

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Чайковский филиал  
федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**  
Кафедра автоматизации, информационных и инженерных технологий

МП12.8-2021

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРЕДПИСАНИЯ  
по выполнению курсовой работы  
по дисциплине «Технические измерения и приборы»**

по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и  
производств»

**Чайковский, 2021**

Методические предписания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Технические измерения и приборы» / Сост. И.А. Горяева. – Чайковский: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2021. – 55с.

Методические предписания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Технические измерения и приборы» предназначены для студентов очной, очно-заочной и заочной форм обучения, обучающихся по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», и содержат варианты тем индивидуальных заданий, а также рекомендации по их выполнению.

Методические предписания по выполнению курсовой работы призваны оказать методическую помощь студентам в освоении дисциплины.

Методические предписания включают в себя цели и задачи курсового исследования, тематику курсового исследования по вариантам, краткие теоретические материалы, требования к содержанию и оформлению курсовой работы, рекомендуемую литературу и порядок выполнения курсовой работы.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. кафедры АИИТ Иванова Т.Н.

Методические предписания для студентов по выполнению курсовой работы рассмотрены и одобрены на заседании кафедры автоматизации, информационных и инженерных технологий ЧФ ПНИПУ 25.10.2021 г., протокол № 8.

Методические предписания для студентов по выполнению курсовой работы рекомендованы методической комиссией ЧФ ПНИПУ для использования в учебном процессе (протокол № 2 от 28.10.2021 г.)

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	6
2 ТЕМАТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ	7
3 СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	8
4 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЯСНЕНИЯ	9
4.1 Государственная система и приборов (ГСП)	9
4.2 Материалы к курсовой работе	15
5 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	31
5.1 Оформление заголовков структурных элементов и наименований глав и параграфов	32
5.2 Нумерация страниц, глав, параграфов курсовой работы	33
5.3 Оформление перечислений	35
5.4 Оформление иллюстраций	36
5.6 Формулы и уравнения	37
5.7 Оформление ссылок	38
5.8 Оформление списка использованных источников	38
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	42
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – Титульный лист курсовой работы	43
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 – Задание на курсовую работу	44
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 – Применяемый перечень сокращений и обозначений	45
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 – Содержание курсовой работы	47
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 - Классификация ТСА по функциональному назначению в САУ	48
ПРИЛОЖЕНИЕ 6 - Стандарты государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации	49
ПРИЛОЖЕНИЕ 7 – Нормативная база по направлению АСУ	50

## ВВЕДЕНИЕ

Производством измерений человечество занимается с давних времен, еще за четыре тысячелетия до нашей эры древние вавилоняне проводили астрономические измерения. Строительство египетских пирамид было бы невозможным без производства измерений. Развитие науки и производства требовало увеличения количества измерений, повышения их точности, включения в круг измеряемых все новых и новых величин. Исторически развитие измерительной техники неразрывно связано с развитием потребностей общества. Современные условия характеризуются ускоренным развитием науки и промышленного производства, что немыслимо без широчайшего применения самых разнообразных измерений и измерительных устройств.

Под понятием «измерять», с одной стороны, в быту понимают простейшую операцию получения либо численного значения какой-либо величины, либо операцию сравнения: «больше», «меньше», которые без труда выполняются с помощью простых средств. С другой стороны, современные фундаментальные научные исследования требуют проведения сложнейших измерений, постановку и выполнение которых осуществляют целые научные организации, располагающие специалистами высшей квалификации.

Общей для всех измерений является осуществляемая при каждом измерении экспериментальная операция, состоящая в сравнении измеряемой физической величины с одноименной ей величиной, принятой за единицу. Целью такого сравнения является определение количественной оценки измеряемой величины в виде определенного числа принятых для нее единиц. За внешней простотой указанной экспериментальной операции скрываются глубокие философские концепции, связанные с материалистическими представлениями о познаваемости явлений природы.

Основной потребитель измерительной техники – промышленность. Здесь измерительная техника является неотъемлемой частью технологических процессов, так как используется для получения информации о многочисленных режимных параметрах, определяющих ход процессов. На использовании разнообразных и часто сложных измерительных устройств и установок базируется в промышленности контроль качества продукции и сырья.

Среди множества измеряемых технологических параметров большая часть относится к неэлектрическим величинам (температура, давление, уровень, расход, скорость и так далее). При измерении таких величин часто возникают задачи дистанционного измерения, передачи, регистрации и обработки измерительной информации.

Наилучшим образом эти задачи решаются путем преобразования измеряемой неэлектрической величины  $X_{нэ}$  в электрический сигнал  $X_{э}$ , связанный с измеряемой величиной однозначной функциональной зависимостью  $X_{э} = f(X_{нэ})$ . Полученный электрический сигнал измеряется

средствами электрических измерений или может быть передан по линии связи на значительные расстояния.

Получение своевременных и достоверных результатов в процессе измерения технологических параметров обеспечивает не только эффективное протекание технологического процесса, но и безопасность производства. А при современном росте единичной мощности производственных установок этот аспект принимает особое значение.

Таким образом, целью учебной дисциплины «Технические измерения и приборы» является расширение и углубление системы знаний, умений и навыков, необходимых для выбора, внедрения и эксплуатации средств контроля и измерения параметров технологических процессов, в том числе систем автоматизации технологических процессов.

Задачами учебной дисциплины являются:

- изучение методов и средств контроля и измерения параметров технологических процессов, средств преобразования сигналов измерения и коммутаторов;
- формирование умения проектировать измерительные каналы для автоматизации технологических процессов и контроля параметров объектов управления;
- формирование навыков выбора средств контроля и измерений параметров технологических процессов при проектировании средств и систем автоматизации технологических процессов.

Курсовая работа - неотъемлемая часть учебного процесса в высшем учебном заведении.

Курсовая работа является завершающим шагом в освоении данной дисциплины. При выполнении работы у студента есть возможность применить полученные во время занятий знания и заполнить обнаруженные пробелы с помощью самостоятельного изучения темы.

При выполнении курсовой работы студент должен научиться:

- правильно ставить перед собой цели и задачи курсовой работы;
- искать нужные материалы для исследования (литературу);
- систематизировать найденные материалы;
- оформлять отчеты о проделанной работе в соответствии с ГОСТ;
- выступать перед комиссией при защите, быть готовым к дополнительным вопросам по теме.

Задача каждого специалиста - вовремя увидеть проблему, ее причины, самостоятельно принимать решения и находить выход из сложных ситуаций. Выполнение курсовой работы - первый шаг к этому. При выполнении курсовой работы студент учится не только находить и использовать нужную информацию, но и оформлять работу в соответствии с требованиями действующих стандартов.

## 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

В настоящее время чрезвычайно расширяется ассортимент измерительных средств общего и специального назначения (датчиков, приборов и измерительных систем), устройство и применение которых осваивается студентами в курсе «Технические измерения и приборы».

В процессе курсовой работы студент должен:

- развить навыки самостоятельной творческой работы;
- использовать элементы научно-исследовательского подхода при решении инженерных задач.

Выполнение курсовой работы должно способствовать закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых студентами в процессе изучения учебного курса: знаний принципа действия; устройства основных узлов и приборов в целом; особенности характеристик и прикладные вопросы используемых измерительных устройств; общие соображения по выбору конкретных средств измерения, имея в виду их особенности, качество, возможность сочетания и обслуживания с другими устройствами для измерений и автоматизации; эксплуатационные характеристики при использовании средств измерения; правила приемки и поверки средств измерения. Кроме того, в процессе работы усваиваются навыки применения этих знаний к комплексным разработкам конкретных инженерных проблем, подготавливая тем самым студентов к выполнению дипломного проектирования и к текущей самостоятельной работе на производстве. Все это преследует цель - развитие способностей к самостоятельному инженерному творчеству.

Наряду с этим выполнение курсовой работы должно научить студентов пользоваться всякого рода справочной литературой, каталогами и типовыми проектными разработками отечественных и зарубежных фирм.

В ходе выполнения курсовой работы студентам необходимо освоить практику проведения расчетов, применяемых для конкретных средств измерения, при оценке погрешностей результатов измерений в реальных условиях эксплуатации, а также научиться технически грамотно составлять пояснительные документы (записки), включая составление спецификации по контрольно-измерительной аппаратуре при разработке принципиальных схем технологического контроля, измерения и автоматизации для рассматриваемого технологического процесса и обоснование выбора конкретных элементов и комплектов измерительной техники для систем контроля и управления.

Кульминацией курсовой работы является защита, особая подготовка к которой требуется даже в случае полного самостоятельного выполнения курсовой работы. Защита проходит, как правило, либо в виде презентации своей работы комиссии, либо в виде ответов на вопросы преподавателя.

## 2 ТЕМАТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Так как от правильного определения тематики курсовых работ зависят научность, современность и реальность разрабатываемых технических решений, то ее выбору должно уделяться большое внимание. Последнее тем более справедливо, что задание на курсовую работу обязательно должно быть индивидуальным и согласованно с интересами, способностями и направлением работы каждого студента без снижения требований.

Тем не менее, исходя, из целей дисциплины «Технические измерения и приборы» для направления подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» общим в процессе курсового исследования должна быть заложена разработка измерительного канала автоматизированной системы управления технологического процесса и производства.

Измерительный канал - это совокупность технических средств измерительной системы, которая выполняет законченную функцию от восприятия измеряемой величины до получения результата измерения, выраженного числом или соответствующим ему кодом.

Рекомендуемые темы курсовой работы следующие:

1. Разработка измерительного канала абсолютного давления.
2. Разработка измерительного канала температуры жидкости.
3. Разработка измерительного канала уровня нефтепродуктов.
4. Разработка измерительного канала расхода жидкости.
5. Разработка измерительного канала избыточного давления.
6. Разработка измерительного канала температуры газа.
7. Разработка измерительного канала расхода нефтепродуктов.
8. Разработка измерительного канала гидростатического давления.
9. Разработка измерительного канала температуры сыпучих материалов.
10. Разработка измерительного канала расхода газа.
11. Разработка измерительного канала уровня жидкости.
12. Разработка измерительного канала вакууметрического давления.
13. Разработка измерительного канала температуры твердых тел.
14. Разработка измерительного канала расхода загрязненной жидкости.
15. Разработка измерительного канала уровня сыпучих материалов.
16. Разработка измерительного канала количественного состава смеси газов.
17. Разработка измерительного канала качественного состава смеси газов.
18. Разработка измерительного канала объемного расхода воздуха.
19. Разработка измерительного канала температуры и влажности.
20. Разработка измерительного канала теплового излучения.

### 3 СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа состоит из пояснительной записки и приложений к ней.

Пояснительная записка содержит:

- титульный лист (Приложение 1);
- индивидуальное задание на курсовую работу, подписанное руководителем курсовой работы и студентом, выполняющим курсовую работу (Приложение 2);
- перечень условных сокращений и обозначений (Приложение 3);
- содержание (Приложение 4);
- описание физической сущности измеряемого параметра, которое содержит методы и способы измерения;
- структурное моделирование измерительного канала, которое содержит принципиальную схему и описание входящих измерительных устройств;
- разработку схемы автоматизации измерительного канала с описанием функциональных действий каждого из средств измерения;
- выбор комплекса технических средств измерительного канала технологического параметра с визуальным представлением средств измерения, его модели, характеристик, принципа действия, область и особенностей применения, и тому подобное;
- выбор передаточных функций элементов измерительного канала, то есть характеристик средств измерения, которые зависят только от его (собственных) параметров;
- анализ характеристик отдельных звеньев измерительного канала;
- библиографический список;
- заключение.

Пояснительная записка должна быть напечатана и изложена технически грамотно, четко и сжато. Решения, приводимые в ней, должны иметь обоснования путем сравнения имеющихся и возможных вариантов и выбором лучших из них под углом зрения метрологического обеспечения систем контроля, измерения и управления, унификации, простоты, дешевизны, а также удобства эксплуатации, ремонта и обеспечения техники безопасности в работе.

Расчеты должны сопровождаться необходимыми схемами, графиками и эскизами. Располагать расчеты в записке следует в той последовательности, в которой они выполнялись. Все расчетные формулы, приведенные в записке, следует вначале написать в буквенном выражении, а затем в том же порядке, в каком даны буквы, в формулы подставить их численные значения и полученные результаты. Входящие в формулы буквенные обозначения, за исключением общепринятых, должны иметь пояснения. Во всех расчетах должна применяться Международная система единиц. Приводимые расчеты должны быть обоснованы ссылкой на соответствующую литературу и источники, список которых помещается в конце пояснительной записки.



## 4 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЯСНЕНИЯ

### 4.1 Государственная система и приборов (ГСП)

**Государственная система промышленных приборов** и средств автоматизации (система ГСП) представляет собой эксплуатационно, информационно, энергетически, метрологически и конструктивно организованную совокупность средств измерений, средств автоматизации, средств управляющей вычислительной техники, а также программных средств, предназначенных для построения автоматических и автоматизированных систем измерения, контроля, регулирования, диагностики и управления

Система ГСП сформировалась в начале 60-х годов прошлого века и ее основная идея состояла в обеспечении потребностей самых различных отраслей промышленности в технических средствах измерения и управления любой сложности на базе достаточно ограниченной номенклатуры унифицированных стандартных элементов. К концу 90-х годов прошлого века перечень технических средств ГСП насчитывал свыше 20 тысяч видов изделий, большую часть которых составляли средства измерений, включая измерительные (первичные) и вторичные преобразователи, вторичные измерительные приборы, измерительные установки и информационно-измерительные системы, а также средства сбора и обработки информации. нормированные источники питания, различные вспомогательные устройства.

До настоящего времени на многих предприятиях РФ значительную часть средств измерений составляет оборудование, которое были выпущено до 1990 г. и которое входит в «классическую» номенклатуру средств ГСП. Эти технические средства разрабатывались в основном в 60-х -70-х годах прошлого века и естественно не отвечают современным требованиям к методам измерений и метрологическому обеспечению производств, возможностям компьютерных и информационных технологий. Тем не менее, несмотря на существенный физический и моральный износ они продолжают широко использоваться в самых различных, в т.ч. металлургических, производствах. Объясняется это прежде всего простой, высокой надежностью и неприхотливостью к условиям эксплуатации технических средств системы ГСП. Некоторые наиболее удачные модели прошли глубокую модернизацию и полностью отвечают современным требованиям при сохранении указанных выше достоинств.

Принципы, на которых построена система ГСП, лежат в основе линейки приборных средств, выпускаемых любой достаточно крупной фирмой. Но за рубежом на государственном уровне стандартизованы только основные метрологические показатели и показатели надежности, базовые конструктивные характеристики и протоколы информационного обмена. Такой всеобъемлющей унификации и стандартизации, которую предполагала система ГСП, эти стандарты не имеют.

Основные принципы, на которых строится система ГСП состоят в

следующем:

- выделение устройств по функциональным признакам,
- минимизация номенклатуры изделий,
- блочно-модульное построение технических средств,
- агрегатное построение систем управления и измерительных комплексов,
- совместимость приборов и устройств.

Система ГСП объединяет в едином стандарте все элементы промышленной автоматики, то есть измерители, преобразователи, исполнительные устройства, регуляторы, устройства связи и обработки информации. Организационно-технически она построена на унифицированных элементах, модулях и блоках, допускающих информационное, энергетическое и конструктивное сопряжение в агрегатных комплексах и автоматизированных системах управления. Требования к техническим средствам, входящим в структуру ГСП, определяет ГОСТ 26.207-83. Унификация средств ГСП повышает технологичность изделий в производстве, упрощает их комплектацию, монтаж, наладку и эксплуатацию.

Устройства ГСП, предназначенные для решения определенных типовых измерительных задач и задач управления, объединяются в агрегатные комплексы. Всего к началу 90-х годов было разработано и выпускалось более 20 таких комплексов. Среди них агрегатные комплексы средств измерительной техники (АСЭТ), вычислительной техники (АСВТ), контроля и регулирования (АСКР), хронометрической техники (АСХТ), испытаний на прочность (АСИИП) и др. Изделия, входящие в агрегатный комплекс, должны легко сопрягаться друг с другом без необходимости разработки каких-либо дополнительных устройств, не оказывать заметного взаимного влияния, иметь одинаковые условия эксплуатации. Для этого они должны обладать так называемой совместимостью.

Различают несколько видов совместимости изделий ГСП:

- энергетическую,
- метрологическую,
- конструктивную,
- эксплуатационную,
- информационную.

Энергетическая совместимость предполагает выбор одного рода энергии носителя сигналов в измерительных и управляющих устройствах.

В зависимости от вида энергии питания, входных и выходных сигналов ГСП разделяют на три ветви:

- электрическая (наиболее распространенная);
- пневматическая ветвь, в которой для преобразования и передачи информации используется энергия сжатого газа (воздуха), применяется в пожаро- и взрывоопасных производствах.
- гидравлическая ветвь в измерительной технике практически не используется, но применяется в средствах управления быстродействующими инерционными устройствами.

Метрологическая совместимость обеспечивает сопоставимость метрологических характеристики измерительных средств, их сохранность во времени и под действием влияющих факторов, а также возможность расчетного определения метрологических характеристики всего измерительного тракта агрегатного комплекса по метрологическим характеристикам его отдельных функциональных узлов. При этом метрологические характеристики агрегатных средств нормируются по единому закону, а параметры входных и выходных сигналов согласуются так, чтобы сопряжение агрегатных средств не сопровождалось заметными дополнительными погрешностями.

Эксплуатационная совместимость достигается согласованностью характеристики, определяющих действие внешних факторов на измерительные средства в рабочих условиях, а также характеристики надежности и стабильности функционирования. Для этого все средства ГСП делятся на группы по использованию в зависимости от условий окружающей среды, климатических и механических воздействий и так далее. Эксплуатационная совместимость создает возможность компоновки системы с заданными значениями параметров надежности и рабочими условиями эксплуатации.

Конструктивная совместимость обеспечивает согласованность конструктивных параметров и механическое сопряжение средств ГСП, согласованность эстетических требований. Достигается это использованием унифицированной структуры модулей и блоков, применением нормированных по форме и размерам монтажных плат, кассет, каркасов, панелей, шкафов, щитов и пультов, а также базовых конструкций оснований и узлов, из которых komponуются агрегаты, путем нормированных единых форм элементов конструкций, нормированных единых установочных и присоединительных размеров, соблюдения единого стиля оформления.

Информационная совместимость средств ГСП обеспечивает согласование входных и выходных сигналов по виду, диапазону изменения, порядку обмена сигналами.

Информационная совместимость определяется унификацией измерительных сигналов и применением стандартных интерфейсов.

Унификация измерительных сигналов означает, что их параметры должны отвечать требованиям стандарта на эти сигналы (таблица 1).

Таблица 1 - Основные виды унифицированных входных сигналов ГСП

Вид сигнала	Физическая величина	Параметры сигнала
Электрический	*Постоянный ток	<b>0-5, 0-20, -5-0-5, 4-20 мА</b>
	*Постоянное напряжение	<b>0-10, 0-20 –10-0-10 мВ; 0-10, 0-1 –1-0-1 В</b>
	Переменное напряжение	0-2, -1-0-1 В
	Частота	2-8, 2-4 кГц
	Давление	0,2-1 кгс/см <sup>2</sup>
Пневматический	»	0,1-6,4 МПа
Гидравлический		

\*Примечание: жирным шрифтом выделены предпочтительные параметры

унифицированного сигнала, соответствующие международным нормам.

Под интерфейсом понимаются электрические, логические и конструктивные условия, которые определяют требования к соединяемым функциональным узлам и связям между ними. Электрические условия определяют требования к параметрам сигналов и способу их передачи, логические – номенклатуру сигналов, пространственные и временные соотношения между ними, конструктивные – конструктивные требования к элементам интерфейса (тип разъемов, место их расположения, порядок распайки контактов и тому подобное).

Международным стандартом передачи аналоговых электрических сигналов, которому должны соответствовать все современные аналоговые измерительные приборы, сегодня является «токовая петля» - 4-20 мА. Перед другими стандартами электрических сигналов, указанных в таблице 1, этот стандарт имеет два основных преимущества:

- возможность контроля разрыва цепи передачи данных - в случае разрыва выходной сигнал становится равным «0»;
- более высокая помехозащищенность.

В настоящее время любое средство измерений считается включенным в систему ГСП, если оно прошло сертификацию и внесено в Государственный реестр средств измерений и контроля. В свою очередь, современные требования к сертификации измерительного оборудования и внесению его в Госреестр определяются практически полностью образом международными стандартами – стандартами ISO, стандартами МЭК (международной энергетической комиссии - IEC), IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) и другими. Эти стандарты не предполагают столь глубокой и всеобъемлющей унификации, как система ГСП, а главным образом формулируют требования к стандартам информационного обмена, габаритным и присоединительным размерам, защите от окружающей среды и безопасности.

Можно сказать, что сейчас система ГСП в своем первоначальном виде практически не существует, хотя при этом успешно эксплуатируются и развиваются многие средства измерений, созданные в свое время в рамках системы ГСП.

Основное место среди средства измерений системы ГСП занимают средства измерений электрической ветви. Эти средства можно разделить на несколько основных групп, которые разделяются по назначению, виду измеряемой величины, диапазону измерений, классу точности, условиям эксплуатации, присоединительным размерам и тому подобное. Наиболее широко представлены следующие измерительные средства системы ГСП:

1. Первичные измерительные преобразователи, то есть датчики физических величин – температуры, давления, расхода и так далее – наиболее массовый тип приборов системы ГСП.
2. Измерительные преобразователи для измерения унифицированных сигналов

3. Измерительные преобразователи с унифицированным выходным сигналом

4. Измерительные преобразователи сравнения.



Современные приборы системы ГСП – преобразователи расхода (а), давления и уровня (б), температуры (в), тока (г), автоматический самопишущий потенциометр (д).

Рисунок 4.1 – Современные приборы системы ГСП

В системе ГСП широко представлены разнообразные регистрирующие самопишущие приборы, которые разделяются на самописцы прямого действия, самописцы для измерения унифицированных сигналов и самописцы с блоками преобразователей сравнения - автоматические мосты и автоматические потенциометры.

Самопишущие приборы могут иметь встроенные или сменные функциональные блоки – входные нормирующие и масштабирующие усилители, фильтры верхних и нижних частот, линеаризующие и логарифмические усилители. Например, электронные самописцы серий Н-339, Н-231 со сменными функциональными блоками или ДИСК-2 с блоком извлечения квадратного корня. Самопишущие регистрирующие приборы различают также по типу записи - ленточные, круговые, двухкоординатные, одноточечные и многоточечные.

Наиболее распространенными среди регистрирующих самопишущих приборов системы ГСП являются приборы серий:

- КП - показывающие с плоской шкалой;
- КВ - показывающие с вращающейся шкалой;
- КС - с записью на ленточной диаграмме.

Среди этих приборов находятся:

- приборы для измерения унифицированных сигналов КСУ, КВУ, КПУ;
- самопишущие электронные уравновешенные мосты серий КПП, КСП, КВП, ЭПП, ЭПС;

- самопишущие электронные потенциометры серий КПМ, КСМ, КВМ, МФС, МФП;

- приборы с логотрической измерительной схемой КСЛ, КВЛ, КПЛ.

Для приборов серий КС, КВ, КП принята следующая система обозначений:

1. Трехбуквенный код, которым определяется тип прибора, цифры определяющей рабочее поле ленты самописца и набора не менее 3-х цифр, которыми определяется порядковый номер разработки, типоразмер, диапазон измерений, тип и величину выходного сигнала, тип датчика, климатическое исполнение, другие технические параметры

Пример: КСП Х –УУУ....

Х = 1,2,3,4 – определяет размер шкалы и ширину поля записи (1 – миниатюрные (100 мм), 2 – малогабаритные (160 мм), 4 – нормальногабаритные (250 мм).

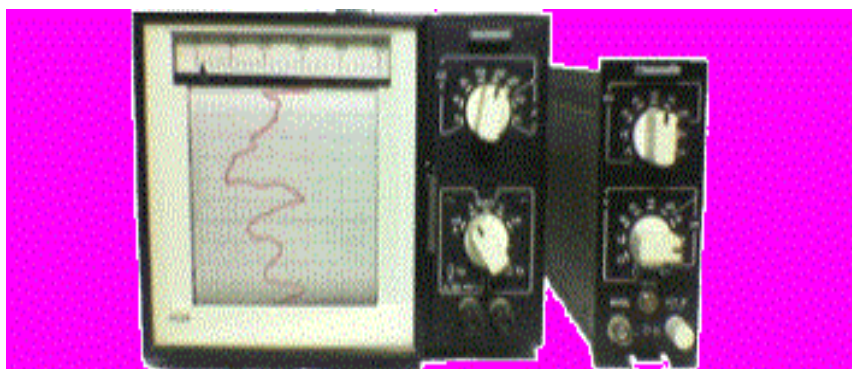


Рисунок 4.2 – Самопишущий прибор Н-3092 со сменными функциональными блоками

2. Средства измерения пневматической ветви, которые используются для измерения давления, расхода, уровня жидкости и газа, а также для измерения усилий и других величин, прежде всего перемещений, которые могут быть преобразованы в пневматический сигнал. Как правило они предназначаются для работы в особых условиях – на пожаро- и взрывоопасных производствах, в специальных производствах, где дополнительно требуется исключить влияние электростатики, электромагнитные шумы и помехи. Пневматические измерительные приборы являются приборами прямого действия или работают совместно с механическими преобразователями. Прежде всего, это различные манометрические преобразователи (измерители давления), измерители расхода постоянного перепада давления (ротаметры) и обычно используются в качестве:

- автономных средств контроля, сигнализации и блокировки;
- элементов замкнутых пневматических системах автоматического управления:
- подсистем средств автоматизации, снабженных пневмоэлектрическими преобразователями, которые преобразуют пневматический сигнал в электрический.

В состав пневматической ветви входят также самописцы прямого



действия, в которых привод измерительного механизма и пишущего устройства осуществляется непосредственно за счет энергии пневмосигнала.

В некоторых случаях и привод перемещения диаграммной ленты также является пневматическим или гидравлическим устройством.



Рисунок 4.3 - Измерительные приборы пневматической ветки

Пневматические и гидравлические самопишущие приборы регистрируют соответственно сигналы пневматических и гидравлических датчиков физических величин. Они рассчитаны на работу с унифицированными аналоговыми пневмосигналами в пределах от 20 до 100 кПа и позволяют проводить измерения с погрешностью не более 1%.

К основным недостаткам подобных приборов, как и любых измерительных пневмосистем, относятся необходимость наличия очищенного сжатого воздуха и чувствительность к изменениям температуры окружающей среды.

## 4.2 Материалы к курсовой работе

Промышленное производство обычно подразделяется на ряд технологических процессов. Технологический процесс – совокупность механических, физико-химических и других процессов целенаправленной переработки сырья и полуфабрикатов. Каждый технологический процесс характеризуется определенными **технологическими параметрами**, которые могут изменяться во времени. В машиностроении и энергетике такими параметрами являются расход материальных и энергетических потоков, химический состав, температура, давление, уровень веществ в технологических аппаратах и другие. Совокупность технологических параметров, полностью характеризующих данный технологический процесс, называется технологическим режимом.

Контроль в производственных процессах необходим для управления ими. На самом деле, если мы не знаем, в каком направлении протекает

процесс, контроль изменения параметров технологического режима позволяет предвидеть отклонения в ходе процесса, а, следовательно, и отклонения в качестве и количестве получаемых продуктов. Обычно для каждого производственного процесса существует определенная совокупность значений параметров, называемая нормальным технологическим режимом, при котором количество и качество получаемых продуктов из соответствующего количества сырья почти неизменны.

Отклонение параметров от их значений при нормальном технологическом режиме приводят к ухудшению результатов производственного процесса. Чтобы тем или иным способом привести его к нормальному технологическому режиму, необходимо ручное или автоматическое воздействие на органы управления. Соответствие режима процесса нормальному технологическому режиму определяется контролем. Для контроля хода процесса применяют автоматические приборы. При этом сам контроль называется автоматическим. Автоматический контроль производства является составной частью автоматизации производственных процессов.

Для выполнения функций контроля служат системы автоматического контроля, представляющие собой совокупность различных приборов и устройств.

Система автоматического контроля состоит из объекта контроля и различных устройств, выполняющих функции измерения. Под объектом контроля понимают агрегат или процесс, в котором измеряют одну или несколько величин.

В большинстве случаев система автоматического контроля одной величины включает четыре элемента: объект, чувствительный элемент, линию связи и измерительное устройство. Чувствительный элемент устанавливают непосредственно в объекте контроля, он воспринимает величину контролируемого (измеряемого) параметра и преобразует ее в соответствующий сигнал, поступающий по линии связи к измерительному устройству.

Системы автоматического контроля подразделяются на местные, дистанционные.

Системы контроля, в которых измерительные устройства расположены вблизи объекта (места установки чувствительного элемента), называются местными.

Приборы с дистанционной передачей используют в измерительных системах, состоящих из следующих основных частей:

- первичного прибора - преобразователя (датчика), который воспринимает посредством чувствительного элемента изменения измеряемой величины, преобразует ее в выходной сигнал и передает последний на расстояние;

- вторичного прибора, который воспринимает посредством измерительного устройства выходные сигналы, передаваемые преобразователем, и преобразует их в перемещения указателя относительно



шкалы. Вторичные приборы могут быть показывающими, регистрирующими, сигнализирующими и регулирующими;

- линий связи (пневматических, гидравлических или электрических).

По виду показаний измерительные приборы делятся на аналоговые (непрерывные) и цифровые (дискретные).

По измеряемым физико-химическим параметрам приборы выпускают для измерения температуры, давления и разрежения, расхода и количества, концентрации растворов, уровня, влажности и плотности газов, электрических величин и определения состава (анализа) газов и жидкостей.

В зависимости от вида используемой энергии дистанционные системы подразделяются на пневматические, электрические и гидравлические.

**Метод измерения** – приём или совокупность приёмов сравнения измеряемой физической величины с её единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.

Метод измерения обычно обусловлен устройством средства измерения.

Подобно классификации видов измерений, существует несколько способов классификации методов измерений.

1. Классификация по принципу сравнения (измерения) величины.

По принципу сравнения неизвестного размера физической величины с единицей её измерения различают органолептический и инструментальный методы измерений.

Органолептический метод измерений – метод измерений, при осуществлении которого в качестве средств измерений используются органы чувств человека (обоняние, осязание, слух, зрение).

Органолептические измерения могут быть выполнены по любой измерительной шкале (порядка, интервалов, отношений и др.). Однако, их точность зависит от личных качеств и опыта экспериментатора. Поэтому результат любого органолептического измерения содержит субъективную погрешность. Это недостаток органолептических измерений.

Достоинствами органолептических измерений являются: простота, дешевизна (не нужны дорогие приборы), возможность измерять нефизические величины (красота, вкус, мастерство).

Инструментальный метод измерений – метод измерений, при осуществлении которого в качестве средств измерений используются специальные технические средства с известными метрологическими характеристиками.

Главным достоинством инструментального метода является его объективность, так как результаты измерений практически не зависят от экспериментатора (а при цифровых или автоматических приборах – не зависят вообще). К достоинствам относятся также их высокая точность и меньшая зависимость от квалификации экспериментатора, по сравнению с органолептическими измерениями.

Недостатками инструментальных измерений является высокая стоимость, сложность и непригодность для измерения нефизических величин.

## 2. Классификация по приёмам, заложенным в основу измерений.

По приёмам, заложенным в основу измерения, различают: метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой.

Метод непосредственной оценки – метод измерений, при котором значение величины определяют непосредственно по показывающему средству измерений. Этот метод наиболее простой, но точность его невелика. При реализации метода непосредственной оценки информация о размере единицы физической величины уже заложена в конструкцию средства измерения (при градуировке шкалы, например). Примером этого метода может служить измерение массы пружинными весами.

Метод сравнения с мерой – метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. В этом определении под мерой понимают средство измерения, предназначенное для хранения и воспроизведения заданного размера физической величины.

Методы сравнения с мерой, как правило, сложнее в реализации, но позволяют получать большую точность измерений. Существует несколько разновидностей метода сравнения с мерой.

Нулевой метод измерений – метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор сравнения доводят до нуля.

Нулевым методом измеряют, например, массу на аптекарских весах, электрическое сопротивление на уравновешенной мостовой схеме. Он является наиболее точным методом измерений, в особенности при электрических измерениях, поскольку в момент измерения ток через измерительный прибор не проходит ( $I = 0$ ), и средство измерения не потребляет энергии, следовательно, не вносит погрешность.

Дифференциальный метод измерений – метод измерений, при котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, и при котором измеряется разность между этими двумя величинами. Точность дифференциального метода возрастает с уменьшением разности между сравниваемыми величинами (неизвестной и известной). Примером может служить измерение массы на магазинных весах.

Недостатком дифференциального метода является малая, по сравнению с нулевым, точность; достоинством – большая, по сравнению с нулевым, производительность.

Метод измерений замещением – метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины. Примерами метода измерений замещением могут служить: взвешивание по методу Борда – с поочерёдным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашу весов, а также компенсационный метод измерения электрических сопротивлений. Метод измерения замещением позволяет скомпенсировать действие влияющих факторов, поэтому его точность приближается к точности нулевого метода измерений.

Метод измерений дополнением – метод сравнения с мерой, в котором значение измеряемой величины дополняется мерой этой же величины с таким расчётом, чтобы на прибор сравнения воздействовала их сумма, равная заранее заданному значению. Примером метода измерения дополнением может служить измерение больших токов амперметрами, рассчитанными на малые токи, с включением шунтов. Ещё одним примером может быть измерение малых длин микрометром с диапазоном измерения 25...50 мм, с использованием добавочной плоскопараллельной концевой меры длины.

### 3. Классификация по взаимодействию объекта и средства измерений.

В зависимости от характера взаимодействия средства измерения с объектом измерений, различают контактный и бесконтактный методы измерений.

Контактный метод измерений – метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерений. Примерами контактного метода измерения может служить измерение температуры тела термометром или измерение шероховатости поверхности детали щуповым профилометром. Контактный метод измерения прост в реализации, но его результаты могут оказаться недостоверными, т.к. объект измерения в точке контакта со средством измерения может значительно изменить свои свойства (попробуйте измерить градусником температуру снежинки!).

Бесконтактный метод измерений – метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент средства измерений не приводится в контакт с объектом измерений. Примерами бесконтактного метода могут служить:

- измерение температуры в доменной печи пирометром;
- измерение шероховатости поверхности детали оптическим профилометром.

Бесконтактный метод измерения более сложен, но его результаты достовернее, поскольку средство измерения практически не оказывает влияния на объект измерения.

Перечисленные методы измерений стандартизованы; их классификация соответствует РМГ 29. Вместе с тем, могут быть и другие, не стандартизированные способы классификации методов измерений, однако РМГ 29 их использовать не рекомендует.

**Моделирование** - исследование объектов познания на их моделях; построение и изучение моделей реально существующих объектов, процессов или явлений с целью получения объяснений этих явлений, а также для предсказания явлений, интересующих исследователя.

**Структурное моделирование** непосредственно связано с математическим, имитационным и статистическим моделированием:

- при создании экономического объекта, расчете структурных характеристик;
- при моделировании работы системы при фиксированном факторе;
- при моделировании во временном периоде работы системы –

многократное продвижение математических моделей по оси времени при изменении значения факторов внутренних и внешних.

Исходя из вышесказанного о возможных направлениях моделирования, можно их свести к двум основным направлениям моделирования:

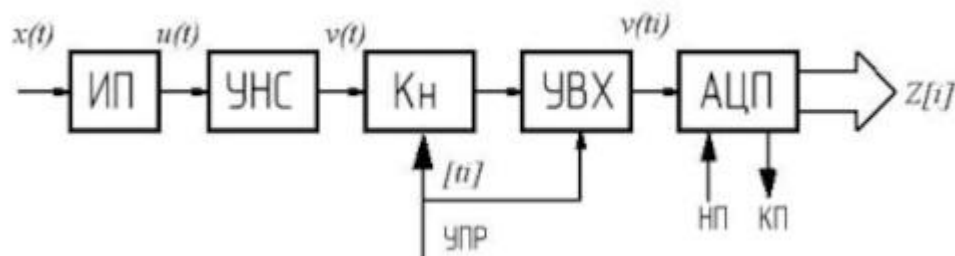
- структурное моделирование;
- функциональное моделирование.

Назначение структурного моделирования: построение и модификация организационных структур экономических и других систем и оптимизация структурных связей.

Структурное моделирование или моделирование структурными уравнениями (structural equation modeling) можно кратко определить как совокупность методов многомерного анализа, позволяющих изучать взаимосвязи между наблюдаемыми и ненаблюдаемыми явлениями (переменными).

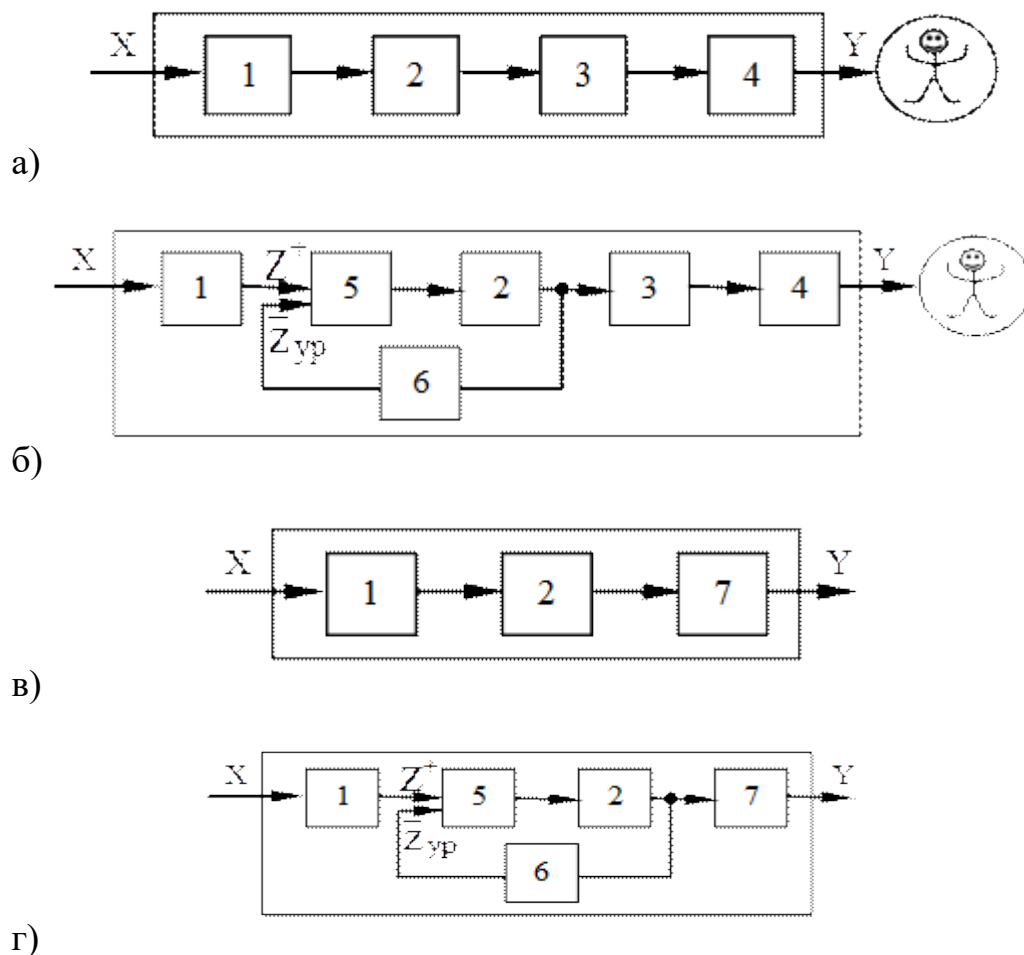
Структурное моделирование – это моделирование организационной структуры систем и подсистем, таких как: информационные, организационные, функциональные, стартовые, управляющие, то есть моделирование состава и связей между элементами системы.

Правильная организация структуры всех подсистем определяет оптимальное функционирование всей системы, в целом. При этом, структура каждой подсистемы может меняться в зависимости от внутренних и внешних факторов.



- $x(t)$  – физическая величина;
- ИП – измерительный преобразователь;
- $u(t)$  – выходной сигнал СИ;
- УНС – устройство нормирования сигнала;
- Кн – ключевой элемент;
- $v(t)$  – нормированный сигнал;
- УВХ – устройство выборки хранения;
- АЦП – аналогово-цифровой преобразователь;
- $Z[i]$  – цифровой код.

Рисунок 4.4 – Структурная схема измерительного канала



1 – чувствительный элемент, 2, 5, 6, 7 – преобразовательные элементы, 3 – измерительное устройство, 4 – показывающее устройство

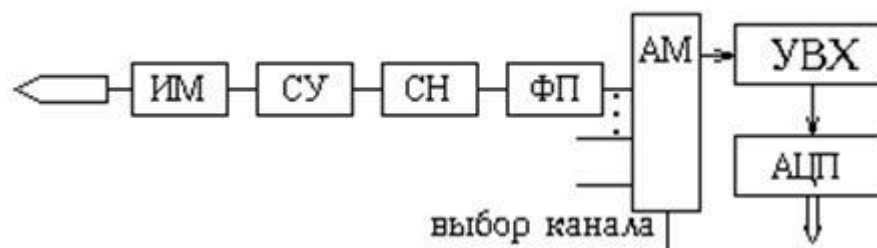
Рисунок 4.5 - Структурные схемы средств измерений: а – измерительного прибора прямого действия, б – измерительного прибора сравнения, в – измерительного преобразователя прямого действия, г – измерительного преобразователя сравнения

Функциональное моделирование - это процесс моделирования функций выполняемых рассматриваемой системой или объектом, путем создания описательного структурированного графического изображения, показывающего что, как и кем делается в рамках функционирования объекта и объектов, связывающих эти функции, с учетом имеющейся информации.

Целью создания функциональной модели процесса является точная спецификация всех функций, осуществляемых в рамках процесса более высокого уровня иерархии, а также характера взаимосвязей между ними.

Будучи построенной, такая модель способна обеспечить полное представление, как о функционировании обследуемого процесса, так и обо всех имеющих в нем место потоках информации и материалов.

Функциональная модель позволяет четко определить распределение ресурсов между операциями делового процесса, что дает возможность оценить эффективность их использования.



ИМ – измерительный мост;  
 СУ – операционные (системные) усилители;  
 СН – нормализация сигнала;  
 ФП – функциональный преобразователь;  
 АМ – аналоговый мультиплексор;  
 УВХ – устройство выборки хранения;  
 АЦП – аналогово-цифровой преобразователь.

Рисунок 4.6 - Функциональные звенья измерительного канала

**Принципиальная схема** (принципиальная электрическая схема) - графическое изображение (модель), служащее для передачи с помощью условных графических и буквенно-цифровых обозначений (пиктограмм) связей между элементами электрического устройства.

Принципиальная схема, в отличие от разводки печатной платы не показывает взаимного (физического) расположения элементов, а лишь указывает на то, какие выводы реальных элементов (например, микросхем) с какими соединяются. При этом допускается объединение группы линий связи в шины, но необходимо четко указывать номера линий, входящих в шину и выходящих из неё. Использование направленных линий связи, в отличие от структурной и функциональной схем, не допускается.

В ГОСТ 2.701-2008 принципиальная схема определяется как «схема, определяющая полный состав элементов и связей между ними и, как правило, дающая детальное представление о принципах работы изделия».

**Средство измерений** - это техническое средство, предназначенное для измерений (определение по 102-ФЗ от 26.06.2008г.).

**Средство измерений** – это техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени (определение по РМГ 29-99).

Классификация средств измерений по направлениям представлена ниже.

1. По техническому назначению:

- мера физической величины – средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в

установленных единицах и известны с необходимой точностью;

- измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне;

- измерительный преобразователь – техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи;

- измерительная установка (измерительная машина) – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких физических величин и расположенная в одном месте;

- измерительная система – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта и т.п. с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях;

- измерительно-вычислительный комплекс – функционально объединенная совокупность средств измерений, ЭВМ и вспомогательных устройств, предназначенная для выполнения в составе измерительной системы конкретной измерительной задачи.

2. По степени автоматизации:

- автоматические;
- автоматизированные;
- ручные.

3. По стандартизации средств измерений:

- стандартизированные;
- не стандартизированные.

4. По положению в поверочной схеме:

- эталоны;
- рабочие средства измерений.

5. По значимости измеряемой физической величины:

- основные средства измерений той физической величины, значение которой необходимо получить в соответствии с измерительной задачей;

- вспомогательные средства измерений той физической величины, влияние которой на основное средство измерений или объект измерений необходимо учитывать для получения результатов измерений требуемой точности.

Преобразование дифференциальных уравнений по Лапласу дает возможность ввести удобное понятие **передаточной функции**, характеризующей динамические свойства системы.

Передаточной функцией называется отношение изображения

выходного воздействия  $Y(p)$  к изображению входного  $X(p)$  при нулевых начальных условиях.

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)}, \quad (1)$$

Передачная функция является дробно-рациональной функцией комплексной переменной:

$$W(p) = \frac{B(p)}{A(p)} = \frac{b_0 + b_1 p + b_2 p^2 + \dots + b_m p^m}{a_0 + a_1 p + a_2 p^2 + \dots + a_n p^n}, \quad (2)$$

где:

$$B(p) = b_0 + b_1 p + b_2 p^2 + \dots + b_m p^m - \text{полином числителя,}$$

$$A(p) = a_0 + a_1 p + a_2 p^2 + \dots + a_n p^n - \text{полином знаменателя.}$$

Передачная функция имеет порядок, который определяется порядком полинома знаменателя ( $n$ ).

Из формулы (2) следует, что изображение выходного сигнала можно найти как

$$Y(p) = W(p) * X(p), \quad (3)$$

Так как передачная функция системы полностью определяет ее динамические свойства, то первоначальная задача расчета системы автоматического регулирования сводится к определению ее передачной функции. При расчете настроек регуляторов широко используются достаточно простые динамические модели промышленных объектов управления. В частности, использование моделей инерционных звеньев первого или второго порядка с запаздыванием для расчета настроек регуляторов обеспечивает в большинстве случаев качественную работу реальной системы управления. В зависимости от вида переходной характеристики (кривой разгона) задаются чаще всего одним из трех видов передачной функции объекта управления:

В виде передачной функции инерционного звена первого порядка:

$$W_0(p) = \frac{K e^{-\tau p}}{T p + 1}, \quad (4)$$

где:  $K$  - коэффициент усиления,

$T$  - постоянная времени,

$\tau$  - запаздывание, которые должны быть определены в окрестности номинального режима работы объекта.

1. Для объекта управления без самовыравнивания передачная функция имеет вид:



$$W_0(p) = \frac{K e^{-\tau p}}{P}, \quad (5)$$

2. Более точное описание динамики объекта описывает модель второго порядка с запаздыванием:

$$W_0(p) = \frac{K e^{-\tau p}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}, \quad (6)$$

Отдельные виды и типы средств измерений обладают своими специфическими свойствами. Вместе с тем средства измерений имеют некоторые общие свойства, которые позволяют сопоставлять средства между собой.

Различают статические и динамические свойства средства измерений. Статические свойства средства измерений проявляются при статическом режиме его работы, то есть когда выходной сигнал средства считается неизменным при измерении; динамические свойства - при динамическом режиме работы средства измерений, при котором выходной сигнал средства изменяется во времени при его использовании.

**Статическая характеристика** измерительного преобразователя - это функциональная зависимость между входной  $x$  и выходной  $y$  величинами в установившемся режиме. Как и любую функцию, статическую характеристику можно представить аналитически (уравнением), в виде графика или таблично. Обычно в уравнение преобразования входят конструктивные параметры. Для реального преобразователя статическую характеристику можно получить экспериментально. Для более наглядного восприятия очень широко используют графическую форму представления статической характеристики. Наиболее часто используемые статические характеристики ИП представлены на рисунке 4.7.

В общем случае статические характеристики ИП не отличаются от аналогичных характеристик обобщенных звеньев систем управления, так как сами входят в их число.

Статическая характеристика может быть линейной и нелинейной (рисунок 4.7, а, б). При этом необходимо отличать нелинейность как требуемую функциональную зависимость (например, экспоненциальную, логарифмическую) от собственно нелинейности как погрешности линейности.

В общем случае уравнение преобразования для линейной статической характеристики имеет вид

$$y = f(x) = \pm B + Kx, \quad (7)$$

где:  $B$  - постоянная;

$K$  - коэффициент преобразования.

Если  $B = 0$ , то график уравнения проходит через начало координат и ИП не имеет ни выходного сигнала холостого хода  $y_0$ , ни зоны

нечувствительности  $0 \dots x_0$  (рисунок 4.7, а).

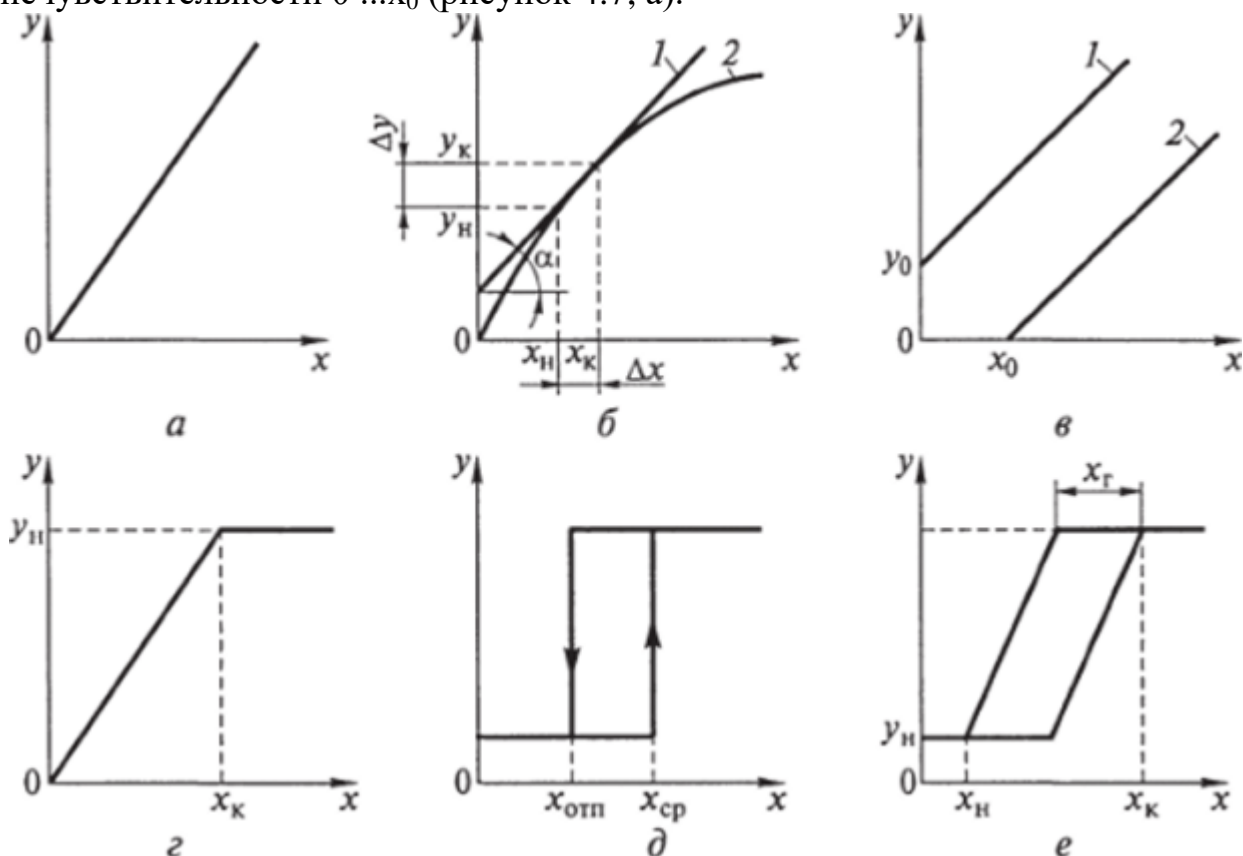


Рисунок 4.7 - Статические характеристики датчиков:

а - линейная; б - нелинейная; в - с сигналом холостого хода; г - с участком насыщения; д - релейного характера; е - с петлей гистерезиса

При  $B > 0$  характеристика смещена относительно начала координат по оси абсцисс на величину выходного сигнала холостого хода  $y_0 = B$  (рисунок 4.7, в, прямая 1).

При  $B < 0$  характеристика имеет зону нечувствительности  $0 \dots x_0$ , в пределах которой при изменении входной величины  $x$  выходная величина  $y = 0$  (рисунок 4.7, в, прямая 2).

Статическая характеристика может иметь участок насыщения (рисунок 4.7, г), в этом случае она описывается двумя уравнениями: на участке  $0 \dots x_k$  вида  $y = Kx$  на участке  $x > x_k$  вида  $y = y_n$ .

При  $K = \infty$  характеристика принимает релейный характер (рисунок 4.7, д), что характерно для датчиков позиционного регулирования, и определяется коэффициентом возврата:

$$K_B = x_{отп} / x_{ср} \tag{8}$$

где:  $x_{отп}$ ,  $x_{ср}$  - значения входного сигнала, обеспечивающие отпускание и срабатывание датчика (реле).

Ряд датчиков имеет неоднозначность хода статической характеристики при увеличении и уменьшении входной величины  $x$  (рисунок 4.7, е). Это явление носит название гистерезиса и характеризуется соответствующим

коэффициентом:

$$K_r = x_r / (x_k - x_n), \quad (9)$$

где:  $X_r$  - ширина зоны неоднозначности (гистерезиса);  $x_k$  и  $x_n$  - значения соответственно конца и начала рабочего диапазона входной величины.

На рисунке 4.7 представлены характеристики одноктактных (неревверсивных) датчиков.

Характеристики двухтактных датчиков имеют вторую аналогичную ветвь, расположенную в третьем квадранте симметрично началу координат.

Нелинейную характеристику можно преобразовать в линейную (линеаризовать) или функциональную посредством аппроксимации.

Простейший способ линеаризации - это кусочно-линейная аппроксимация нелинейной характеристики линейными участками. В этом случае рабочий участок характеристики выбирают на линейном участке. Более сложная линеаризация - структурная связана с введением в структурную схему и соответственно в конструкцию датчика дополнительных звеньев. Такой способ позволяет получить линейную или близкую к линейной характеристику в достаточно широком диапазоне изменения входной величины.

Функциональная аппроксимация - это аппроксимация нелинейной характеристики определенной функциональной зависимостью, желательно стандартной математической функцией.

Для нелинейных характеристик коэффициент преобразования не является постоянной величиной, поэтому для них используют дифференциальный коэффициент преобразования под которым понимают предел отношения выходной величины  $y$  к входной  $x$ :

$$K_d = \frac{dy}{dx} = \left. \frac{\Delta y}{\Delta x} \right|_{\Delta x \rightarrow 0}, \quad (10)$$

Дифференциальный коэффициент преобразования в общем случае меняется от точки к точке и определяется углом  $\alpha$  наклона касательной к характеристике в рабочей точке, то есть  $K_d = \text{tga}$ .

Коэффициент преобразования характеризует чувствительность датчика  $K_s$  и в зависимости от наименования входной и выходной величин может быть представлен в размерном или безразмерном виде.

Если на характеристике выделить линейный участок, в пределах которого работает преобразователь, то разность между верхним и нижним значениями входного и выходного сигналов определяет рабочие диапазоны  $\Delta r$  его изменения, а их отношение - динамический диапазон  $\Delta d$  (рисунок 4.7, б).

Порог чувствительности - это минимальное значение входного сигнала  $x$ , вызывающего появление заметного выходного сигнала  $y$ .

Погрешности датчиков делятся на основные и дополнительные. Основная погрешность датчика - это максимальная

разность между измеренным значением выходного сигнала  $U_p$  и его значением  $U_k$  определяемым по идеальной статической характеристике для данной входной величины при нормальных эксплуатационных условиях. Она может выражаться как в абсолютных единицах:  $\Delta = U_p - U_i$ , так и в относительных. В последнем случае она равна отношению абсолютной погрешности к истинному значению выходного сигнала:

$$\delta = (y_{из} - y_{ид})/y_{ид} = \Delta/y_{ид}. \quad (11)$$

Можно использовать относительную приведенную погрешность  $\gamma$ , равную отношению максимальной абсолютной погрешности  $\Delta$  в диапазоне измеряемой величины к верхнему значению этого диапазона  $U_k$  в процентах:

$$\gamma = \frac{\Delta_{max}}{y_{max}} 100. \quad (12)$$

Дополнительные погрешности - это погрешности, вызываемые условиями внешней среды и внутренними процессами в деталях преобразователя. К этим процессам можно отнести изменения температуры, влажности, колебания напряжения источника питания, механические воздействия, старение и износ материалов. Дополнительная погрешность выражается обычно в процентах изменения выходной величины на определенное значение возмущающего параметра.

В зависимости от специфики применения погрешности датчиков нормируются либо абсолютным значением, либо относительным либо классом точности, являющимся обобщенной характеристикой основной приведенной и дополнительных погрешностей.

Статические характеристики позволяют оценить работу преобразователей в установившемся режиме. Однако в реальных условиях датчикам иногда приходится работать в условиях быстро меняющихся процессов, то есть в динамическом режиме, когда на вход поступают сигналы, изменяющиеся во времени. В этих случаях начинают проявляться явления отставания выходного сигнала от входного, изменения его частоты, фазы и амплитуды. Связь между входными и выходными величинами в преобразователе в динамическом режиме описывается в общем случае нелинейными дифференциальными уравнениями.

Для описания **динамических свойств** ИП можно использовать его передаточную функцию, которая представляет собой дифференциальное уравнение, связывающее входную и выходную величины, в операторной форме; переходную характеристику  $y = f(t_0)$  при единичном изменении входной величины  $x$ , а также частотные характеристики. При описании работы измерительных преобразователей в динамических режимах чаще всего используют характеристики типовых звеньев автоматических систем.

По динамическим характеристикам большинство ИП относятся к усилительным, апериодическим и колебательным звеньям первого и более высоких порядков. Наиболее используемые характеристики датчиков - это

частотная характеристика и передаточная функция, а параметры - постоянная времени, время запаздывания, коэффициент усиления.

Переходная характеристика описывает инерционность измерения, обуславливающую запаздывание и искажение выходного сигнала. Переходная характеристика может иметь аperiodическую и колебательную формы.

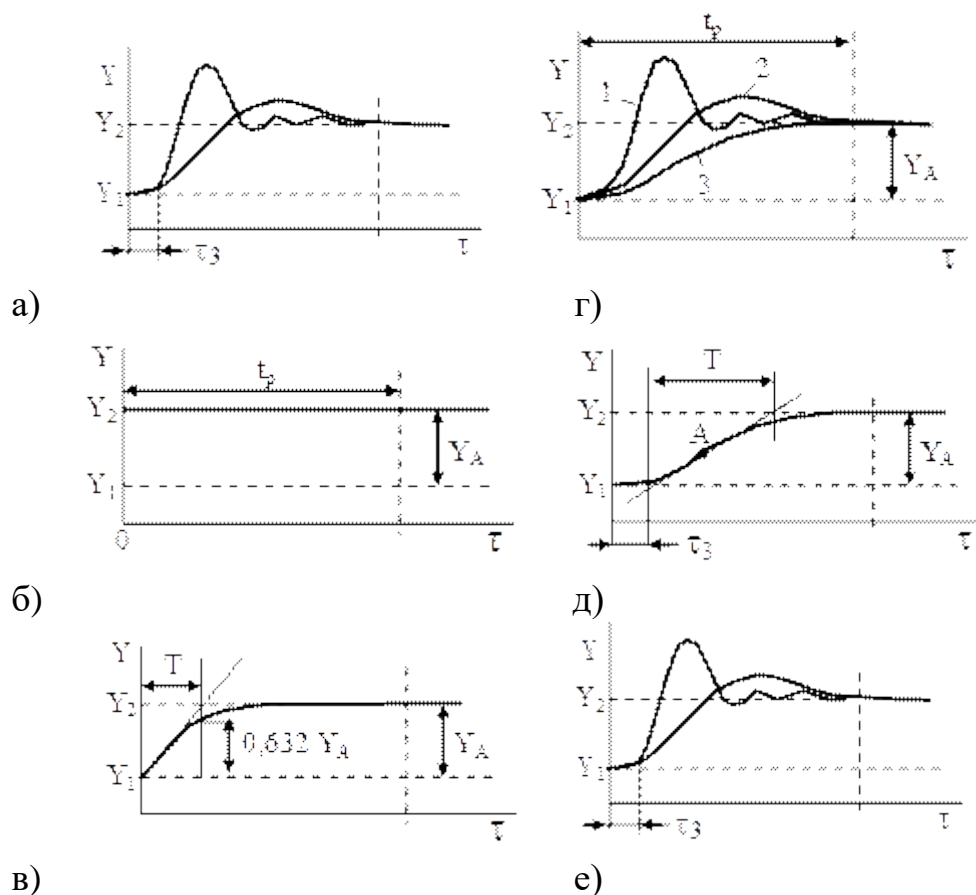


Рисунок 4.8 - Типичные формы переходных процессов для средств измерений: а – скачкообразное изменение входного сигнала, б – типовое усилительное звено, в – аperiodическое 1-го порядка звено, г – колебательное звено, д – соединение звенов чистого запаздывания и аperiodического, е – соединение звенов чистого запаздывания и колебательного.

Переходные процессы, показанные на рисунке 4.8, соответствуют типовым звеньям: безинерционному усилительному (рисунок 4.8, б), аperiodическому первого порядка (рисунок 4.8, в) и колебательному (рисунок 4.8, г).

Динамические характеристики линейного средства измерений не зависят от значения и знака ступенчатого возмущения, и переходные характеристики, снятые экспериментально при различных значениях ступенчатых возмущений, должны совпадать. Если опыты при различных по значению и знаку ступенчатых возмущениях приводят к неодинаковым количественным и качественным результатам, то это свидетельствует о

нелинейности исследуемого средства измерения.

Динамические характеристики средств измерений, характеризующие реакцию средства измерения на гармонические воздействия в широком диапазоне частот, называют частотными характеристиками, которые включают в себя амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики.

При экспериментальном определении частотных характеристик на вход средства измерений с помощью генератора подаются гармонические, например, синусоидальные колебания:

$$x(t) = Ax \sin(\omega t + f_x), \quad (13)$$

Если исследуемое средство измерений является линейной динамической системой, то колебания выходной величины в установившемся режиме будут также синусоидальными:

$$y(t) = Ay \sin(\omega t + f_y), \quad (14)$$

где:  $f_x$  - начальная фаза, рад;  $\omega$  - угловая скорость, рад/с.

Амплитуда выходных колебаний и фазовый сдвиг зависят от свойств средства измерений и частоты входных колебаний.

Зависимость  $A(\omega)$ , показывающая, как изменяется с частотой отношение амплитуды выходных колебаний  $Ay(\omega)$  линейной динамической системы к амплитуде входных колебаний  $Ax(\omega)$ , называется амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) этой системы:

$$A(\omega) = Ay(\omega)/Ax(\omega), \quad (15)$$

Зависимость от частоты сдвига по фазе между входными и выходными колебаниями называется фазо-частотной характеристикой (ФЧХ) системы:

$$f(\omega) = f_y(\omega) - f_x(\omega), \quad (16)$$

Частотные характеристики определяются как экспериментально, так и теоретически, по дифференциальному уравнению, описывающему связь выходного и входного сигнала. Порядок получения частотных характеристик по дифференциальному уравнению линейной системы подробно описан в литературе, посвященной теории автоматического регулирования.

В большинстве средств измерений реализуется блочно-модульный принцип их построения, что обеспечивает возможность создания различных функционально сложных устройств из ограниченного числа простых унифицированных блоков и модулей путем их наращивания и стыковки. Такой подход обеспечивает получение всего многообразия измерительной информации о физических величинах, характеризующих технологические процессы, свойства и качество продукции. Внутри средства измерения при этом осуществляются различные процессы по преобразованию входных измерительных сигналов и превращению их в выходные в зависимости от устройства средства измерения, определяемого структурной схемой.

## 5 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

5.1 Курсовая работа должна быть выполнена печатным способом на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через полтора интервала.

5.2 Допускается предоставлять таблицы и иллюстрации на листах формата А3.

5.3 Текст курсовой работы следует печатать, соблюдая следующие требования:

- поля: левое - 30 мм, правое - 15 мм, верхнее и нижнее – 20 мм;
- шрифт Times New Roman, размер 14 пт.;
- межстрочный интервал – полуторный;
- абзацный отступ – 1,25;
- выравнивание основного текста по ширине.

5.4 Для акцентирования внимания может применяться выделение текста с помощью шрифта иного начертания (курсив, полужирный, подчеркнутый), с сохранением того же кегля и гарнитуры (Times New Roman, размер 14 пт.).

5.5 В тексте нельзя употреблять математические знаки, а также знаки № (номер) и % (процент) без цифр. Следует писать словами «меньше или равно» вместо ( $\leq$ ) «не равно» вместо ( $\neq$ ) и тому подобное.

5.6 Инициалы при указании фамилий должны отделяться неразрывными пробелами (Ctrl+Shift+пробел). Не допускается расположение фамилии на другой от инициалов строке.

Неразрывными пробелами отделяются буквы «г.» и «в.» при указании дат, например: 2018 г., XX в. через неразрывный пробел пишутся принятые сокращения (т. е., т. к., и т. д.).

5.7 В тексте курсовой работы не должно быть непереведенных иностранных слов и выражений, которые не являются общеизвестными (перевод иностранных слов дается в сносках, обязательно указывается (в скобках после перевода) язык, с которого переводится данное слово или выражение).

5.8 Вписывать в отпечатанный текст курсовой работы отдельные слова, формулы, знаки допускается только чернилами или шариковой ручкой черного цвета.

Опечатки, описки и графические неточности допускается исправлять подчисткой или закрасиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного изображения машинописным способом или от руки чернилами или шариковой ручкой черного цвета.

5.9 Фамилии, названия учреждений, организаций, фирм, название изделий и другие имена собственные в курсовой работе приводят на языке оригинала. Допускается транслитерировать имена собственные и приводить названия организаций в переводе на русский язык с добавлением (при первом упоминании) оригинального названия.

5.10 Принятые в курсовой работе малораспространенные сокращения, условные обозначения, символы, единицы и специфические термины могут

быть оформлены в виде отдельного списка на отдельном листе перед структурным элементом «ВВЕДЕНИЕ» и иметь заголовок «ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ».

5.11 Перечень сокращений и обозначений располагается столбцом без знаков препинания в конце. Слева без абзацного отступа в алфавитном порядке приводятся термины, справа через тире – их определения.

Допустимо оформление перечня сокращений и обозначений в виде таблицы, состоящей из двух колонок: термин, определение.

Если сокращения, условные обозначения, символы, единицы и термины повторяются в курсовой работе менее трех раз, отдельный список не составляют, а расшифровку дают непосредственно в тексте курсовой работы при первом упоминании.

5.12 Изложение материала курсовой работы должно соответствовать требованиям грамматики и стилистики русского языка.

5.13 Схематично структура курсовой работы представлена в части 3 настоящих методических предписаний.

5.14 Пример оформления содержания приведен в Приложении 4.

## **5.1 Оформление заголовков структурных элементов и наименований глав и параграфов**

1. Заголовки структурных элементов «СОДЕРЖАНИЕ», «ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ», «ВВЕДЕНИЕ», «НАИМЕНОВАНИЕ ГЛАВ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ», «ПРИЛОЖЕНИЯ» пишутся заглавными буквами полужирным шрифтом в центре строки. Точка в конце не ставится. Перенос слов не допустим.

2. Заголовки параграфов печатают с абзацного отступа, с прописной буквы, полужирным шрифтом, без точки в конце. Если заголовок включает несколько предложений, их разделяют точками. Переносы слов в заголовках не допускаются.

3. Заголовки и нумерация структурных элементов курсовой работы в «СОДЕРЖАНИИ» и в основной части текста должны полностью совпадать. Слова «Глава», знак параграфа (§) перед заголовками не указываются. Названия глав, параграфов не должны совпадать ни друг с другом, ни с названием темы курсовой работы.

4. Каждую главу курсовой работы, а также введение, перечень сокращений и обозначений, заключение, список использованных источников, приложения начинают с новой страницы.

5. Заголовки элементов («СОДЕРЖАНИЕ», «ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ», «ПРИЛОЖЕНИЯ») отделяются от текста одним интервалом (основной интервал – 1,5).

*Пример:*

**ВВЕДЕНИЕ**



Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст  
Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст  
Текст .

– наименование глав и наименование параграфов отделяется от текста и друг от друга через один интервал (основной интервал – 1,5).

*Пример:*

## **1 НАИМЕНОВАНИЕ ГЛАВЫ**

### **1.1 Наименование параграфа**

Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст  
Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст  
Текст.

5.1.1 Если наименование главы либо параграфа превышает две строки, то допускается их написание интервал 1пт. При этом наименование глав и наименование параграфов отделяется от текста и друг от друга через интервал, равный 1,5 пт).

*Пример:*

**1 НАИМЕНОВАНИЕ ГЛАВЫ НАИМЕНОВАНИЕ ГЛАВЫ  
НАИМЕНОВАНИЕ ГЛАВЫ НАИМЕНОВАНИЕ ГЛАВЫ  
НАИМЕНОВАНИЕ ГЛАВЫ**

**1.1 Наименование параграфа Наименование параграфа  
Наименование параграфа Наименование параграфа Наименование  
параграфа**

Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст  
Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст  
Текст.

## **5.2 Нумерация страниц, глав, параграфов курсовой работы**

1. Страницы, главы, параграфы, рисунки, таблицы, приложения нумеруют арабскими цифрами без знака №.

2. Первой страницей курсовой работы является титульный лист, который включают в общую нумерацию страниц курсовой работы. На титульном листе номер страницы не ставят, на последующих листах номер проставляют внизу страницы по центру без точки в конце. Порядок оформления титульного листа и схема расположения информации производится в соответствии с Приложением 1.

3. Главы курсовой работы должны иметь порядковую нумерацию в пределах основной части курсовой работы, обозначаться арабскими цифрами без точки в конце (1, 2) и располагаться посередине строки, например:

## 1 НАИМЕНОВАНИЕ ГЛАВЫ

4. Параграфы должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждой главы. Номер параграфа включает номер главы и порядковый номер параграфа, разделенные точкой. Заголовки параграфов располагаются с абзацного отступа, например

### 1.1 Наименование параграфа

### 1.2 Наименование параграфа

Если глава имеет только один параграф, то нумеровать его не следует.

Пример оформления заголовков главы и параграфов и расположения текста в части 5.1 настоящих методических предписаний.

5. Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, распечатки, включают в общую нумерацию страниц курсовой работы.

Иллюстрации, таблицы и распечатки на листе формата А3 учитывают как одну страницу.

## 5.3 Оформление перечислений

1. В тексте курсовой работы могут быть приведены перечисления. Перечисления приводятся с абзацного отступа в столбик.

Способы выделения перечислений в тексте курсовой работы:

- а) арабская цифра с точкой / прописная буква с точкой (1. / А.),
- б) арабская цифра со скобкой / строчная буква со скобкой (1) / а)),
- д) тире.

2. Текст каждого пункта в перечислении начинается с прописной (заглавной) буквы, если перед ним стоит цифра с точкой или прописная буква с точкой.

Текст каждого пункта в перечислении начинается со строчной буквы, если перед ним стоит цифра со скобкой или строчная буква со скобкой.

3. В конце каждого пункта перечислений ставятся:

3.1 Запятая или точка с запятой, если пункты перечислений простые – из нескольких слов, без знаков препинания внутри, обозначены цифрой с закрывающей скобкой, строчной буквой с закрывающей скобкой, тире и начинаются со строчной буквы.

3.2 Точка с запятой, если пункты перечислений содержат внутри знаки препинания, обозначены цифрой со скобкой, строчной буквой со скобкой, тире и начинаются со строчной буквы.

3.3 Точка, если пункты перечислений обозначены цифрой с точкой или прописной буквой с точкой.

3.4 Некоторые примеры:

*Пример 1:*

Информационно-сервисная служба для обслуживания удаленных пользователей включает следующие модули:

- удаленный заказ,
- виртуальная справочная служба,
- виртуальный читальный зал.

*Пример 2:*

Работа по оцифровке включала следующие технологические этапы:

- а) первичный осмотр и структурирование исходных материалов;
- б) сканирование документов;
- в) обработка и проверка полученных образов;
- г) структурирование оцифрованного массива;
- д) выходной контроль качества массивов графических образов.

*Пример 3:*

Реализация заявленной цели возможна посредством решения ряда задач:

1. Изучить особенности направлений развития менеджмента на современном этапе.
2. Рассмотреть теоретические основы практики внедрения CRM-систем.
3. Изучить особенности развития рынка CRM-систем.
4. Разработать проект внедрения CRM-продукта в ООО «АВС».
5. Провести анализ эффективности реализации проекта.

*Пример 4:*

Согласно классической теории маркетинга, услугам присущ ряд специфических характеристик, отличающих их от товара и которые необходимо учитывать при разработке маркетинговых программ. Эти характеристики следующие:

- неосвязаемость:

- 1) услуги невозможно увидеть;
- 2) невозможно попробовать на вкус;
- 3) невозможно услышать или понюхать до момента приобретения;

- неотделимость от источника:

- 1) услуга неотделима от своего источника,
- 2) осуществление возможно только в присутствии производителя;

- непостоянство качества:

- 1) качество услуг колеблется в зависимости от их производителей,
- 2) качество услуг зависит от времени и места их оказания;

- несохраняемость:

- 1) услугу невозможно хранить для последующей продажи или использования.

## **5.4 Оформление иллюстраций**

1. Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки и др.) следует располагать в курсовой работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. На все иллюстрации в курсовой работе должны быть даны ссылки. При ссылке необходимо писать слово «рисунок» и его номер, например: в соответствии с рисунком 2.1.

2. Иллюстрации нумеруют арабскими цифрами в пределах каждой главы. Номер иллюстрации состоит из номера главы и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой, например «Рисунок 2.1 – Схема курсовой работы».

3. Иллюстрации должны иметь название, которое помещают под иллюстрацией.

4. Слово «Рисунок» и его наименование располагают посередине строки.

5. При необходимости под иллюстрацией помещают пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок», его номер и через тире наименование помещают после пояснительных данных и располагают в центре под рисунком без точки в конце.

6. Если в курсовой работе только одна иллюстрация, то она обозначается «Рисунок 1».

7. Качество оформления иллюстраций должно удовлетворять требованию их четкого воспроизведения.

8. Образец оформления иллюстрации приведен в части 4 настоящих методических предписаний.

## **5.5 Оформление таблиц**

1. Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Таблицы применяют для наглядности и удобства сравнения показателей.

В курсовой работе таблицу необходимо располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые или на следующей странице. Страница с таблицей входит в общую нумерацию работы.

7.2 Наименование таблицы должно отражать ее содержание, быть точным и кратким. Слово «Таблица» и её наименование помещают над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

Таблицы нумеруются в пределах раздела. Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой, например:

Таблица 1.1 – Наименование таблицы

Если в работе одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица 1».

Если таблица не помещается на одной странице, то на следующем листе слева без абзацного отступа печатают: «Продолжение таблицы 1.1».

3. Если в тексте формулируется положение, подтверждаемое таблицей, то в тексте необходимо дать на нее ссылку, которая оформляется в круглых скобках. Ссылки на таблицы должны быть косвенные. Например: Анализ статистических данных показывает, что объем инвестиций в нефинансовые активы в Пермском крае в 2019 году увеличился по сравнению с предыдущим годом (таблица 1.2).

Если таблица заимствована из книги или другого источника, на нее должна быть оформлена библиографическая ссылка в соответствии с п. 5.7 настоящих методических предписаний.

#### 4. Расположение текста в таблицах:

- шрифт: Times New Roman, допускается применять в таблицах размер шрифта меньший, чем в тексте, но не менее 10 пт, начертание – обычный;
- межстрочный интервал – допускается одинарный;
- разделять заголовки граф и строк таблицы по диагонали не допускается;
- выравнивание текста в заголовках граф – по центру, в заголовках строк – по левому краю. Числовой материал в таблице рекомендуется выравнивать по правому краю, текст – по ширине.

5. Числовые данные записываются с одинаковой степенью точности в пределах каждой графы на уровне последней строки показателя; при этом обязательно разряды располагать над разрядами; целая часть отделяется от дробной запятой, а не точкой. В таблице не должно быть ни одной пустой клетки: если данные равны нулю – «0», если данные существуют, но не внесены в таблицу – «...», если данные не существуют – «-». Если значение не равно нулю, но первая значащая цифра появится после принятой степени точности, то делается запись 0,0 (при степени точности 0,1).

6. Образец оформления таблицы представлен в части 4.1 настоящих методических предписаний.

## 5.6 Формулы и уравнения

1. Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку.

Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения (x), деления (:), или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют.

2. Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они представлены в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента следует давать с новой строки. Первую строку пояснения начинают со слова «где» с двоеточием с абзачного отступа.

3. Формулы в курсовой работе следует располагать с красной строки и нумеровать порядковой нумерацией в пределах главы арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.

*Пример:*

$$A = a / b, \quad (1.1)$$

где: а – наименование,

б – наименование.

$$B = c / e, \quad (2)$$

где: с – наименование,  
е – наименование.

4. Если в курсовой работе только одна формула, ее обозначают (1).

## 5.7 Оформление ссылок

1. Используемые в тексте курсовой работы ссылки на главы, параграфы, таблицы, формулы, приложения курсовой работы следует указывать их порядковым номером, например: ...в гл. 1, ...в п. 2.2, ... по формуле (2.1), в таблице 2.1... на рисунке 1.8, ... в приложении 6.

Если в курсовой работе одна иллюстрация (таблица, формула, приложение), то при ссылке на нее в тексте курсовой работы следует писать: на рисунке 1 (в таблице 1, по формуле (1), в приложении).

2. При написании курсовой работы оформляются библиографические ссылки на источник, откуда заимствуется материал или отдельные результаты.

Ссылки приводятся во всех случаях, когда используются и цитируются произведения, источники и литература.

Ссылкой подтверждаются все факты, цифры и другие конкретные данные, приводимые в тексте курсовой работы, заимствованные из источников и литературы.

## 5.8 Оформление списка использованных источников

### *Библиографическое описание:*

1. В список использованных источников включают описания документов упоминаемых в ссылках, а также описания документов, которые привлекались к написанию курсовой работы, но не были приведены в ссылках.

Список использованных источников должен содержать не менее 15 источников, изученных автором. При выполнении курсовой работы должна использоваться актуальная литература. Год издания использованной литературы (книги, учебники) не должен превышать 5 лет, включая год выполнения курсовой работы.

2. Список использованных источников включает в себя:

2.1 Нормативно-правовые акты, располагающиеся в соответствии с их юридической силой:

- Конституция Российской Федерации,
- международные договоры - по хронологии,
- кодексы - по алфавиту,
- федеральные законы - по хронологии,
- указы Президента РФ - по хронологии,
- акты Правительства РФ - по хронологии,
- акты министерств и иных федеральных органов исполнительной власти в последовательности - приказы, постановления, положения,

инструкции - по алфавиту, акты - по хронологии. Должно быть указано полное название акта, дата его принятия, номер, а также официальный источник опубликования.

2.2 После нормативных документов в алфавитном порядке указывается использованная литература: учебная, справочная, статьи из периодических изданий.

2.3 Далее указываются электронные ресурсы (источники на электронных носителях - CD-ROM, материалы из INTERNET), приведенные также в алфавитном порядке.

2.4 Далее могут быть указаны неопубликованные источники (неопубликованные источники - это документы, не рассчитанные на широкое распространение).

Здесь указываются документы (например, локальные нормативные акты), относящиеся к базе исследования (устав, положения, должностные инструкции и т.п.).

3. В курсовой работе используется сквозная нумерация для всех элементов списка использованных источников. Обозначение каждого источника, литературного издания и др. производится арабскими цифрами.

4. Библиографические описания в списке использованных источников выполняются в соответствии с ГОСТ 7.0.100-2018 «Система стандартов по информации, библиотечному делу и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Библиографическое описание – это совокупность библиографических сведений о документе, его составной части или группе документов, представленных по определённым правилам, необходимых и достаточных для общей характеристики документа.

Библиографическое описание составляют непосредственно по произведению печати или выписывают из каталогов и библиографических указателей.

Главным источником информации является элемент документа (источника или литературы), содержащий основные выходные и аналогичные им сведения, - титульный лист, титульный экран, этикетка и наклейка и тому подобное.

Для каждого документа предусмотрены следующие элементы библиографической характеристики: фамилия автора, инициалы; название; подзаголовочные сведения (учебник, учебное пособие, словарь и так далее); выходные сведения (место издания, издательство, год издания); количественная характеристика (общее количество страниц в книге).

5. Примеры библиографического описания различных видов печатных изданий:

***Описание официальных документов:***

О базовой стоимости социального набора: Федеральный закон от 4 февраля 1999 № 21-ФЗ. – Текст: непосредственный // Российская газета. – 1999. – 11.02. – С. 4.

О мерах по развитию федеральных отношений и местного самоуправления в Российской Федерации: Указ Президента РФ от 27 ноября 2003 № 1395. – Текст: непосредственный // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2003. – Ст. 4660.

***Книги / учебники, учебные пособия с одним автором:***

Левин, Д. Ю. Основы управления перевозочными процессами: учебное пособие / Д. Ю. Левин. – Москва: ИНФРА-М, 2015. – 264 с. – Текст: непосредственный.

***Книги (учебники, учебные пособия) с двумя и тремя авторами:***

Касьянов, В. В. История России в схемах, таблицах и картах: учебное пособие для высшей школы / В. В. Касьянов, С. Н. Шаповалов, А. Я. Шаповалова; под редакцией В. В. Касьянова. – 2-е изд., стер. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. – 288 с. – Текст: непосредственный.

***Книги / учебники, учебные пособия четырех авторов*** описываются под заглавием. За косой чертой указывают всех четырех авторов.

Состояние, тенденции и перспективы развития наличного денежного обращения в России : монография / М. А. Абрамова, С. И. Криворучко, О. И. Петрова, М. А. Скобелев. – Москва: Русайнс, 2019. – 167 с. – Текст: непосредственный.

***Книги / учебники, учебные пособия пяти и более авторов:***

За косой чертой указывают первых трех авторов а затем [и др.] (и другие)

7 нот менеджмента. Настольная книга руководителя / А. Бочкарев, В. Кондратьев, В. Краснова [и др.]. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Эксмо, 2016. – 976 с. – Текст: непосредственный.

***Многотомные издания:***

Документ в целом:

Молодежь – науке. 2015. Материалы молодежных научно-практических конференций Псковского государственного университета по итогам научно-исследовательской работы в 11

2014/2015 учебном году. В 8 томах. Том 8 / под редакцией И. М. Федотова. – Псков: Издательство Псковского государственного университета, 2015. – 315 с. – Текст: непосредственный.

Отдельный том:

Островская, А. В. Экологическая безопасность газокompрессорных станций. Учебное пособие. В 2 частях. Часть 1. Теоретические основы обеспечения экологической безопасности / А. В. Островская, Л. Н. Варламова. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015. – 123 с. – Текст: непосредственный.

Новая Российская энциклопедия. В 12 томах. Том. 1 / под редакцией А. Д. Некипелова. – Москва: Энциклопедия, 2006. – 960 с. – Текст: непосредственный.

***Книги, описанные под заглавием:***

Под заглавием описываются документы, когда автор документов не указан, а также сборники, справочники и другие документы.



Банковское кредитование предприятий и населения: учебное пособие / В. А. Челноков, Н. С. Жукова, С. И. Степанов [и др.]. – Москва: Флинта, 2013. – 319 с. – Текст: непосредственный.

Конкурентоспособность регионов в контексте общенациональных и мировых социально-экономических процессов. Сборник статей международной научно-практической конференции, 21-23 октября 2015 года. – Псков: Издательство Псковского государственного университета, 2015. – 251 с. – Текст: непосредственный.

***Словари и энциклопедии:***

Словарь финансово-экономических терминов / А. В. Шаркова, И. М. Колтухова, С. Л. Морозов, Н. И. Новиков, С. В. Пашков. – Москва: Дашков и К, 2016. - 1168 с. – Текст: непосредственный.

***Статьи из сборников:***

Соловьев, А. И. Оценка и мониторинг глобальных рисков / А. И. Соловьев. – Текст: непосредственный // Стратегическое управление в сфере национальной безопасности России: планирование и прогнозирование. Материалы Третьей Всероссийской научно-практической конференции (Москва, 22 мая 2015 г.). – Москва, 2016. – С.121–133.

***Статьи из газет и журналов:***

Опыт территориальных мегапроектов в России и США / В. Батманова, Г. П. Калинина, Л. И. Романова, К. Д. Скрипник. – Текст: непосредственный // Мировая экономика и международные отношения. – 2015. – № 2. – С. 23-33.

16. Библиографическое описание электронных ресурсов представляет собой совокупность библиографических сведений, позволяющих идентифицировать электронный ресурс. Данные сведения дают возможность составить представление о содержании, характере, назначении ресурса, виде физического носителя и так далее.

В курсовой работе рекомендуется использовать следующий порядок библиографического описания электронных ресурсов: Автор (если есть). Заглавие: сведения об издании (если есть) / сведения об ответственности. – Место издания, издатель, дата издания (если есть). – Специфическое обозначение материала и количество физических единиц: другие физические характеристики; размер + сведения о проводимом материале (если есть). – URL: электронный адрес (для ресурсов Интернет) (дата обращения: 00.00.0000). – вид содержание : средства доступа.

Для электронных ресурсов удаленного доступа обязательными являются сведения об электронном адресе ресурса в сети Интернет и дате обращения. Электронный адрес ресурса в сети Интернет приводят после аббревиатуры URL.

Режим доступа указывают для электронных ресурсов из полнотекстовых баз данных, доступ к которым осуществляется на договорной основе, по подписке, для авторизованных пользователей и т.п. Режим доступа «свободный», как правило, в описании не приводят.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Друзьякин, И.Г. Технические измерения и приборы: учеб. пособие / И.Г. Друзьякин, А.Н. Лыков. – Пермь: Изд-во Пермского государственного технического университета, 2008. – 412 с.
2. Дубина, И.Н. Электротехнические измерения / И.Н. Дубина. - М.: КноРус, 2012. - 208 с.
3. Зайцев, С.А. Технические измерения: Учебник / С.А. Зайцев, А.Н. Толстов. - М.: Academia, 2017. - 336 с.
4. Иванова, Г.М. Теплотехнические измерения и приборы / Г.М. Иванова, Н.Д. Кузнецов, В.С. Чистяков. - М.: МЭИ, 2007. - 460 с.
5. Клименков, С.С. Нормирование точности и технические измерения в машиностроении: Учебник / С.С. Клименков. - М.: Инфра-М, 2018. - 192 с.
6. Мерцалова, А.И. Электротехнические измерения. Практикум (СПО) / А.И. Мерцалова. - М.: КноРус, 2013. - 240 с.
7. Миронов, Э.Г. Метрология и технические измерения: учебное пособие (бакалавриат) / Э.Г. Миронов, Н.П. Бессонов. - М.: КноРус, 2015. - 48 с.
8. Рачков, М.Ю. Технические измерения и приборы / М.Ю. Рачков. - М.: МГИУ, 2007. - 200 с.
9. Соломахо, В.Л. Нормирование точности и технические измерения: Учебное пособие / В.Л. Соломахо. - Минск: Изд-во Гревцова, 2011. - 360 с.
10. Трофимова, М.С. Метрология и технические измерения / М.С. Трофимова, Е.А. Куликова. - М.: Русайнс, 2017. - 80 с.
11. Хромоин, П.К. Электротехнические измерения: Учебное пособие / П.К. Хромоин. - М.: Форум, 2017. - 352 с.
12. Шишмарев, В.Ю. Технические измерения и приборы: учебник / В.Ю. Шишмарев. - М.: Академия, 2010. - 384 с.
13. Шишмарев, В.Ю. Технические измерения и приборы: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / В.Ю. Шишмарев. - М.: ИЦ Академия, 2012. - 384 с.
14. Научно-технический журнал «Приборы и методы измерений». Режим доступа // <https://pimi.bntu.by/jour>.
15. Научно-технический журнал «Измерительная техника» и приложение к журналу «Метрология». Режим доступа // <https://izmt.ru>.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Чайковский филиал  
федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»  
(ЧФ ПНИПУ)

Кафедра «Автоматизации, информационных и инженерных технологий»

### **КУРСОВАЯ РАБОТА**

по дисциплине: «Технические измерения и приборы»  
на тему: «Разработка измерительного канала АСУ ТП»  
вариант №1

Выполнил:  
студент (ка) группы АТПП-19з

Принял:  
к.э.н., доцент кафедры АИИТ

Горяева И.А.

2021 г.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Чайковский филиал  
федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»  
(ЧФ ПНИПУ)

Кафедра «Автоматизации, информационных и инженерных технологий»

УТВЕРЖАЮ  
и.о. зав.каф. АИИТ  
\_\_\_\_\_(\_\_\_\_\_)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ по дисциплине «Технические измерения и приборы»

Студенту \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_

Тема работы: «Разработка измерительного канала абсолютного давления»

#### СОДЕРЖАНИЕ

- 1 Описание физической сущности давления и методов его измерения
- 2 Структурное моделирование измерительного канала абсолютного давления
- 3 Разработка функциональной схемы автоматизации измерительного канала абсолютного давления
- 4 Выбор комплекса технических средств измерительного канала абсолютного давления
- 5 Выбор передаточных функций элементов измерительного канала абсолютного давления
- 6 Анализ характеристик отдельных звеньев измерительного канала абсолютного давления

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

#### ПРИЛОЖЕНИЯ

Задание на курсовую работу выдано «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Срок предоставления курсового проекта к защите «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Руководитель \_\_\_\_\_ Исполнитель \_\_\_\_\_  
подпись подпись

## Применяемый перечень сокращений и обозначений

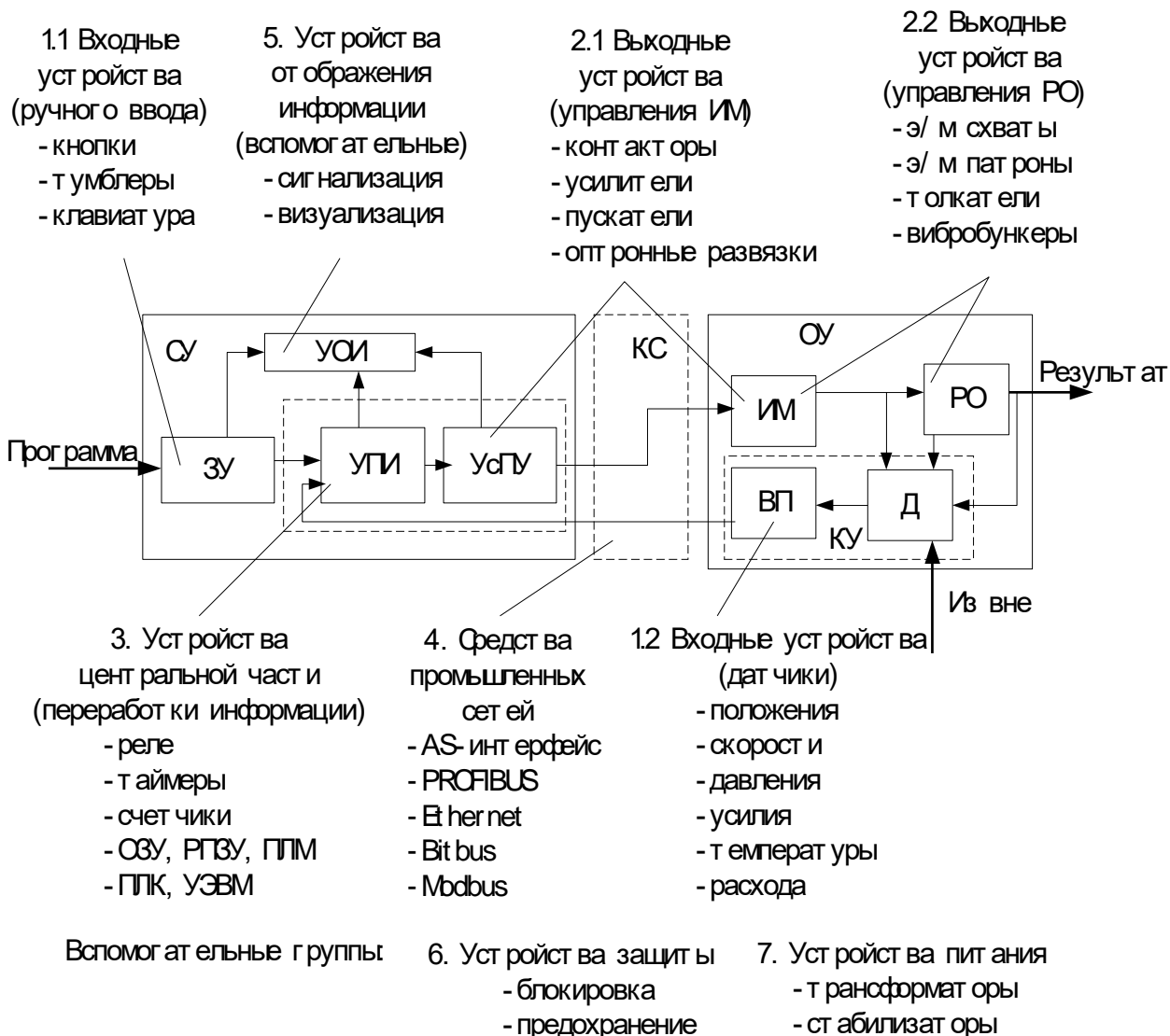
- АВСВИ - автоматическое средство измерения  
АК - автоматический контроль  
АР - автоматический регулятор  
АСВИ - автоматизированное средство измерения  
АСУ - автоматическая система управления  
АЦП - аналого-цифровой преобразователь  
АЧТ - абсолютно черное тело  
АЧХ - амплитудная частотная характеристика  
БИС - большая интегральная схема  
ВПИ - верхний предел измерений  
ВУ - вычислительное устройство  
ГСИ - государственная система обеспечения единства измерений  
ГСП - Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации  
ГХ - градуировочная характеристика  
ДМ - дифференциальный манометр  
ДТП - дифференциальный трансформаторный преобразователь  
ДХ - динамическая характеристика  
ЖКИ - жидкокристаллический индикатор  
ИВ - измеряемая величина  
ИК - измерительный канал, в т.ч. измерительной системы  
ИВК - измерительно-вычислительный комплекс  
ИВС - измерительно-вычислительная система  
ИД - интеллектуальный датчик  
ИИ - измерительная информация  
ИИС - измерительная информационная система  
ИМ - исполнительный механизм  
ИП - измерительный прибор  
ИПР - измерительный преобразователь  
ИПС - источник питания стабилизированный  
ИС - измерительная система  
ИСГ - измерительный сигнал  
ИУ - измерительное устройство  
КП - коэффициент передачи  
КТ - класс точности  
МИ - методика измерений  
МО - метрологическое обеспечение  
МП - микропроцессор  
МС - метрологическая служба  
МХ - метрологическая характеристика  
НД - нормативная документация  
НИ - нуль-индикатор

НП - нормирующий преобразователь  
НСХ - номинальная статистическая характеристика  
ОИ - объект измерения  
ОС - обратная связь  
ПИП - первичный измерительный преобразователь  
ПО - программное обеспечение  
ПТС - полупроводниковый термопреобразователь сопротивления  
ПФ - передаточная функция  
РМ - расходомер  
САК - система автоматического контроля  
САР - система автоматического регулирования  
СИ - средство измерений  
СИИ - сигнал измерительной информации  
СКО - среднее квадратическое отклонение  
СКОП - средняя квадратическая относительная погрешность  
СОЕЙ - система обеспечения единства измерений  
СПИИ - система передачи измерительной информации  
СТД - система технической диагностики  
СУ - сужающее устройство  
СХ - статическая характеристика  
СЭЯ - спектральная энергетическая яркость  
ТИ - технологические измерения  
ТИС - телеизмерительная система  
ТКС - температурный коэффициент электрического сопротивления  
ТП - технологический процесс  
ТПС - термопреобразователь сопротивления  
ТСП - термопреобразователь сопротивления платиновый  
ТСМ - термопреобразователь сопротивления медный  
ТХП - технологические параметры  
ТЭП - термоэлектрический преобразователь  
УМ - уравновешенный мост  
УФС - унифицированный сигнал  
ФВ - физическая величина  
ФП - функция преобразования  
ФЧХ - фазовая частотная характеристика  
ФЭ - фотоэлемент  
ЦАП - цифро-аналоговый преобразователь  
ЦИУ - цифровое измерительное устройство  
ЧХ - частотная характеристика  
ЧЭ - чувствительный элемент  
ЭДС - электродвижущая сила

**СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	2
ВВЕДЕНИЕ	3
1 Описание физической сущности измеряемого параметра и методов его измерения	4
2 Структурное моделирование измерительного канала	8
3 Разработка функциональной схемы автоматизации измерительного канала	10
4 Выбор комплекса технических средств измерительного канала	13
5 Выбор передаточных функций элементов измерительного канала	20
6 Анализ характеристик отдельных звеньев измерительного канала	24
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	27
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	28
ПРИЛОЖЕНИЯ	29

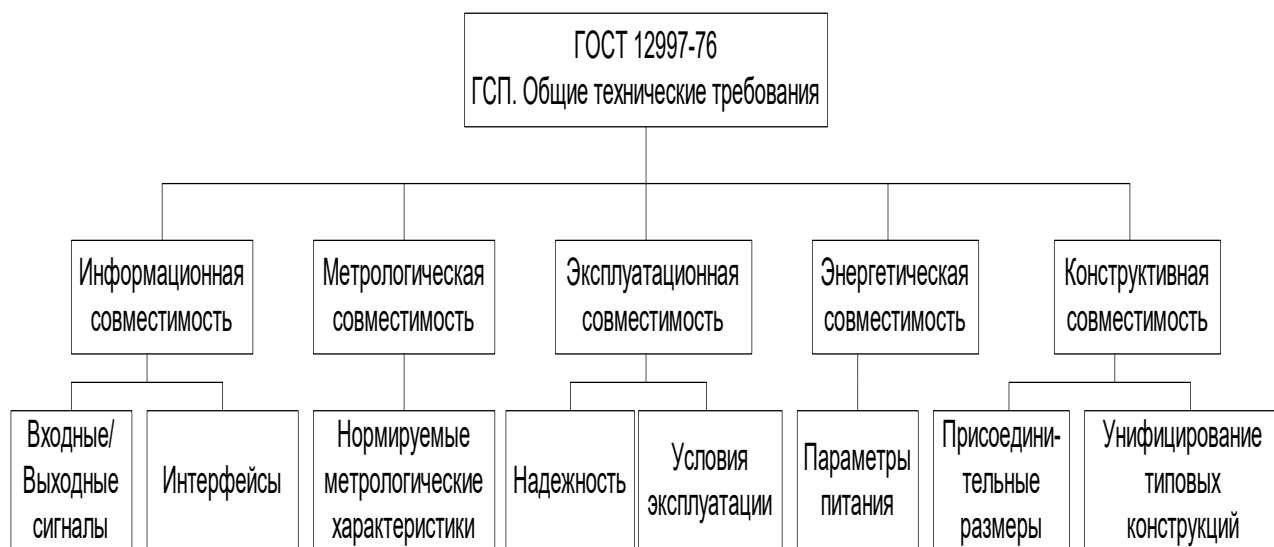
### Классификация ТСА по функциональному назначению в САУ



- СУ – система управления;
- ОУ – объект управления;
- КС – каналы связи;
- ЗУ – задающие устройства;
- УПИ – устройства переработки информации;
- УсПУ – усилительно-преобразовательные устройства;
- УОИ – устройства отображения информации;
- ИМ – исполнительные механизмы;
- РО – рабочие органы;
- КУ – контрольные устройства;
- Д – датчики;
- ВП – вторичные преобразователи



**Стандарты государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации**



Для примера:

Информационная совместимость ТСА по уровням входных/выходных унифицированных сигналов, т.е. сигналов дистанционной передачи информации с унифицированными параметрами, обеспечивающими информационное сопряжение (интерфейс) между различными приборами, блоками и системами АСУ ТП.

Таблица - Унифицированные сигналы

Электрические сигналы				Пневматические сигналы		
Аналоговые			Дискретные	Аналоговые	Дискретные	
$= I$ [мА]	$= U$ [мВ]	$\sim U$ [В]	$\sim \gamma$ [кГц]	$= U$ [В]	[кПа]	
0 – 5; -5 – +5; 4 – 20	0 – 10; -10 – +10; 0 – 1000	0 – 2; -1 – +1	0 – 8; 2 – 4; 0 – 100	для TTL: «0» ≤ +0,4 «1» ≥ +2,4	для УСЭПА: 20 – 100	«0» ≤ 10 «1» ≥ 110

## **НОРМАТИВНАЯ БАЗА**

### **по направлению «Автоматизированные системы управления»**

ГОСТ 24.104-85 Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования

ГОСТ 24.701-86 Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Надежность автоматизированных систем управления. Основные положения

ГОСТ 24.702-85 Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Эффективность автоматизированных систем управления. Основные положения

ГОСТ 24.703-85 Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Типовые проектные решения в АСУ. Основные положения

ГОСТ 34.201-89 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем

ГОСТ 34.601-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания

ГОСТ 34.602-89 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы

ГОСТ 34.603-92 Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем

ГОСТ ISO 22745-11-2017 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Открытые технические словари и их применение к основным данным. Часть 11. Руководящие принципы по формулированию терминологии

ГОСТ ISO 22745-1-2016 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Открытые технические словари и их применение к основным данным. Часть 1. Общие сведения и основополагающие принципы

ГОСТ ISO 22745-13-2017 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Открытые технические словари и их применение к основным данным. Часть 13. Идентификация концептов и терминологии

ГОСТ ISO 22745-2-2017 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Открытые технические словари и их применение к основным данным. Часть 2. Словарь

ГОСТ ISO/TS 22745-10-2017 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Открытые технические словари и их применение к основным данным. Часть 10. Представление словаря

ГОСТ Р 43.0.1-2005 Информационное обеспечение техники и операторской деятельности. Общие положения

ГОСТ Р 43.0.13-2017 Информационное обеспечение техники и

операторской деятельности. Направленная подготовка специалистов

ГОСТ Р 52611-2006 Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Средства информационной поддержки жизненного цикла продукции. Безопасность информации. Основные положения и общие требования

ГОСТ Р 54525-2011 Качество данных. Часть 130. Основные данные. Обмен данными характеристик. Точность

ГОСТ Р 54526-2011 Качество данных. Часть 140. Основные данные. Обмен данными характеристик. Завершенность

ГОСТ Р 54911-2012 Качество данных. Часть 120. Основные данные. Обмен данными характеристик. Происхождение

ГОСТ Р 55238-2012 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Открытые технические словари и их применение к основным данным. Часть 40. Представление основных данных

ГОСТ Р 55239-2012 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Открытые технические словари и их применение к основным данным. Часть 35. Запрос на данные характеристик

ГОСТ Р 55346-2012 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Представление и обмен производственными данными. Базовая модель инженерного проектирования систем

ГОСТ Р 56213.10-2014 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Обмен данными характеристик. Часть 10. Формат обмена данными характеристик

ГОСТ Р 56213.20-2014 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Обмен данными характеристик. Часть 20. Услуги по осуществлению поиска информации в словаре концепций

ГОСТ Р 56213.31-2014 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Обмен данными характеристик. Часть 31. Запрос на данные характеристик

ГОСТ Р 56213.4-2014 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Обмен данными характеристик. Часть 4. Базовые элементы и типы

ГОСТ Р 56213.5-2014 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Обмен данными характеристик. Часть 5. Схема идентификации

ГОСТ Р 56213.6-2014 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Обмен данными характеристик. Часть 6. Эталонная терминологическая модель словаря концепций

ГОСТ Р 56214-2014 Качество данных. Часть 1. Обзор

ГОСТ Р 56215-2014 Качество данных. Часть 150. Основные данные. Структура управления качеством

ГОСТ Р 56216-2014 Качество данных. Часть 311. Руководство по применению качества данных при описании продукции

ГОСТ Р 57297-2016 Интегрированный подход к управлению информацией жизненного цикла антропогенных объектов и сред. Библиотеки электронных компонент с учетом требований комплексного

информационного моделирования

ГОСТ Р 57314-2016 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Инновации, координация и сотрудничество в производственной цепи поставок, основанной на промышленных услугах. Базовая модель промышленных услуг

ГОСТ Р 57317-2016 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Термины и определения

ГОСТ Р 57318-2016 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Применение и управление процессами системной инженерии

ГОСТ Р 57323-2016 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Интеграция данных жизненного цикла перерабатывающих предприятий, включая нефтяные и газовые производственные предприятия. Часть 11. Методология упрощенного промышленного использования справочных данных

ГОСТ Р 57329-2016 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Системы технического обслуживания и ремонта. Термины и определения

ГОСТ Р 57330-2016 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Системы технического обслуживания и ремонта. Ключевые показатели эффективности

ГОСТ Р 58286-2018 Архитектура базовая построения систем контрольно-измерительной аппаратуры АХИе-1. Технические требования

ГОСТ Р 58290-2018 Информационные технологии. Биометрическая система на идентификационной карте. Часть 2. Физические характеристики

ГОСТ Р 58299-2018 Управление данными об изделии. Порядок представления результатов проектно-конструкторских работ в электронной форме. Общие требования

ГОСТ Р 58300-2018 Управление данными об изделии. Термины и определения

ГОСТ Р 58301-2018 Управление данными об изделии. Электронный макет изделия. Общие требования

ГОСТ Р 58304-2018 Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 6. Системы шинопроводных линий (шинопроводы)

ГОСТ Р 60.3.1.1-2016 Роботы промышленные манипуляционные. Представление характеристик

ГОСТ Р ИСО 10303-107-2011 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 107. Интегрированные прикладные ресурсы. Взаимосвязи определений анализа методом конечных элементов

ГОСТ Р ИСО 10303-11-2009 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 11. Методы описания. Справочное руководство по языку EXPRESS

ГОСТ Р ИСО 10303-14-2015 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными.

Часть 14. Методы описания. Справочное руководство по языку EXPRESS-X  
ГОСТ Р ИСО 10303-1-99 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными.  
Часть 1. Общие представления и основополагающие принципы  
ГОСТ Р ИСО 10303-203-2003 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными.  
Часть 203. Прикладной протокол. Проекты с управляемой конфигурацией  
ГОСТ Р ИСО 10303-21-2002 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными.  
Часть 21. Методы реализации. Кодирование открытым текстом структуры обмена  
ГОСТ Р ИСО 10303-22-2002 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными.  
Часть 22. Методы реализации. Стандартный интерфейс доступа к данным  
ГОСТ Р ИСО 10303-239-2008 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными.  
Часть 239. Прикладные протоколы. Поддержка жизненного цикла изделий  
ГОСТ Р ИСО 10303-31-2002 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными.  
Часть 31. Методология и основы аттестационного тестирования. Общие положения  
ГОСТ Р ИСО 10303-32-2002 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными.  
Часть 32. Методология и основы аттестационного тестирования. Требования к испытательным лабораториям и клиентам  
ГОСТ Р ИСО 10303-34-2002 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными.  
Часть 34. Методология и основы аттестационного тестирования. Методы абстрактного тестирования для реализации прикладных протоколов  
ГОСТ Р ИСО 10303-41-99 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными.  
Часть 41. Интегрированные обобщенные ресурсы. Основы описания и поддержки изделий  
ГОСТ Р ИСО 10303-43-2016 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными.  
Часть 43. Интегрированный обобщенный ресурс. Структуры представления  
ГОСТ Р ИСО 10303-44-2002 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными.  
Часть 44. Интегрированные обобщенные ресурсы. Конфигурация структуры изделия  
ГОСТ Р ИСО 10303-45-2012 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными.  
Часть 45. Интегрированный обобщенный ресурс. Материал и другие технические характеристики  
ГОСТ Р ИСО 10303-46-2002 Системы автоматизации производства и

их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 46. Интегрированные обобщенные ресурсы. Визуальное представление

ГОСТ Р ИСО 10303-49-2003 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 49. Интегрированные обобщенные ресурсы. Структура и свойства процесса

ГОСТ Р ИСО 10303-501-2006 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 501. Прикладные интерпретированные конструкции. Каркасное представление формы на основе ребер

ГОСТ Р ИСО 10303-502-2006 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 502. Прикладные интерпретированные конструкции. Каркасное представление формы на основе оболочек

ГОСТ Р ИСО 10303-503-2016 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 503. Прикладная интерпретированная конструкция. Геометрически ограниченное двумерное каркасное представление формы

ГОСТ Р ИСО 10303-504-2016 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 504. Прикладная интерпретированная конструкция. Пояснения на чертежах

ГОСТ Р ИСО 10303-505-2006 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 505. Прикладные интерпретированные конструкции. Структура и ведение чертежей

ГОСТ Р ИСО 10303-506-2016 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 506. Прикладная интерпретированная конструкция. Чертежные элементы

ГОСТ Р ИСО 10303-507-2009 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 507. Прикладные интерпретированные конструкции. Геометрически ограниченная поверхность

ГОСТ Р ИСО 10303-508-2009 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 508. Прикладные интерпретированные конструкции. Многосвязные поверхности

ГОСТ Р ИСО 10303-509-2009 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 509. Прикладные интерпретированные конструкции. Односвязные поверхности

ГОСТ Р ИСО 10303-510-2006 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 510. Прикладные интерпретированные конструкции. Геометрически

ограниченное каркасное представление формы

ГОСТ Р ИСО 10303-511-2006 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 511. Прикладные интерпретированные конструкции. Топологически ограниченная поверхность

ГОСТ Р ИСО 10303-51-2011 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 51. Интегрированный обобщенный ресурс. Математическое представление

ГОСТ Р ИСО 10303-512-2008 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 512. Прикладные интерпретированные конструкции. Многогранное граничное представление

ГОСТ Р ИСО 10303-513-2009 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 513. Прикладные интерпретированные конструкции. Элементарное граничное представление

ГОСТ Р ИСО 10303-514-2007 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 514. Прикладные интерпретированные конструкции. Расширенное граничное представление

ГОСТ Р ИСО 10303-515-2007 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 515. Прикладные интерпретированные конструкции. Конструктивная блочная геометрия

ГОСТ Р ИСО 10303-517-2009 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 517. Прикладные интерпретированные конструкции. Геометрическое представление механических конструкций

ГОСТ Р ИСО 10303-518-2009 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 518. Прикладные интерпретированные конструкции. Теневое представление механических конструкций

ГОСТ Р ИСО 10303-519-2007 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 519. Прикладные интерпретированные конструкции. Геометрические допуски

ГОСТ Р ИСО 10303-520-2007 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 520. Прикладные интерпретированные конструкции. Ассоциативные элементы чертежей

ГОСТ Р ИСО 10303-52-2015 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 52. Интегрированный обобщенный ресурс. Решетчатая топология