

Ю. Н. Федоров

# Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка

*2-е издание*



«Инфра-Инженерия»

**Ю. Н. Федоров**

**Справочник инженера  
по АСУТП:  
Проектирование и разработка**

2-е издание

*Учебно-практическое пособие  
В двух томах*

**I ТОМ**

**Инфра-Инженерия**

**Москва-Вологда**

**2018**

УДК (665.6/.7:681.5).002.2

ББК 35.514: 32.965

**Ф33**

Ф3 №436-Ф3	Издание не подлежит маркировке в соответствии с п. 1 ч. 4 ст. 11
---------------	---

*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.**

**Ф33** Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие. 2-е изд. доп. и перераб., - В 2-х т. - Том 1. - М.: Инфра-Инженерия, 2018. - 448 с.

**ISBN 978-5-9729-0122-7**

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**

© Ю. Н. Федоров, автор, 2018

© Инфра-Инженерия, 2018

**ISBN 978-5-9729-0122-7**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	<b>3</b>
<b>Глава 1. Постановка задач автоматизации</b> .....	<b>7</b>
1.1. Область определения.....	7
1.2. Статистика причин инцидентов и аварий .....	7
1.3. Общие положения.....	9
1.4. Специфика автоматизированных систем .....	11
1.5. Стереотипы резервирования.....	13
1.6. Стандарты промышленной безопасности МЭК...18	
1.7. Жизненный цикл безопасности.....	19
1.8. Интегральная и функциональная безопасность....19	
1.9. Проектная документация .....	21
1.10. Огрехи стандарта IEC 61508.....	23
1.11. Применимость одноканальных систем на взрывоопасных объектах .....	26
1.12. Существуют ли четырехканальные системы 2004 и 2004D? .....	29
1.13. Научно-техническая мифология .....	34
1.14. Анатомия подмены понятий.....	50
1.15. Сертификация систем "2004" по стандарту IEC 61508 .....	56
1.16. Непрерывность контроля и защиты .....	59
1.17. Сравнение надежности архитектур 1002D и 2003 .....	61
1.18. Сравнение схем деградации архитектур 1002D и 2003 .....	65
1.19. Оптимальность архитектуры 1002D .....	72
1.20. Основные выводы сравнения .....	76
1.21. Протоколы Internet-мудрецов.....	77
1.22. Номенклатура современных систем управления и защиты .....	85

---

1.23.	Открытые системы .....	89
1.24.	Адекватность начальных условий.....	90
1.25.	Требования МЭК к полевым испытаниям системы.....	91
1.26.	Требования МЭК к испытаниям компонентов программного обеспечения.....	92
1.27.	Степень доверия к заявленному уровню интегральной безопасности .....	93
<b>Глава 2.</b>	<b>Современная концепция автоматизации .....</b>	<b>97</b>
2.1.	Термины и определения.....	97
2.2.	Оборудование и устройства.....	97
2.3.	Системы.....	99
2.4.	Безопасность и риск .....	104
2.5.	Сбои и отказы .....	118
2.6.	Обозначения и сокращения .....	126
2.7.	Современная концепция безопасности.....	131
2.8.	Электротехническая комиссия, Германия.....	133
2.9.	Стандарты безопасности США .....	136
2.10.	Общие методы анализа рисков.....	137
2.11.	Методы анализа риска и опасных факторов в США.....	141
2.12.	Российские нормы анализа рисков и последствий отказов .....	143
2.13.	Международные стандарты безопасности .....	146
2.14.	Стандарт IEC 61508 "Функциональная безопасность электрических, электронных и программируемых электронных систем, связанных с безопасностью".....	147
2.15.	Стандарт IEC 61511 "Функциональная безопасность: Оборудованные под безопасность системы для перерабатывающего сектора промышленности" .....	153
<b>Глава 3.</b>	<b>Архитектура систем управления и защиты....</b>	<b>157</b>
3.1.	Безопасные ПЛК.....	157
3.2.	Структура отказов базовых архитектур систем безопасности.....	161
3.3.	Архитектура 1001 .....	162
3.4.	Архитектура 1002 .....	163
3.5.	Архитектура 2002 .....	164
3.6.	Архитектура 2003 .....	165

3.7.	Основные архитектуры промышленных систем безопасности. Архитектура 1001D.....	166
3.8.	Архитектура 1001D – расширенный вариант ...	167
3.9.	Архитектура 1001D – "горячее" резервирование .....	169
3.10.	Архитектура 2002 .....	170
3.11.	Архитектура 1002 .....	172
3.12.	Архитектура 1002D – Классический вариант .....	175
3.13.	Логика работы системы 1002D.....	177
3.14.	Важный пример архитектуры 1002D.....	178
3.15.	Архитектура 1002D – модификация 2*2 ("2004").....	179
3.16.	Внимание к деталям .....	182
3.17.	Классические архитектуры 2003 .....	183
3.18.	Системы семейства QUADLOG (Siemens Energy&Automation) .....	187
3.19.	Архитектура Quadlog 1001D – RC4, SIL2 .....	188
3.20.	Архитектура Quadlog 1002D – RC6, SIL3 .....	189
3.21.	Концепция фирмы HIMA.....	199
3.22.	Система QMR FSC фирмы Honeywell .....	200
3.23.	Системы семейства ProSafe (Yokogawa Electric).....	200
<b>Глава 4.</b>	<b>Общие требования при создании АСУТП.....</b>	<b>211</b>
4.1.	Положение наших предприятий на нормативном поле .....	211
4.2.	Оптимистические выводы .....	216
4.3.	Схемы организации проекта.....	225
4.4.	Распределение ответственности при создании АСУТП .....	227
4.5.	Ответственность Разработчика процесса .....	228
4.6.	Ответственность Проектной организации.....	229
4.7.	Ответственность Разработчика АСУТП.....	230
4.8.	Ответственность Организации-заказчика АСУТП .....	231
4.9.	Проведение конкурса (тендера) по выбору оборудования АСУТП.....	231
4.10.	Общие требования к РСУ .....	232
4.11.	Общие требования к системе ПАЗ.....	233
4.12.	Эксплуатационные ограничения .....	236

4.13.	Индикация и сигнализация на оперативных панелях и в РСУ .....	237
4.14.	Требования к метрологическому обеспечению ..	238
4.15.	Международный подход к системе классификации рисков .....	239
4.16.	Диаграмма соответствия отечественных категорий взрывоопасности международным классам и уровням безопасности .....	242
4.17.	Механизмы деградации систем безопасности и действия при отказах .....	245
4.18.	Временные ограничения на применение ПЛК .....	247
4.19.	Резервирование полевого оборудования .....	251
4.20.	Выбор архитектуры систем безопасности .....	252
4.21.	Западные документы специального допуска .....	254
4.22.	Простейшая процедура предварительного выбора .....	256
4.23.	Ведущие производители промышленных систем безопасности .....	258
<b>Глава 5.</b>	<b>Состав и содержание работ по созданию АСУТП .....</b>	<b>263</b>
5.1.	Стандарты предприятия по управлению промышленной безопасностью .....	263
5.2.	Стадии и этапы создания АСУТП .....	265
5.3.	Степени свободы при создании АСУТП .....	272
5.4.	Стадия "Формирование требований к АСУТП" .....	273
5.5.	Стадия "Разработка концепции АСУТП" .....	277
5.6.	Стадия "Техническое задание на создание АСУТП" .....	280
5.7.	Состав и содержание работ по созданию АСУТП .....	283
5.8.	Первое техническое совещание .....	284
5.9.	Исходные данные для создания АСУТП .....	284
5.10.	Разработка Технического проекта .....	285
5.11.	Рассмотрение Технического проекта .....	286
5.12.	Рабочий проект (Рабочая документация) .....	286
5.13.	Взаимодействие и ответственность подразделений, участвующих в процессе создания АСУТП .....	288
5.14.	Состав работ и ответственность при	

	подготовке к вводу АСУТП в действие.....	289
5.15.	Монтаж и пуско-наладка.....	291
5.16.	Поверка и калибровка измерительных каналов.....	292
5.17.	Порядок контроля и приемки .....	292
5.18.	Ответственность при эксплуатации и техническом обслуживании АСУТП .....	301
5.19.	Требования к документированию .....	302
5.20.	План-график и распределение работ по созданию АСУТП .....	303
<b>Глава 6.</b>	<b>Состав и содержание документации проекта АСУТП .....</b>	<b>316</b>
6.1.	Общие положения.....	318
6.2.	Исключение, изменение и включение стадий выполнения проекта .....	318
6.3.	Требования к содержанию документов по Общесистемным решениям .....	319
6.4.	Документ "Ведомость проекта".....	319
6.5.	Документ "Пояснительная записка к проекту" ...	320
6.6.	Документ "Описание автоматизируемых функций" .....	321
6.7.	Документ "Описание постановки задач (комплекса задач)" .....	322
6.8.	Документ "Общее описание системы" .....	324
6.9.	Документ "Программа и методика испытаний (компонентов, комплексов средств автоматизации, подсистем, систем)" .....	325
6.10.	Документ "Ведомость эксплуатационных документов".....	329
6.11.	Документ "Паспорт".....	329
6.12.	Документ "Формуляр".....	330
6.13.	Документ "Проектная оценка надежности системы" .....	332
6.14.	Требования к содержанию документов с решениями по Техническому обеспечению.....	334
6.15.	Документ "Описание комплекса технических средств".....	336
6.16.	Документ "План расположения оборудования АСУТП на объекте".....	338
6.17.	Документ "Схема структурная комплекса технических средств" .....	339



---

6.18.	Документ "Спецификация оборудования" .....	339
6.19.	Документ "Планы расположения оборудования и проводок в ЦПУ" .....	339
6.20.	Документ "Чертеж общего вида системных шкафов и установки технических средств".....	340
6.21.	Документ "Таблица внутрисистемных соединений и подключений" .....	340
6.22.	Документ "Таблица соединений кросс-система" .....	340
6.23.	Документ "Схемы питания и заземления" .....	340
6.24.	Документ "Схемы электрические принципиальные контуров измерения, регулирования, сигнализации и блокировок" (Loop Diagrams).....	341
6.25.	Документ "Инструкция по эксплуатации и обслуживанию КТС" .....	347
6.26.	Документ "Схема соединения внешних проводок".....	348
6.27.	Документ "Схема подключения внешних проводок".....	349
6.28.	Требования к содержанию документов с решениями по Информационному обеспечению.....	349
6.29.	Документ "Перечень входных и выходных сигналов РСУ" .....	349
6.30.	Документ "Перечень входных и выходных сигналов ПАЗ" .....	350
6.31.	Документ "Перечень сигналов взаимодействия РСУ и ПАЗ" .....	350
6.32.	Документ "Описание информационного обеспечения системы" .....	354
6.33.	Документ "Описание организации информационной базы" .....	355
6.34.	Документ "Описание систем классификации и кодирования" .....	356
6.35.	Документ "Описание массивов исторических данных (архивов)" .....	356
6.36.	Документ "Альбом документов и видеок кадров" .....	357
6.37.	Документ "Состав выходных данных (сигнализаций, сообщений)" .....	357

---

6.38.	Документ "Каталог баз данных" .....	357
6.39.	Документ "Инструкция по формированию и ведению базы данных" .....	358
6.40.	Требования к содержанию документов с решениями по Стандартному программному обеспечению.....	358
6.41.	Документ "Описание стандартного программного обеспечения" .....	359
6.42.	Документ "Методы и средства разработки (конфигурирования)" .....	362
6.43.	Требования к содержанию документов с решениями по Прикладному программному обеспечению.....	363
6.44.	Документ "Описание и логические схемы алгоритмов" .....	364
6.45.	Документ "Функциональные схемы автоматизации (P&IDs)".....	366
6.46.	Документ "Блок-схемы алгоритмов РСУ".....	367
6.47.	Документ "Блок-схемы алгоритмов ПАЗ".....	367
6.48.	Документ "Детальная конфигурация функциональных блоков" .....	367
6.49.	Требования к содержанию документов с решениями по Организационному обеспечению.....	368
6.50.	Документ "Описание организационной структуры" .....	368
6.51.	Документ "Схема организационной структуры" .....	369
6.52.	Документ "Технологическая инструкция" .....	369
6.53.	Документ "Руководство пользователя" .....	369
6.54.	Сводные таблицы состава документации и распределения работ по стадиям и этапам создания АСУТП .....	371
6.55.	Образцы Приложений к Договору на разработку технорабочего проекта .....	379
<b>Глава 7.</b>	<b>Техническое задание на создание АСУТП .....</b>	<b>386</b>
7.1.	Титульный лист .....	387
7.2.	Общие сведения.....	388
7.3.	Назначение и цели создания Системы.....	391
7.4.	Характеристика объекта автоматизации .....	392

---

7.5.	Требования к Системе .....	393
7.6.	Требования к функциям, реализуемым Системой .....	410
7.7.	Требования к видам обеспечения.....	415
7.8.	Состав и содержание работ по созданию АСУТП .....	422
7.9.	Порядок контроля и приемки .....	426
7.10.	Требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта к вводу АСУТП в действие	430
7.11.	Требования к документированию .....	431
7.12.	Источники разработки.....	433
7.13.	Приложения.....	435
7.14.	Составлено .....	436
7.15.	Согласовано.....	436
	<b>Библиография .....</b>	<b>437</b>