы производить только при наличии технической документации, и в соответствии с технической документацией;
- При выполнении монтажных работ подсоединять и отсоединять компоненты, модули, блоки и другие составные части системы разрешается только при отключенном электропитании;
- Для проверки требований ТЗ по оперативному резервированию и самодиагностике во время испытаний системы разрешается производить операции отключения, переключения и замены модулей при включенном электропитании;
- Запрещается производить любые монтажные и ремонтные работы в процессе испытаний;
- Используемые в процессе испытаний образцовые средства измерений должны быть поверены;
- Применяемый в процессе настройки и эксплуатации инструмент должен соответствовать требованиям электробезопасности.

Члены комиссии и рабочих групп, эксплуатационный и технический персонал, принимающие участие в испытаниях, должны быть проинструктированы о порядке действий в случае возникновения аварийной ситуации на объекте.

8.6. Материально-техническое обеспечение испытаний

Проект Программы испытаний разрабатывается Разработчиком АСУТП на основе проектной "Программы и методики испытаний (ПМ)". После согласования с техническими специалистами Заказчика Программа испытаний утверждается Техническим директором организации-разработчика и Главным инженером предприятия Заказчика. Ответственность за полноту и порядок проведения испытаний несет Разработчик АСУТП. Заказчик на время проведения испытаний должен обеспечить организацию испытаний и условия для работы комиссии, удовлетворяющие требованиям безопасности, предоставить необходимое сервисное оборудование и инструмент.

Во время проведения предварительных испытаний и до передачи системы в опытную эксплуатацию техническое обслуживание программно-технического комплекса обеспечивается Разработчиком системы и Поставщиком оборудования по принадлежности, и при участии Заказчика.

8.7. Метрологическое обеспечение испытаний

Измерительные каналы подвергаются поверке или калибровке после наладки. Поверка или калибровка измерительных каналов измерительных систем (ИС) должны проводиться государственной метрологической службой, или метрологической службой предприятия Заказчика в зависимости от назначения ИС, и сведения об ее использовании в сфере или вне сферы государственного метрологического контроля и надзора.

Метрологическое обеспечение измерительных систем должно соответствовать ГОСТ Р 8.596-2002 *"Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения"*.

В технической документации на Систему должны быть представлены следующие сведения и документы:

- Назначение ИС, и сведения об ее использовании в сфере (или вне сферы) государственного метрологического контроля и надзора;
- Сертификат об утверждении типа ИС, описание типа ИС, методика поверки, – если они используются в

сфере Государственного метрологического контроля и надзора;

- Сведения об измеряемых величинах и их характеристиках;
- Перечни измерительных каналов и нормы их погрешностей;
- Условия измерений;
- Условия метрологического обслуживания.

Согласно Техническому заданию, в спецификацию оборудования АСУТП должны быть включены специальные технические и программные средства для калибровки измерительных каналов.

Значения контролируемых параметров технологического процесса и технологического оборудования должны быть выражены в соответствии с ГОСТ 8.417-2002 ГСИ. *"Единицы величин"*.

Метрологическое обслуживание РСУ и системы ПАЗ должно обеспечивать возможность как поэлементной (покомпонентной), так и комплектной поверки или калибровки измерительных каналов. В номенклатуру контролируемых параметров входят расходы жидкостей, газов и пара, температура, давление, уровень, концентрация и т.д. Для измерения хозяйственных расходов методом переменного перепада давления, следует руководствоваться ГОСТ 8.563-97 ГСИ *"Измерение расхода и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления"*.

Все методики измерения, используемые в сфере государственного метрологического контроля и надзора, должны быть аттестованы.

При поверке и калибровке каналов РСУ и ПАЗ должна быть предоставлена возможность доступа ко всем элементам Системы для подключения образцовых приборов (калибраторов).

Для измерительных каналов ИС должны быть представлены инструкции по поверке (калибровке), утвержденные в установленном порядке. Все метрологические характеристики измерительных и управляющих модулей должны быть представлены фирмой-изготовителем в документации на технические и программные средства. Пределы допускаемых значений погрешности измерительных каналов не должны превышать норм технологического регламента.

Для подтверждения выбранных метрологических характеристик согласно ГОСТ 8.009-84 *"Нормирование и использование метрологических характеристик средств измерений"*, испытания СИ и ИС должны проводиться по ПР 50.2.009-94 ГСИ *"Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений"*. Измерительные каналы Системы должны комплектоваться техническими средствами измерения, прошедшими государственные приемочные испытания в порядке, установленном ПР 50.2.009-94.

8.8. Оформление результатов испытаний

По результатам каждого этапа испытаний оформляются отчетные документы. К отчетным документам относятся Протоколы и Отчеты о результатах проверок. В приложения к отчетным документам включается перечень ссылок на стандартные методики, или описание конкретных методик испытаний. Отчетные документы подписываются членами комиссии (членами рабочих групп), и утверждаются Председателем комиссии. Протоколы испытаний по всем пунктам Перечня проверок Программы испытаний обобщаются в **едином итоговом Протоколе**, на основании которого делается заключение о возможности или невозможности оформления Акта приемки АСУТП в опытную (промышленную) эксплуатацию.

Допускается по решению Приемочной комиссии доработка технической документации после ввода Системы в действие. Сроки доработки указываются в итоговом Протоколе испытаний.

8.9. Процедура (методика) испытаний

1. Проверка спецификации комплекса технических средств и стандартной технической документации.

Изначальная Спецификация оборудования приводится в Приложении к Договору на поставку оборудования. Окончательно согласованный состав комплекса технических средств АСУТП приводится в документе проекта "Спецификация оборудования (В4)". Проверка состава и комплектности Системы, состава ЗИП и контрольно-диагностического оборудования осуществляется путем сравнения фактически смонтированного оборудования КТС со Спецификацией, технической и про-

ектной документацией. Важнейшее требование, соблюдение которого должно быть неременным условием при заключении контрактов с западными фирмами и их посредниками:

Стандартная техническая документация изготовителя оборудования должна быть представлена и на английском, и на русском языке.

Количество экземпляров документации, предоставляемой Заказчику, определяется Договорами с Поставщиком оборудования и Разработчиком проекта, однако в любом случае должно быть НЕ МЕНЕЕ ТРЕХ.

2. Проверка состава и содержания документации технорабочего проекта.

Состав документации технорабочего проекта на АСУТП приведен в документах:

- Контрактный перечень приведен в Приложении к Договору на разработку технорабочего проекта;
- Окончательно согласованный перечень приведен в документе "Ведомость (состав) проекта (ТП)".

Проверка проводится с целью определения соответствия и качества документации для осуществления эксплуатации и технического обслуживания КТС и АСУТП в целом. И так же, как и для стандартной технической документации изготовителя, важнейшим требованием, которое должно быть выставлено еще перед подписанием каких-либо контрактов с иностранными поставщиками и разработчиками проектной документации, является **Представление проектной документации на русском языке.**

3. Автономная проверка готовности комплекса технических средств.

Проверка выполнения требований готовности АСУТП к опытной (промышленной) эксплуатации включает:

- 1) Проверку правильности и качества проектного монтажа и внутренних соединений РСУ и ПАЗ;
- 2) Проверку правильности проектного монтажа и подключения полевого оборудования к кроссовым шкафам;
- 3) Проверку проектного электроснабжения КТС;
- 4) Проверку проектного контура заземления КТС.

Проверка осуществляется на основании проектной и эксплуатационной документации на Систему:

- Планы расположения оборудования и проводок в ЦПУ (С8);
- Чертеж общего вида системных шкафов и установки технических средств (В0);
- Таблица внутрисистемных соединений и подключений (С6.1);
- Таблица соединений кросс-система (С6.2);
- Схемы питания и заземления (С10);
- Схемы электрические принципиальные контуров измерения, регулирования, сигнализации и блокировок (СБ).

3.1. Проверка правильности и качества проектного монтажа и внутренних соединений РСУ и ПАЗ осуществляется на основании соответствующих Актов выполнения монтажных работ, и сравнения выполненного монтажа с проектной "Таблицей внутрисистемных соединений и подключений".

3.2. Проверка правильности проектного монтажа и подключения полевого оборудования к кроссовым шкафам АСУТП.

Производится на основании Акта выполнения монтажа и наладки КИПиА, и сравнения с проектной документацией.

3.3. Проверка проектного электроснабжения КТС производится путем проверки соответствия подключения технических средств к сети основного и резервного электроснабжения, и схем подключения, представленных в технической документации на КТС АСУТП "Схемы питания и заземления (С10)".

Фактическая проверка осуществляется на основании Акта о выполнении электротехнических работ путем поочередного отключения источников основного и резервного электроснабжения (одновременное отключение обоих источников не допускается).

3.4. Проверка проектного контура заземления КТС должна подтверждаться Актом проверки соответствия параметров контура заземления требованиям проекта и технической документации на КТС.

Проверка выполнения требований к электрической безопасности Системы. Проверка производится в соответствии с действующими правилами и нормами для электроснабжения и контура заземления, а также по наличию сертифика-

тов электрической безопасности на компоненты КТС (электрические цепи шкафов КТС, дисплеи рабочих станций и др.).

Проводится проверка соответствия электротехнических изделий комплекса технических средств требованиям "Правил устройства электроустановок". Защитное заземление КТС должно быть выполнено по ГОСТ 12.1.030 "Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление".

Все внешние части оборудования, находящиеся под напряжением свыше 42V по отношению к корпусу, должны иметь защиту от случайного прикосновения во время эксплуатации в штатных режимах работы. Изоляция электрически несвязанных цепей относительно корпуса и между собой при температуре +25 °С и относительной влажности до 80%, должна выдерживать в течение 1 минуты действие испытательного напряжения синусоидальной формы тока промышленной частоты:

- Между цепями с напряжением 40V – 250V;
- Между цепями с напряжением 250V – 1500V.

4. Метрологическая поверка измерительных каналов.

Метрологические характеристики датчиков и модулей ввода-вывода аналоговых сигналов определяются на основании данных фирм-изготовителей.

Метрологическая аттестация измерительных каналов Системы проводится по окончанию наладки системы по следующим типам параметров: давление, температура, расход, уровень жидкости, концентрация.

Метрологические характеристики измерительных каналов фиксируются в Актах и Протоколах метрологической поверки, представляемых Заказчиком.

5. Проверка отказоустойчивости и функций самодиагностики системы.

Данный вид проверки является одним из важнейших для взрывоопасных процессов.

Проверяется:

- Автоматический контроль и самодиагностика работоспособности программно-технического комплекса;
- Сохранение работоспособности КТС при сбоях и отказах, и восстановление исходной конфигурации оборудования в реальном времени.

5.1. Проверка отказоустойчивости и самодиагностики КТС.

Проверка функций самодиагностики программно-технического комплекса производится имитацией отказа на любом произвольно выбранном элементе оборудования.

Например:

- 1) Снимается питание с одного или нескольких модулей контроллера;
- 2) Имитируется обрыв линии связи;
- 3) Имитируется неисправность какой-либо части системы (контроллер, блок питания, модуль ввода-вывода, и т.д.);
- 4) При возникновении неисправности, которую можно имитировать путем отключения какого-либо элемента, система должна выдать соответствующее сообщение оператору процесса, сопровождаемое звуковой сигнализацией, регистрацией на принтере сообщений и сигнализаций, и записью в архив.
- 5) После снятия искусственных неисправностей должны исчезнуть соответствующие сообщения с экрана диагностики.

Перед проверкой отказоустойчивости и самодиагностики производится вызов стандартного системного окна (*System Status Overview*). На рабочей станции должно отображаться состояние всех компонентов Системы. Это состояние сопоставляется с фактическим состоянием компонентов Системы.

Все компоненты Системы должны отображаться в соответствии с их фактическим состоянием.

Поблочная проверка отказоустойчивости проводится после того, когда все блоки и модули Системы установлены, смонтированы и запитаны.

Испытания проводятся в нижеследующем порядке.

5.2. Тестирование системы бесперебойного электропитания.

Тестирование автомата включения резерва (АВР):

При поданном питании по 1-й и 2-й линии отключить питание с 1-й линии. При этом АВР должен переключиться на резервную линию питания. При переключении АВР источник бесперебойного питания (ИБП) должен обеспечивать непрерывное питание шкафов и операторских станций АСУТП.

Опять подключить 1-ю линию питания, АВР не должен изменить своего положения. При поданном питании по 1-й и 2-й линии отключить питание со 2-й линии и провести аналогичные проверки.

Тестирование отключения питания с 1-й и 2-й линии ввода:

Отключить питание с 1-й и 2-й линии. В этом случае ИБП должен обеспечить непрерывное питание шкафов, операторских станций АСУТП и цепей полевого оборудования от встроенных и внешних батарей.

При условии полной зарядки батарей все оборудование АСУТП (станции технолога-оператора, контроллеры РСУ и ПАЗ, **полевой КИП**) должны **сохранять работоспособность в течение 30 минут за счет источника бесперебойного электропитания.**

По окончании проверки восстановить питание на ИБП.

Тестирование байпасной линии:

Включить байпасную линию питания АСУТП и отключить напряжение на 1-м и 2-м вводах АВР.

Контролировать работоспособность АСУТП. В этом случае питание шкафов и операторских станций должно осуществляться от байпасной линии (3-я линия питания). Подать питание на ИБП.

5.3. Проверка переключения резервированной системной шины данных:

- 1) Отключить одну из шин переводом переключателя в положение *Disable*, наблюдать при этом за отображением состояния шины на операторской станции и по месту.

Необходимо убедиться, что обмен информации между контроллерами и операторскими станциями АСУТП не нарушается, а на контроллере и операторских станциях отображается истинное состояние каждой шины;

- 2) После включения первой шины произвести аналогичную процедуру со второй шиной.

Операции по обоим пунктам провести последовательно на каждом контроллере.

5.4. Проверка переключения резервированных модулей управления и защиты:

- 1) Остановить один из процессоров (модулей управления), и наблюдать за отображением его состояния на операторской станции и в стойке. Убедиться, что обмен информации между контроллером и операторскими станциями АСУТП не нарушается, а на контроллере и операторской станции отображается истинное состояние каждого процессора;
- 2) Восстановить работоспособность отключенного модуля управления, затем отключить второй модуль и провести аналогичные проверки.

Операции по обоим пунктам провести последовательно на каждом контроллере.

5.5. Проверка резервированных блоков питания контроллеров РСУ и ПАЗ. Проводится в следующем порядке:

- 1) Отключить 1-й блок питания контроллера. При этом наблюдать состояние блоков питания на операторской станции и в стойке. Необходимо убедиться, что обмен информации между контроллером и операторскими станциями АСУТП не нарушается, а на контроллере и операторской станции отображается истинное состояние каждого блока питания;
- 2) Включить 1-й блок питания;
- 3) Отключить 2-й блок питания, и провести аналогичные проверки;
- 4) Включить 2-ой блок питания.

Операции по этим пунктам провести последовательно на каждом контроллере.

5.6. Проверка резервированных блоков питания 24 VDC шкафов РСУ и ПАЗ. Проводится в следующем порядке:

- 1) Отключить один из блоков питания 24 VDC;
- 2) Проверить получение информации по аналоговым сигналам, подключенным через барьеры искробезопасности, и по дискретным сигналам данного шкафа на операторской станции;
- 3) Включить 1-й блок питания;
- 4) Отключить 2-й блок питания, провести аналогичные проверки.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 8. Программа и методика испытаний АСУТП.....	3
8.1. Назначение, цели создания, и функции АСУТП	4
8.2. Объект испытаний	8
8.3. Цель испытаний	8
8.4. Объем испытаний	8
8.5. Условия и порядок проведения испытаний.....	9
8.6. Материально-техническое обеспечение испытаний	11
8.7. Метрологическое обеспечение испытаний	11
8.8. Оформление результатов испытаний.....	13
8.9. Процедура (методика) испытаний	13
8.10. Содержание организационно-распорядительных документов	31
8.11. Типовая форма Протокола организационного заседания комиссии	36
8.12. Типовая форма Протокола предварительных (или приемочных) испытаний	38
8.13. Образцы протоколов и отчетов по разделам Программы испытаний.....	39
8.14. АКТ Приемки АСУТП в опытную (промышленную) эксплуатацию	53
8.15. Программа и методика испытаний на площадке поставщика	57
8.16. Внутреннее тестирование поставщика	57
8.17. Объем испытаний в присутствии заказчика.....	60
8.18. Процедура (методика) испытаний.....	60

Глава 9. Особенности проектирования систем безопасности	97
9.1. Жизненный цикл системы безопасности.....	97
9.2. Отказы общего порядка (общей причины).....	99
9.3. Ложные срабатывания.....	100
9.4. Отказы полевых устройств	100
9.5. Резервирование, как средство противодействия сбоям	102
9.6. Общие рекомендации по выбору архитектуры...	103
9.7. Резервирование – однородное и альтернативное.....	104
9.8. Разделение и распределение функций АСУТП ..	105
9.9. Сенсоры	105
9.10. Регулирующие и отсечные клапаны	106
9.11. Логические решающие устройства (контроллеры)	107
9.12. Связь между РСУ и ПАЗ.....	112
9.13. Программное обеспечение.....	113
9.14. Интерфейс пользователя.....	115
9.15. Диагностика	117
9.16. Обслуживание и поверка полевого оборудования системы безопасности	120
9.17. Секретность.....	124
9.18. Документация	125
9.19. Временной интервал функционального тестирования	126
9.20. Управление и контроль выполнения проекта	126
9.21. Распределение ответственности.....	127
9.22. Примерная форма Журнала учета изменений.....	132
9.23. Примерная форма для Запроса на изменение проекта.....	133
9.24. Примерная форма для контроля выполнения принятых изменений	134
9.25. Ежемесячный отчет о проделанной работе со стороны разработчика	135
Глава 10. Система идентификации параметров АСУТП.....	136
10.1. Исходные данные	136
10.2. Ключевые идеи	163

10.3.	Построение перечней входов и выходов РСУ и ПАЗ.....	163
10.4.	Постановка задачи	169
10.5.	Коды состояний ISA	174
10.6.	Неоднородность кодов ISA.....	176
10.7.	Семантика состояний	178
10.8.	Идентификация запорно-регулирующей арматуры.....	180
10.9.	Объединение группы параметров устройства	184
10.10.	Постановка общей задачи идентификации	186
10.11.	Идентификация параметров состояния и управления устройства.....	191
10.12.	Промежуточный результат идентификации оборудования без привязки к контурам	206
10.13.	Идентификация контуров АСУТП.....	208
10.14.	Таблицы идентификации параметров АСУТП	223
10.15.	Структура Таблиц идентификации	227
10.16.	Небольшой американский глоссарий	229
10.17.	Уровни сигнализации. Определения.....	231
10.18.	Входные устройства	232
10.19.	РСУ. Параметры состояния и управления	235
10.20.	ПАЗ – РСУ. Параметры взаимодействия.....	235
10.21.	Выходные устройства	246
10.22.	Нумерация контуров РСУ и ПАЗ.....	247
10.23.	Графические символы	248
10.24.	Графическое изображение оборудования АСУТП	249
10.25.	Дополнительные возможности упрощения.....	250
10.26.	Результаты настоящего исследования	258
10.27.	Общие итоги.....	261
Глава 11.	Проектная оценка надежности системы.....	268
11.1.	Введение	268
11.2.	Методики анализа надежности и рисков для автоматизированных систем безопасности.....	272
11.3.	Первая методика расчета	278
11.4.	Сводные результаты расчета надежности АСУТП	306
11.5.	Авторское заключение по первой методике	307
11.6.	Методика фирмы НИМА.....	309

11.7.	Краткое описание возможностей пакета SILence.....	316
11.8.	Структура проекта в SILence.....	317
11.9.	Конфигурирование систем в SILence.....	321
11.10.	Расчет вероятностей опасного отказа контуров защиты	325
11.11.	Оценка SIL по доле безопасных отказов SFF и по отказоустойчивости.....	339
11.12.	SIL единичного канала	341
11.13.	SIL многоканальной функции безопасности	342
11.14.	Пример вычисления фактора диагностического охвата по методике IEC.....	345
11.15.	Выводы	348
Глава 12.	Усовершенствованное управление процессом.....	349
12.1.	Пакеты автонастройки контуров управления	351
12.2.	Общие рекомендации для выбора метода настройки.....	358
12.3.	Автонастройка контура с обратной связью.....	359
12.4.	Автонастройка каскадных контуров управления	360
12.5.	Автонастройка контуров управления по упреждению	361
12.6.	Усовершенствованное управление технологическим процессом.....	362
12.7.	Многопараметрический контроллер.....	370
12.8.	Упреждающее управление по модели	373
12.9.	Экономические преимущества внедрения APC..	375
12.10.	Основания для выбора усовершенствованного управления	378
12.11.	Требования к программному обеспечению усовершенствованного управления	379
12.12.	Структура модели	382
12.13.	Усовершенствованное управление колонной	388
12.14.	APC на установке каталитического крекинга	394
12.15.	Управление реактором и регенератором	395
12.16.	Управление главной колонной фракционирования.....	396
12.17.	Эффективность APC на каталитическом крекинге.....	397

12.18.	Решения в области добычи нефти и газа	398
12.19.	Оптимизация	405
12.20.	Необходимые условия получения прибыли	407
Глава 13.	Выбор и построение безопасных АСУТП	411
13.1.	Принципиальные источники отказов	411
13.2.	Тестирование полевого оборудования в реальном времени	415
13.3.	Механическое ограничение хода клапана	416
13.4.	Тестирование с использованием ПЛК системы ПАЗ	416
13.5.	Специальные цифровые контроллеры клапанов	417
13.6.	Расчет эффекта оперативной диагностики	417
13.7.	Системы обслуживания полевого оборудования	419
13.8.	Архитектура систем обслуживания	421
13.9.	AMS - Система обслуживания поля фирмы Эмерсон	424
13.10.	Функциональные возможности AMS	425
13.11.	Монитор сигналов тревоги	426
13.12.	PRM – Менеджер ресурсов производства фирмы Йокогава Электрик	427
13.13.	Навигатор устройств	428
13.14.	Управление информацией по техобслуживанию	428
13.15.	Функция анализа эксплуатации	430
13.16.	Функции диагностики и настройки	431
13.17.	Служебные и сервисные функции	431
13.18.	Преимущества использования Менеджера ресурсов	432
13.19.	Программное обеспечение для комплексных решений	433
13.20.	Решения для расширенной поддержки операций	434
13.21.	Методы снижения числа оповещений	441
13.22.	Ключевые аспекты построения АСУТП	443
13.23.	Техническое задание на создание АСУТП	443
13.24.	Полевое оборудование	444
13.25.	Системы противоаварийной защиты	447
13.26.	Резервирование	447

13.27.	Избыточность.....	447
13.28.	Иерархия – закон управления сложностью.....	448
13.29.	Функции контроля и управления.....	450
13.30.	Операторский интерфейс.....	451
13.31.	Тренажеры.....	452
13.32.	Приемо-сдаточные испытания.....	454
13.33.	Оценка требуемого количества запасных частей.....	454
13.34.	Методы оценки параметров надежности.....	456
13.35.	Методы предсказания надежности.....	456
13.36.	Методы демонстрации надежности.....	459
13.37.	Соотношение цены отказа для главных архитектур.....	460
13.38.	Общие решения для вероятности опасного отказа.....	462
13.39.	Полная система соотношений для расчета вероятности отказа архитектур общего вида.....	465
13.40.	Общие уравнения вероятности и интенсивности ложных срабатываний для систем произвольной архитектуры.....	466
13.41.	Право выбора.....	471
13.42.	С чего начать?.....	472
13.43.	Стандарты МЭК – призыв к осмотрительности.....	474
13.44.	Использование единой платформы программно-технических средств, и выбор единого подрядчика по созданию АСУТП.....	475