

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	6
Первая часть. Состав и функции современных технических и программных средств автоматизации в АСУТП	19
I. Типовые цифровые сети АСУТП	20
1. Свойства и характеристики промышленных сетей	21
1.1. Особенности промышленных сетей	21
1.2. Характеристики промышленных сетей	22
1.2.1. Варианты физической среды сетей	22
1.2.2. Варианты структуры сетей	23
1.2.3. Сетевые интерфейсы	25
1.2.4. Модели взаимодействия в сетях	26
1.3. Стандартизация промышленных сетей	29
1.4. Современное развитие промышленных сетей	30
2. Проводные промышленные сети	33
2.1. Сети Profibus и Profinet	34
2.2. Сети Foundation Fieldbus и Foundation Fieldbus HSE	36
2.3. Сети Modbus и Modbus/TCP	39
2.4. Сеть HART-протокол	40
2.5. Сеть Industrial Ethernet	42
3. Беспроводные промышленные сети	43
3.1. Основные причины распространения беспроводных сетей	44
3.2. Области применения беспроводных сетей	45
3.3. Общие свойства беспроводных сетей	47
3.4. Сети по семейству стандартов IEEE 802.11	51
3.5. Сети по стандартам IEEE 802.15	53
3.5.1. Сеть ZigBee	53
3.5.2. Сеть Bluetooth	54
3.5.3. Сеть Wireless HART	55
3.5.4. Сеть стандарта ISA 100.11a	55
3.6. Направления развития промышленных сетей	57
II. Средства автоматизации полевого уровня АСУТП (датчики и исполнительные комплексы)	60
4. Общие свойства современных датчиков	61

4.1. Классификация датчиков	61
4.2. Особенности современных датчиков	62
4.3. Экономические преимущества использования современных датчиков	63
4.4. Структура современных датчиков	64
4.5. Реализуемые современными датчиками функции	66
4.6. Перспективы развития современных датчиков	68
4.7. Необходимые классы датчиков для контроля работы технологических агрегатов	72
5. Обзор общепромышленных классов датчиков	75
5.1. Датчики давления	75
5.2. Датчики объемного расхода	77
5.3. Датчики массового расхода	82
5.4. Датчики плотности	84
5.5. Датчики уровня	87
5.6. Датчики температуры	89
5.7. Поточные анализаторы качественных показателей ...	93
5.8. Датчики энергоресурсов	100
5.9. Датчики и измерительные комплексы текущего состояния оборудования	104
5.10. Датчики безопасности	108
6. Исполнительные комплексы	109
6.1. Классификация исполнительных комплексов	109
6.2. Основные типы исполнительных механизмов	111
6.3. Основные типы регулирующих органов	113
6.4. Свойства современных исполнительных комплексов ..	118
III. Средства автоматизации промышленного уровня АСУТП (промышленные контроллеры)	120
7. Виды промышленных контроллеров	121
7.1. Варианты контроллеров по их основным показателям	121
7.2. Варианты контроллеров по их техническому оформлению	124
7.3. Варианты выполнения технических компонентов (модулей) контроллеров	126
7.3.1. Стандарт VMEbus	127
7.3.2. Мезонинные модули	128
7.4. Варианты операционных систем контроллеров	130
7.5. Развитие промышленных контроллеров	131
8. Характеристики промышленных контроллеров	133
8.1. Характеристики центральных процессоров контроллеров	133

8.2. Характеристики операционной системы контроллеров	134
8.3. Характеристики блоков ввода/вывода контроллера	136
8.4. Характеристики открытости контроллеров	138
8.5. Характеристики надежности контроллеров	139
8.6. Характеристики работы контроллеров во внешней среде	141
9. Программное обеспечение промышленных контроллеров	142
9.1. Стандарты среды программирования контроллеров	143
9.1.1. Стандарт МЭК 61131-3	143
9.1.2. Стандарты МЭК 61499 и МЭК 61804	145
9.2. Конкретные реализации среды программирования контроллеров	147
9.2.1. Среда программирования CODESYS	148
9.2.2. Среда программирования ISaGRAF	150
9.3. Библиотека типовых программных модулей контроллера	152
IV. Средства автоматизации информационного уровня АСУТП (SCADA-программы)	154
10. Свойства SCADA программ	156
10.1. Структуры SCADA программ	156
10.2. Функции SCADA-программ	157
10.3. Состав SCADA-программ	159
10.3.1. Особенности инструментальных комплексов SCADA-программ	159
10.3.2. Особенности исполнительских комплексов SCADA-программ	161
10.4. Взаимодействие SCADA-программ с внешними программными средствами	162
10.5. Качество работы SCADA-программ	163
11. Взаимодействия прикладных программных компонентов, используемых SCADA-программой	165
11.1. Технология общения программ — OLE	165
11.2. Компонентная объектная технология COM/DCOM	166
11.3. Компонентная объектная архитектура — CORBA	167
11.4. Взаимодействие программ на базе архитектуры ActiveX	168
11.5. Интерфейс взаимодействия программ в промышленных системах автоматизации — OPC	169
11.6. Язык запросов к реляционным СУБД — SQL	172
11.7. Обмен программ с СУБД на базе драйвера ODBC	173
12. Направления развития SCADA-программ	174

12.1. Развитие SCADA-программы по обслуживанию контроллеров АСУТП	175
12.2. Развитие SCADA-программы по обслуживанию оборудования (ЕАМ)	176
12.3. Развитие SCADA-программы по обслуживанию службы диспетчеризации производства	177
Вторая часть. Особенности построения современных систем автоматизации производственных объектов	179
V. Структуры и функции систем автоматизации разных классов производственных объектов	180
13. Системы контроля и управления рабочими режимами производственных объектов	182
13.1. Системы автоматизации технологических объектов ..	184
13.1.1. Системы автоматизации малых технологических объектов	184
13.1.2. Системы автоматизации технологических агрегатов любого объема	185
13.2. Системы автоматизации производственных хранилищ	186
13.2.1. Системы автоматизации резервуарных парков жидких продуктов	186
13.2.2. Системы автоматизации складов сыпучих материалов	187
13.3. Системы автоматизации узлов поточного смешения компонентов	188
13.3.1. Системы автоматизации узлов поточного смешения жидких продуктов	188
13.3.2. Системы автоматизации узлов поточного смешения сыпучих материалов	189
13.4. Системы автоматизации производственных объектов в составе единой операторной производства	190
14. Системы противоаварийной защиты производственных объектов	192
14.1. Основные показатели систем ПАЗ	193
14.2. Руководящие документы по созданию и эксплуатации систем ПАЗ	195
14.3. Конкретные особенности построения и эксплуатации систем ПАЗ	203
14.3.1. Особенности разработки технического задания на систему ПАЗ	204
14.3.2. Свойства, которые должны быть учтены в проекте на систему ПАЗ	205
14.3.3. Требования, которые должны быть указаны в документации по эксплуатации системы ПАЗ	206

15. Варианты структуры систем автоматизации производственных объектов	207
15.1. Структурные развития отдельных уровней системы автоматизации	208
15.2. Перспективы слияния промышленного и информационного уровней системы автоматизации	210
15.3. Ограниченные варианты структуры системы автоматизации при наличии встроенных в оборудование средств автоматики	211
VI. Защита средств и систем автоматизации от внешних воздействий и кибератак	213
16. Защита аппаратуры автоматизации от различных атмосферных воздействий	215
16.1. Защита аппаратуры при разных климатических условиях ее работы	216
16.2. Защита аппаратуры от влаги и механических частиц	218
16.3. Защита аппаратуры от загрязнений, влияющих на изоляцию	221
17. Защита аппаратуры автоматизации от вредных воздействий промышленной среды	222
17.1. Защита аппаратуры от электромагнитных помех	222
17.2. Защита аппаратуры от взрывоопасной промышленной среды	225
17.3. Защита аппаратуры от химических активных газов в промышленной среде	229
17.4. Защита аппаратуры от внешних механических воздействий: вибраций и ударов	232
18. Защита информации в системах автоматизации	234
18.1. Защита информации от искажений при ее прохождении и обработке в системе автоматизации	236
18.2. Защита информации от помех среды	239
18.3. Защита информации от несанкционированного доступа к средству или системе автоматизации	241
18.3.1. Особенности защиты информации от несанкционированного доступа к АСУ производственных объектов	241
18.3.2. Существующие стандарты защиты информации от несанкционированного доступа к АСУ производственных объектов	244
18.3.3. Основной нормативный документ ФСТЭК по защите информации от несанкционированного доступа к АСУ производственных объектов	246

18.3.4. Другие документы ФСТЭК по защите информации от несанкционированного доступа	251
18.3.5. Рекомендации по применению существующих нормативов по защите информации от несанкционированного доступа при построении и эксплуатации АСУ	259
Третья часть. Рационализация взаимодействия персонала с системой автоматизации в АСУТП	261
VII. Новые способы представления информации операторам ...	262
19. Учет психологических свойств оператора при выборе методов представления ему информации	264
19.1. Рекомендации инженерной психологии по выводу на экран монитора информации	265
19.2. Анализ влияния различных способов представления информации оператору на эффективность его работы	268
20. Развитие способов представления информации оператору .	270
20.1. Стандарты взаимодействия человека с компьютерными системами	270
20.2. Образные способы представления информации оператору	274
21. Система тревожной сигнализации о нарушениях, требующих управляющих реакций оператора	283
21.1. Руководящие документы по организации системы тревожной сигнализации	285
21.2. Приоритетное построение системы тревожной сигнализации	287
VIII. Совершенствование работы персонала с системой автоматизации	291
22. Совершенствование текущего функционирования операторов	292
22.1. Психологическое сопровождение операторов	292
22.2. Ознакомление персонала производственного объекта с внедряемой системой автоматизации	293
22.3. Восприятие операторами текущего хода технологического процесса	295
22.4. Связь числа операторов с уровнем автоматизации производственного объекта	296
23. Административное и организационное сопровождение персонала производственного объекта	297
23.1. Недостатки существующей административной и организационной поддержки персонала	297

23.2. Принципы административного управления производством	299
23.3. Административные меры поддержки персонала АСУТП.....	301
23.3.1. Пересмотр должностных инструкций и нормативов работы персонала.....	301
23.3.2. Мотивация персонала за эффективность управления объектом	302
23.3.3. Влияние заинтересованности руководства предприятия в эффективном использовании АСУТП	304
24. Обучение и тренинг операторов технологических агрегатов	305
24.1. Основы обучения и тренинга операторов	307
24.2. Структура компьютерной тренажерной системы	311
24.3. Особенности выбора компьютерной тренажерной системы	314
24.4. Источники эффективности применения компьютерного тренажера	317
25. Повышение квалификации персонала КИПиА по выбору и обслуживанию средств и систем автоматизации	319
25.1. Организационные аспекты стажировки персонала КИПиА.....	321
25.2. Тематика лекционных занятий по изучению современных средств и систем автоматизации	324
25.3. Тематика практических занятий по изучению современных средств и систем автоматизации.....	328
25.4. Принципиальные положения функционирования центра стажировки	330
Четвертая часть. Перспективные методы автоматизации работы технологического производства	331
IX. Развитие методов контроля и учета.....	332
26. Вычислительные способы учета расходов материальных потоков	335
26.1. Учет расхода материального потока агрегата по балансовому уравнению всех потоков агрегата	336
26.2. Учет расхода материального потока агрегата, заполняющего или опорожняющего хранилище	337
26.3. Учет расходов материальных потоков в транспортной сети продуктопроводов.....	338
26.4. Учет расходов материальных потоков в транспортной сети продуктопроводов с хранилищами	340

26.5. Дублирование оценки учетного значения расхода материального потока различными независимыми способами	341
27. Совершенствование контроля показателей качества продукции	342
27.1. Выбор рациональной частоты проведения лабораторных анализов качественных показателей.....	344
27.2. Повышение точности оценки текущих качественных показателей по их дискретным лабораторным анализам с использованием алгоритмов экстраполяции	352
28. Виртуальные анализаторы показателей качества продукции	358
28.1. Обзор виртуальных анализаторов показателей качества	359
28.2. Виртуальные анализаторы на базе регрессионных уравнений	362
28.3. Виртуальные анализаторы на базе нейросетей	367
X. Развитие методов автоматизированного управления	370
29. Совершенствование систем регулирования	371
29.1. Автоматическая инспекция работы систем ПИД регулирования	371
29.2. Автоматическая настройка ПИД регуляторов	373
29.3. Добавление логических функций в систему ПИД регулирования	374
29.4. Усовершенствованное управление технологическими процессами	376
29.4.1. Принцип работы предикт-контроллера.....	371
29.4.2. Варианты использования предикт-контроллера....	378
29.4.3. Моделирование технологических процессов как основа их оптимального управления.....	383
30. Развитие АСУ технологического производства в рамках концепции «Индустрия 4.0» (Industry 4.0).....	387
30.1. Концепция «Индустрии 4.0»	387
30.2. Развитие АСУ производства в рамках концепции «Индустрия 4.0».....	399
30.3. Развитие информационной платформы MES и ее преобразование в платформу Интернета вещей.....	402
Пятая часть. Особенности управления всеми этапами жизненного цикла АСУТП	405
XI. Методы планирования АСУТП.....	406
31. Прогноз эффективности планируемых разработок АСУТП .	407

31.1. Изменения показателей работы автоматизируемого агрегата, обоснованно пересчитываемые в экономические показатели	409
31.2. Изменения показателей работы автоматизируемого агрегата, которые обоснованно не переводятся в экономические показатели	410
31.3. Метод прогноза оценки дополнительной прибыли от имеющихся «твердых» компонентов эффективности в планируемой системе автоматизации	412
31.4. Оценка общей эффективности внедрения планируемой АСУТП	416
32. Методика разработки концепции рационального развития автоматизации технологических агрегатов	419
32.1. Методика поэтапной разработки концепции автоматизации	420
32.2. Выбор исполнителя работ по созданию концепции развития автоматизации технологических агрегатов	425
33. Формирование технических требований на АСУТП	428
33.1. Основные правила формирования технических требований	429
33.2. Особенности требований к средствам полевого уровня	431
33.3. Особенности требований к программно-техническому комплексу (ПТК)	434
33.4. Особенности требований к проектированию и внедрению АСУТП	436
XII. Реализация и эксплуатация АСУТП	438
34. Методика проведения тендера по выбору АСУТП	439
34.1. Организация тендера	440
34.2. Экспертная оценка предложений	443
34.3. Компьютерная обработка и ранжировка тендерных предложений	452
35. Особенности проектирования, внедрения и эксплуатации АСУТП	461
35.1. Необходимые работы на этапах проектирования и внедрения АСУТП	462
35.1.1. Взаимодействия заказчика и разработчика при создании АСУТП	462
35.1.2. Оценка эффективности, достигнутой при внедрении АСУТП	467
35.2. Необходимый аудит АСУТП на этапе ее промышленной эксплуатации	471

36. Причины недостаточной эффективности автоматизации производства на российских предприятиях технологических отраслей	478
36.1. Типовые недостатки работ по автоматизации производства	478
36.1.1. Недостатки планирования АСУТП	479
36.2. Неверное использование заказчиком термина «Эффективность», искажающее оценку работы АСУ	482
36.3. Недостатки выбора системы автоматизации для АСУ	484
36.4. Недостатки проведения этапов проектирования, опытной и промышленной эксплуатации АСУТП	491
37. Необходимое совершенствование работ по автоматизации технологического производства	484
37.1. Роль руководства предприятия в управлении работами по автоматизации	495
37.2. Роль инжиниринговых фирм в рациональном проведении работ по автоматизации	502
37.3. Роль отечественных организаций в разработке перспективных и конкурентных средств и систем автоматизации	512
Заключение	517
Литература	527