



*Казакский агротехнический университет им. С.Сейфуллина
Энергетический факультет
Кафедра «Электроснабжение»*

Лекционно-практический курс
по дисциплине

Информационно-измерительная техника
для всех ООП по специальностям 5В071800 «Электроэнергетика»

Рожков Виталий Игоревич – к.т.н., старший преподаватель

Астана, 2015



Программа курса (2 кредита, 1 курс)

- Соответствие ГОСО МОН РК: ТУП, РУП, Силлабус
- Преподаватель: Рожков В.И. (1218 аудитория_ЭСН)
- Дисциплина: ИТ, ПД/КВ, 90 часов
- Реквизиты:

pre: ТОЭ, Математика: ТВ, Физика, Информатика, ЭТМ, ЭТЧ

post: необходима для выполнения БВР, изучения специальных электротехнических дисциплин и на практике (производстве)

- Цель, задачи, навыки обучающегося (компетенции ECTS)
- Структура и содержание дисциплины
- Список рекомендуемой литературы
- Политика курса и оценки знаний (требования)
- Рейтинг: <49-F, 50-C, 75-B, 90>-A



Краткое описание курса

ИИТ предназначена для получения опытным путем количественно определенной информации о разнообразных объектах материального мира и имеет важное и непрерывно возрастающее значение в жизни человечества. Она решает огромный круг задач, связанных главным образом со сбором, переработкой, передачей, хранением, выдачей разнообразной информации человеку или машине.

«Без должного развития методов и средств измерения невозможен прогресс НnТ»

«Измерение – важнейший путь познания природы, которое даёт количественную информацию об интересующих нас объектах и явлениях, что позволяет устанавливать действующие в природе закономерности»

«Электроэнергия – это признак и продукт богатого общества. Без электроэнергии невозможно представить себе современного освещения, тепла, двигательной нагрузки»

Цель курса – изучение основ метрологии и измерительной техники (методов и средств измерения) для последующего применения в практической деятельности. Научиться количественно оценивать значение ФВ в принятых для неё единицах.



Результаты освоения дисциплины

Знать:

- основные источники научно-технической информации по вопросам метрологии;
- методы измерений физических величин;
- способы представления результатов измерений;
- способы нормирования погрешностей средств измерений.

Уметь:

- применять, эксплуатировать и производить выбор средств измерений;
- оценивать погрешности результатов измерений;
- осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы;
- проводить физические эксперименты с применением средств измерений.

Владеть:

- навыками дискуссии по профессиональной тематике;
- терминологией в области метрологии;
- навыками поиска информации о средствах измерений;
- информацией о метрологических характеристиках СИ для использования в практике;
- навыками применения полученной информации при проектировании новых технических изделий.



Рекомендуемая литература

1. **Закон** РК от 9.06.2004 года "Об обеспечении единства измерений" (изменения 2012 года).
2. **РМГ 29-99**. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. ГСИ обеспечения ЕИ, 2009
3. **Сборник** нормативных и методических документов по измерениям, коммерческому и техническому учёту электрической энергии и мощности / Сост. Загорский Я.Т. – М.: ЭНАС, 2003.



Рейтинговая оценка знаний (<49;<74;<89;<100)

В соответствии КСО – балльная система оценки компетенций. Сценарий:

$$\text{ИТОГ(\%)} = \left[\frac{\text{РК1} + \text{РК2} + \text{ТК}}{3} > 50\% \right] + [\text{Э} > 50\%]$$

*Итоговая (окончательная) оценка зависит от наличия $\text{ТУ} > 50\%$ и $\text{Э} > 50\%$
Пересдача любой формы контроля, не допускается, апеллируется!*

*Для успешного освоения курса «Информационно-измерительная техника»,
необходимо иметь положительный минимум по его ПРЕ реквизитам:
Физика, ВМ (КП, ТВ), ЭТЧ (ЕСКД, НГ, Cad), ТОЭ-1, Информатика.*

*А также, первой и важнейшей составляющей успешного освоения курса
является тема самостоятельного изучения (СРС):*

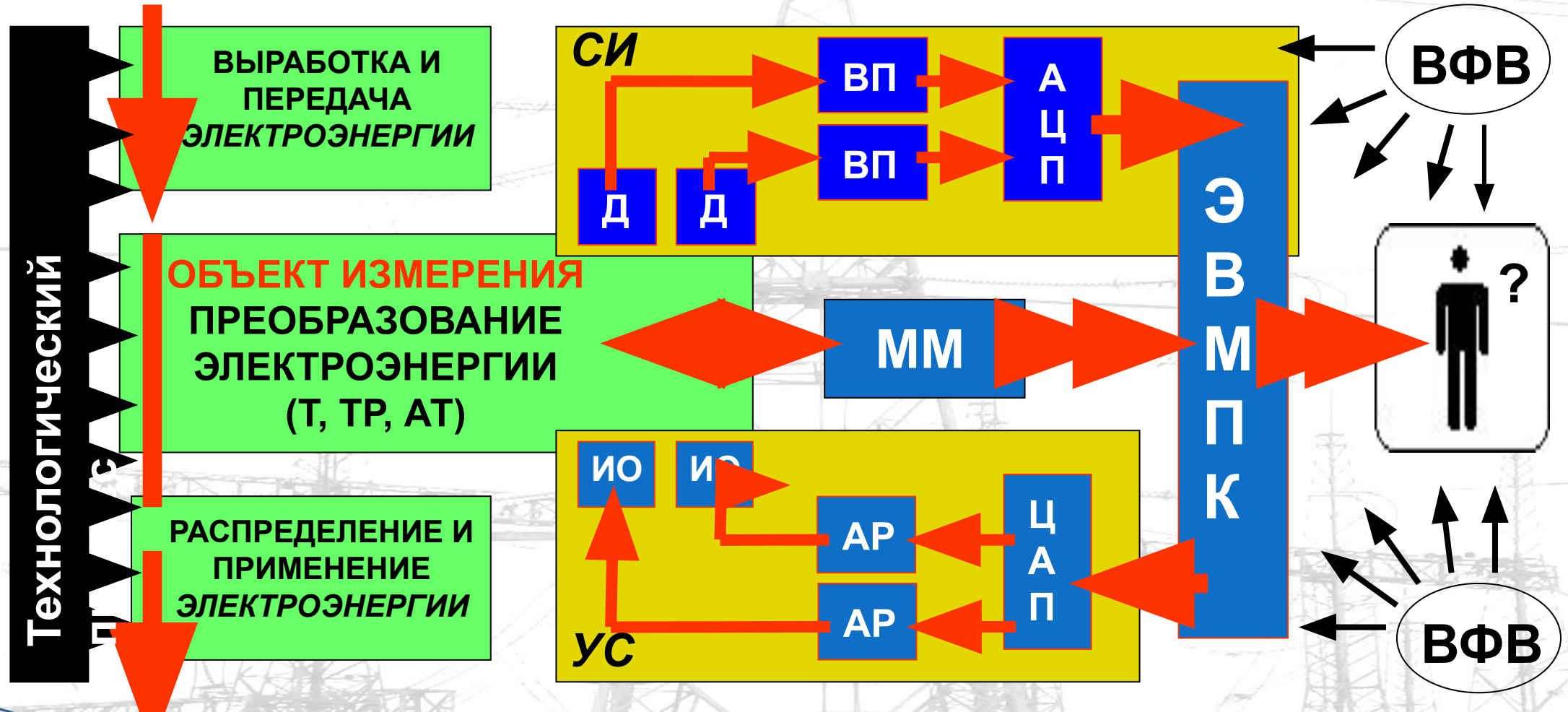
«Глоссарий. Структура электроэнергетики»

Человеко-машинная модель взаимодействия Оператора с ЭЭС (ИУП)

Первичное (силовое) ЭО

Вторичные цепи и ЭО

Оператор



Знание ЭВМ и программирования, после изучения ИИТ, позволит разрабатывать мат. модели ТП и объектов, элементы автоматики (АЦП, ЦАП, АР), изучаемые далее: ТАУ, ПЭ, ППвЭЭ и РЗиА.



Метрология

- 1. Система единиц ФВ (SI)***
- 2. Подходы к измерению ФВ***



1. Современная метрология (три раздела)

Метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Научная основа ГСИ (РМГ).

1. Теоретическая метрология – раздел метрологии, предметом которого является разработка фундаментальных основ метрологии (теорий и учений).

2. Законодательная метрология – предмет есть установление обязательных технических и юридических требований (комплекс правил, регламент и контроль над которыми осуществляется государством - ГМС) по применению единиц ФВ, методов и средств измерений, направленных на обеспечение единства и необходимой точности измерений в интересах общества.

3. Практическая (прикладная) метрология, основное содержание курса ИИТ - вопросы практического применения разработок 1-го и положений 2-го разделов.

Зародилась ещё в древности и с развитием «2^{ГО}» кардинально совершенствуется, что в 1960 году на XI-ой ГКМВ привело к образованию «Международной системы единиц» (System International), включающей 7 основных, 2 дополнительные и ~ 200 производных. По сути, Метрология – совокупность измерений ФВ, свойственных какой-либо науки и техники, выделяющаяся своей спецификой: электрические, механические, магнитные, акустические, оптические, ионизирующих излучений и др. Новейшие физические принципы, информационные и компьютерные технологии позволяют разрабатывать современные виртуальные приборы, автоматические измерительные системы, обладающие многофункциональностью, высокой точностью и быстродействием.

Единство измерений – состояние измерений, при котором их результаты (РИ) выражены в узаконенных единицах, а погрешности РИ известны с известной или заданной вероятностью и не выходят за установленные пределы, что позволяет сопоставлять РИ, выполненные в разных местах.

Обеспечение единства измерений может быть решено при соблюдении двух основополагающих условий:

- 1. Выражение РИ в единых узаконенных единицах ФВ;**
- 2. Установление допустимых погрешностей РИ и пределов, за которые они не должны выходить при заданной вероятности.**

В РК метрологическая деятельность регулируется РМГ 29-99 и законом РК «Об обеспечении единства измерений» от 2012 (посл. изменения), основные статьи которого устанавливают:

- а) организационную структуру государственного управления ОЕИ;**
- б) нормативные документы по обеспечению единства измерений;**
- в) единицы величин и государственные эталоны единиц величин;**
- г) средства и методики измерений.**

- 1. Поверка средства измерения (калибровка)**
- 2. Экспертиза (метрологическая)**
- 3. Аттестация СИ (метрологическая)**
- 4. Сертификация**



2. Система единиц физических величин (ФВ)

Совокупность основных, дополнительных и производных единиц ФВ, образованных едиными принципами заданной системы ФВ: «International system of units of measurement».

Физическая величина (physical quantity) – свойство физического объекта (системы, явления или процесса), в качественном отношении общее для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого (m , U).

Значение ФВ (value of a quantity) – выражение размера ФВ (количественная оценка) в виде конкретного (некоторого) числа принятых для неё единиц.

Единица ФВ – та, которой по определению присвоено числовое значение, равное 1.

Истинное значение ФВ (true value) – то, которое идеальным образом характеризует в качественном и количественном отношении соответствующую ФВ.

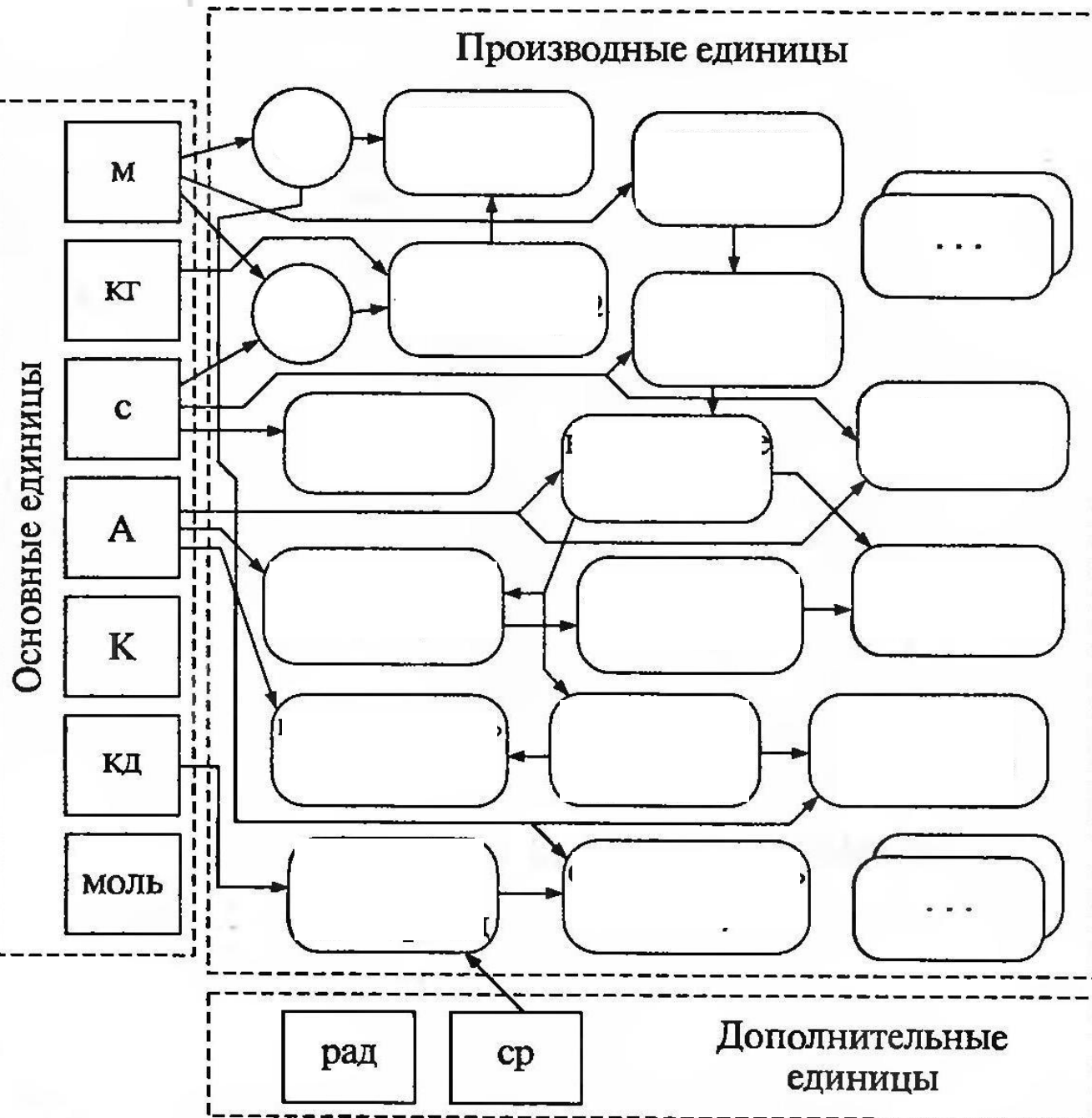
Действительное значение ФВ (conventional true value) – то, которое получено экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него.

Влияющая ФВ (influence quantity) – та, которая оказывает влияние на размер измеряемой величины и (или) результат измерений

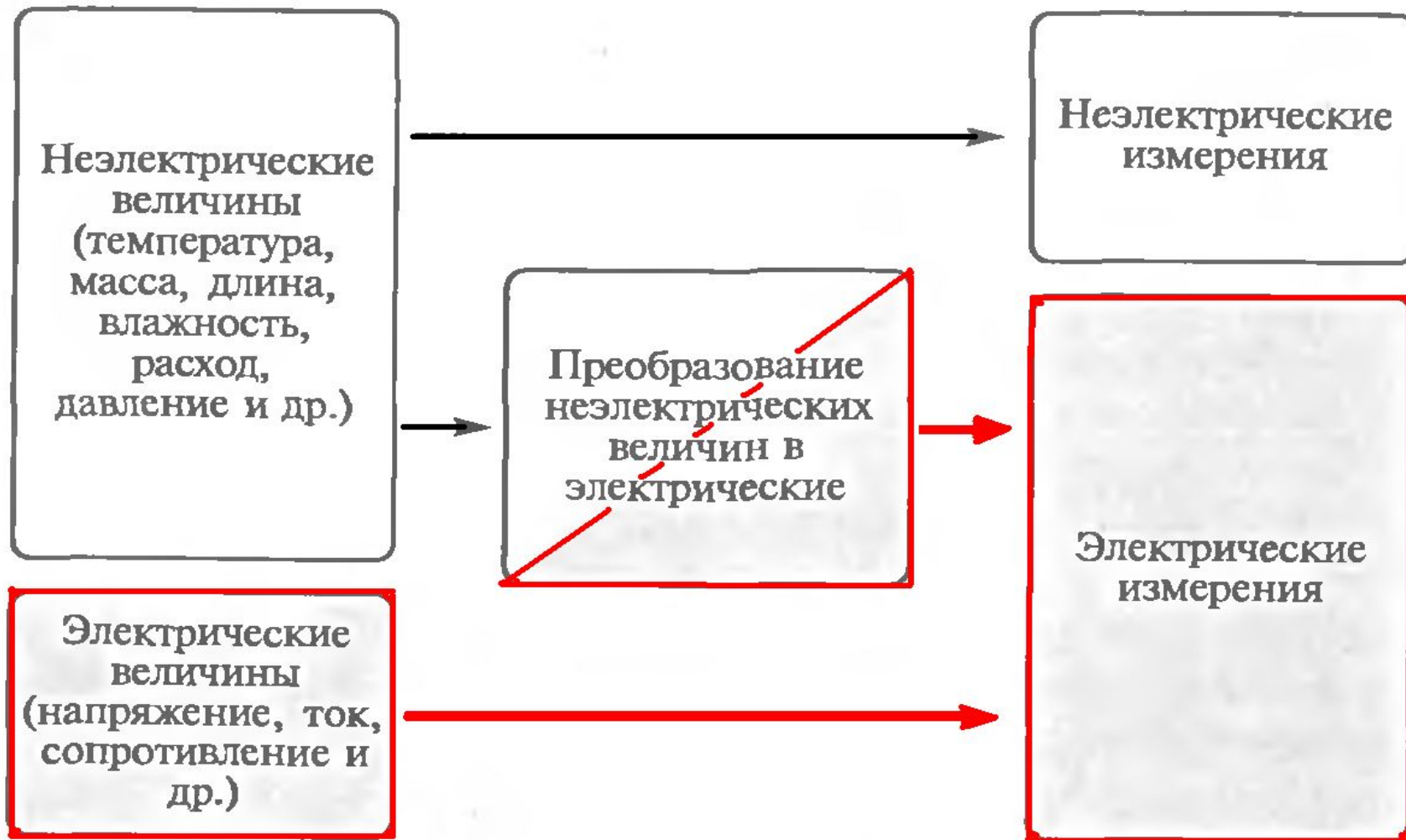
Уравнение связи между величинами – отражает связь между ФВ, обусловленная законами природы, в котором под буквенными символами понимают ФВ.

Взаимосвязь единиц ФВ

- 1. Метр** – путь, который проходит свет в вакууме за $1/299792458$ долю секунды.
- 2. КГ** – международный прототип в Бюро мер. В Германии и США modern.
- 3. Секунда** – 9192631770 периодов излучения между двумя уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома Цезия-133.
- 4. Ампер** – сила DC, которая при прохождении по параллельным проводникам бесконечно малого кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м друг от друга в вакууме, создает бы между проводниками силу, равную $2 \cdot 10^{-7}\text{ Н}$ на 1 м длины проводников.
- 5. Кельвин** – $1/273,16$ часть термодинамической температуры тройной точки воды ($^{\circ}\text{C}$).
- 6. Кандела** – сила света в заданном направлении от источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}\text{ Гц}$, энергия которого в этом направлении = 1 Вт .
- 7. Моль** – количество вещества системы, содержащее столько же структурных элементов, сколько содержится в нуклиде углерода ^{12}C атомов.
- 8, 9. Радиан и стерадиан** – плоский и телесный углы.



3. Подходы к измерению физических величин



Причина широкого распространения последних — простота и удобство *получения, преобразования, передачи и хранения информации, представленной* в электрической форме.



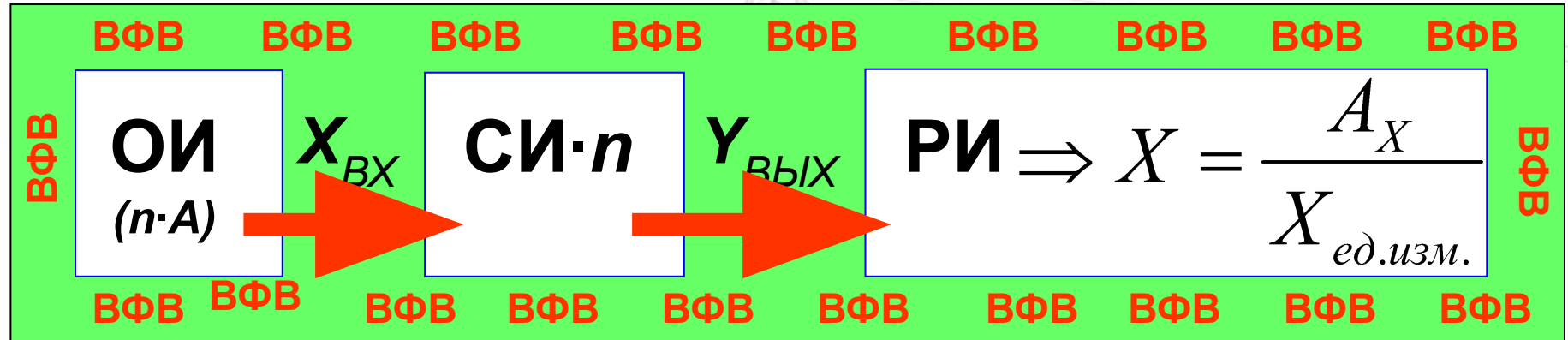
Процесс измерения

- 1. Метод измерения***
- 2. Средство измерения***

Измерение (measurement, РМГ29-99) – совокупность операций специальными техническими СИ, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой ФВ с её единицей и получение значения этой ФВ.



1. Процесс измерения ФВ (А)



Ех., при измерении тока в электрической цепи имеются следующие ВФВ, но при измерении значения температуры окр. среды – она измеряемая.

Температура окружающей среды	$(20 \pm 2)^\circ\text{C} - (20 \pm 5)^\circ\text{C}$
Относительная влажность воздуха	$(55 - 60) \%$
Атмосферное давление	$(100 \pm 4) \text{ кПа} /$ $(750 \pm 30) \text{ мм рт.ст.}$
Действующее значение напряжения питающей сети	$220 \text{ В} \pm 10 \%$
Частота напряжения питающей сети	$50 \text{ Гц} \pm 1 \%$
Максимальный коэффициент нелинейных искажений напряжения питающей сети	5%



Классификация измерений по РМГ 29-99

проце – это процесс нахождения значения ФВ опытным путём с помощью специальных СИ, хранящих единицу измеряемой ФВ.

- прямое** – искомое значение ФВ **непосредственно** получают сравнением с её единицей;
- косвенное** – искомое значение ФВ определяют по результатам прямых измерений других ФВ, функционально связанных с искомой математической зависимостью ($R=U / I$);
- совокупное** – искомое значение ФВ получают на основе одновременного измерения нескольких одноимённых других ФВ (прямо и (или) косвенно) путем последующего решения системы уравнений, характеризующее A в различных их сочетаниях:
- совместное** – одновременное измерение двух или нескольких не одноимённых ФВ для определения зависимости между ними.
- статическое** – измерение ФВ, принимаемое $const$ на протяжении времени измерения $\Delta t_{и}$;
- динамическое** – измерение, изменяющейся по размеру ФВ на протяжении $\Delta t_{и}$;
- абсолютное** – основано на прямых измерениях одной или нескольких основных ФВ и (или) использовании значений физических констант;
- относительное** – измерение отношения ФВ к одноименной, играющей роль единицы, или измерение изменения ФВ по отношению к одноименной, принимаемой за исходную.

Различают также **однократное** и **многократное** (ряд однократных одного замера A), а также **контрольно-поверочные** и **технические** – определяющие уровень точности.



2. Метод измерения (МИ)

приём или их совокупность для сравнения A_x с её единицей (по СИ – A_0) в соответствии принятого принципа измерения (физического явления или эф.).

МИ обуславливается устройством СИ и определяется принципом его построения.

Метод непосредственной оценки – метод измерения, при котором значение измеряемой величины определяют прямо по показывающему средству измерения (отградуированному ОУ – шкала, нониус).

Метод сравнения с мерой – метод измерений, в котором A_x сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой – A_0 . Он более точный чем прямой метод, но несколько сложен. Показывающее СИ – ЦОУ.

Метод сравнения с мерой – для более точных измерений. В зависимости от наличия или отсутствия **разности (ΔX)** между A_x и A_0 при сравнении, различают его модификации, реализуя сравнение **одновременно** или **в разные моменты t** .

Различают также **контактный** и **бесконтактный** методы. В общем, процедура измерения включает операции: **выработки, сравнения, преобразования, представления**. Тенденции повышения точности измерений заключаются в совершенствовании методов, основанных на электрических принципах.

одновременно

дифферен-
циальный

При этом МСМ
измеряется
разность
при сравнении A_x
с известной
однородной A_0
(незначительно
отличающейся
по значению).

нулевой

Типичный
пример
реализации
нулевого
метода –
измерение
параметров
цепей RLC и др.
уравновешивае-
мым мостом
постоянного
тока.

разновременно

Метод замещения,
где в одной цепи
 A_x замещают мерой A_0
с известным
значением ФВ.
Либо метод дополнения,
где к A_x добавляют
значение A_0 с расчётом, что
сумма воздействия на К
будет равна заранее
заданному значению.
Оба метода требуют
большего времени на
процесс измерения.



3. Средство измерения (СИ)

Техническое средство измерения: П, К_{пр}, выработка сигнала

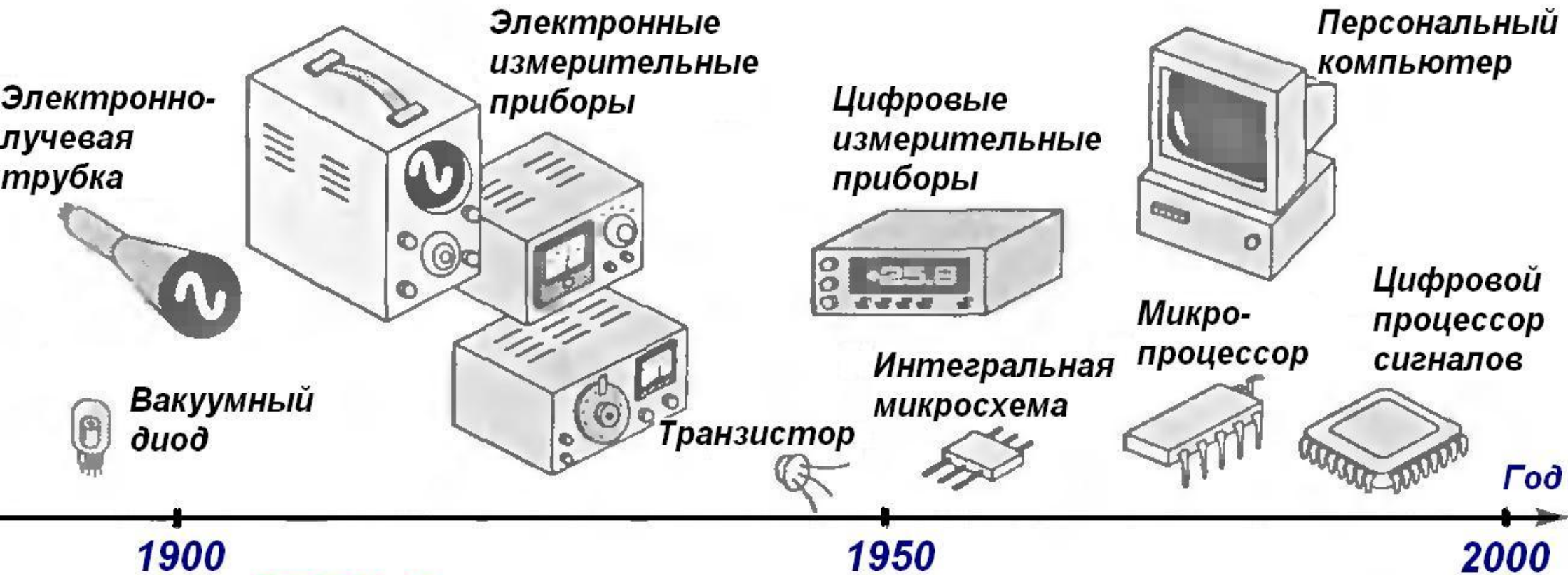
- По классификационным признакам:
 - мера (*material measure*),
 - преобразователь (*measuring instrument*),
 - прибор (*measuring instrument*),
 - установка (*measuring instrument*),
 - система (*measuring system*).

- По значению в иерархии СИ:
 - **ЭТАЛОН** – высокоточная мера для воспроизведения и хранения
 - **ОБРАЗЦОВЫЕ СИ** – для поверки д.б. \geq пределу поверяемого, а д.б. ОСИ поверяются в государственном эталоне
 - **РАБОЧИЕ СИ** – для практических измерений, **которые поверяются в рабочих СИ**. Поверка их осуществляется

Схема передачи размера единицы ФВ



ГСИ – Государственная система приборов и автоматов
*требует строить СИ по блочно-модульному принципу (иерархично), т.с.
формирует унификацию сигналов между СИ для их согласования (НТД):*



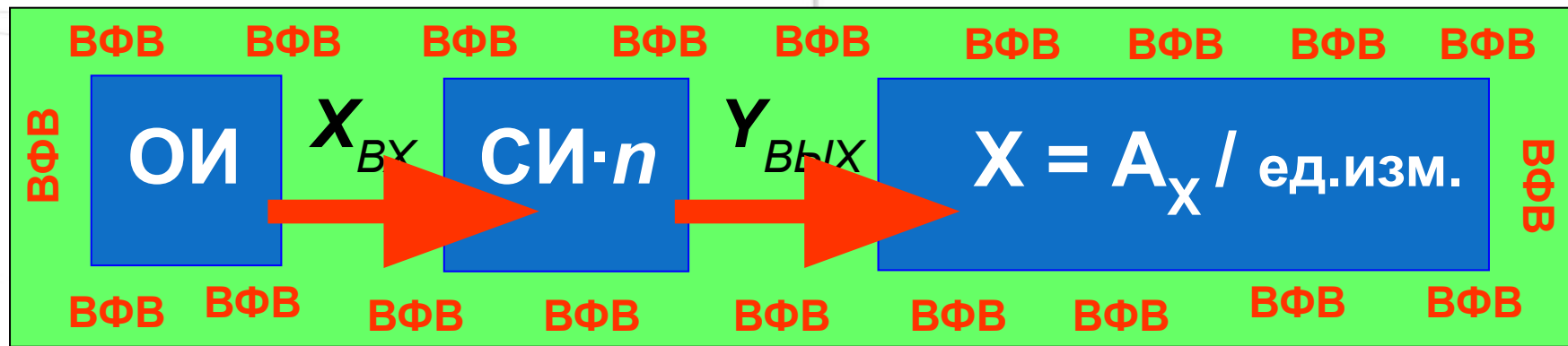
СРС № 3.
Классификация преобразователей и приборов,
их элементная база.



«ТОЧНОСТЬ» – характеристика измерения:

- 1. Погрешность результата измерения**
- 2. Погрешность средства измерения**
- 3. Класс точности и нормирование**

Первая – отклонение R_I от истинного значения (действительного в практике, истина в теории) измеряемой величины – A_x . **Вторая** – разность между показанием СИ и истинным (действительным) значением A_x .



Итак, чтобы представить РИ (X) выполненного (или предполагаемого) измерения **требуется оценить его ПОГРЕШНОСТИ**. На основании известных исходных данных ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ (метода, СИ·n и др.) в практической метрологии выделяют следующие виды **ПОГРЕШНОСТЕЙ**:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{ОСН}} + \Delta_{\text{ДОП}} + \Delta_{\text{МЕТ}} + \Delta_{\text{ВЗД}} + \Delta_{\text{СУБ}}$$

но по квалификационным признакам их делят на две группы:

ОБЩАЯ ГРУППА – Погрешности РИ, описывает разность $\Delta_{\Sigma} = X - A_x$, она возникает вследствие несовершенства используемых методов измерения.

ЧАСТНАЯ ГРУППА – Погрешности СИ (инструментов) – обусловлена НМХ (с учётом экспериментальных) применяемых СИ, определяет насколько действительные свойства средств измерения близки к **НОМИНАЛЬНЫМ**.



1. Погрешность результата измерения

классифицируют по трём общепринятым признакам:

По способу числового выражения:

АБСОЛЮТНАЯ погрешность –
выражается в именованных единицах,
принимаемое по модулю: $|\Delta X|$

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ погрешность –
выражается отношением абсолютной к
действительному или измеренному
значению измеряемой ФВ (в долях или %):

По закономерностям проявления:

В зависимости от источника возникновения погрешности, РИ любого измерения определяют как сумму 4-ёх составляющих, отвечающих на вопрос: «Что является причиной ошибки измерения (каковы источники)?»

МЕТОДИЧЕСКАЯ – обусловлена несовершенством принятого метода измерений, не зависит от инструмента (оценивается и компенсируется). Особенно проявляется при косвенных измерениях СИ-п ($R_{ВН}$, $\Delta_{ВЗД}$ схем вкл.).

ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ (д.б. достаточной) – обусловлена погрешностью применяемого СИ, его НМХ: основной (класс точности) и дополнительной.

СУБЪЕКТИВНАЯ

– зависит от
квалификации
субъекта
(оператора),
состоит из
погрешностей:

ВЫЧИСЛЕНИЙ – обусловлена сложностью алгоритма обработки РИ.



2. Погрешность РИ: инструментальная

в общем, описывается учётом суммы 4^{ЁХ} составляющих:

ОСНОВНАЯ – обусловлена неидеальностью собственных свойств СИ и показывает отличие действительной функции преобразования в **нормальных условиях** от номинальной функции. По способу числового выражения для СИ выделяют: **абсолютную, относительную и приведённую (следующие 2 слайда)**.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ – обусловлена реакцией СИ на изменения внешних влияющих величин (ВФВ), неинформативных параметров входного сигнала ($X_{ВХ}$). Возникает **вместе с основной**, вследствие выхода за пределы нормальных условий измерения (расширенной области значений - РОЗ) измеряемой ФВ – X (**последующие 3,4 слайд**).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ – обусловлена реакцией, возникающей между СИ и ОИ в момент измерения, т.к. каждый из них характеризуется своими собственными свойствами преобразования измерительного сигнала, что естественно мешает, создаёт погрешность, при определении измеряемой ФВ – X (**на ПРАКТИЧЕСКИХ**).

ДИНАМИЧЕСКАЯ – возникает при измерении изменяющейся в процессе измерения ФВ. Обусловлена реакцией СИ на скорость (частоту) изменения $X_{ВХ}$ и зависит от динамических свойств (инерционности) СИ, частотного спектра $X_{ВХ}$, изменений нагрузки и ВФВ. Различают **полную и частную (заключительный слайд вопроса)**.

Основная для ПРИБОРА, по способу числового выражения:

АБСОЛЮТНАЯ погрешность –

разность между показанием X по прибору и истинным A_x (действительным по образцовому или мере) значениями измеряемой ФВ:

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ погрешность –

отношение абсолютной к истинному значению (действительному - A_x) измеряемой ФВ; у аналоговых приборов с уменьшением X эта погрешность увеличивается:

ПРИВЕДЁННАЯ погрешность

(потенциальная точность СИ) – это относительная (%), но выраженная в виде отношения Δ к условно принятому значению ФВ $const$ -ой во всём диапазоне измерений или в его части, т.е. X_N – **нормирующему значению**:

а) $X_N = \text{пределу равномерной шкалы};$

б) $X_N = |X_{\text{ПР.ЛЕВ}}| + |X_{\text{ПР.ПРАВ}}|, (0 \text{ внутри})$

в) $X_N = l_{\text{ПОЛН}} \text{ [мм]}, (\text{неравномерная шк.}).$

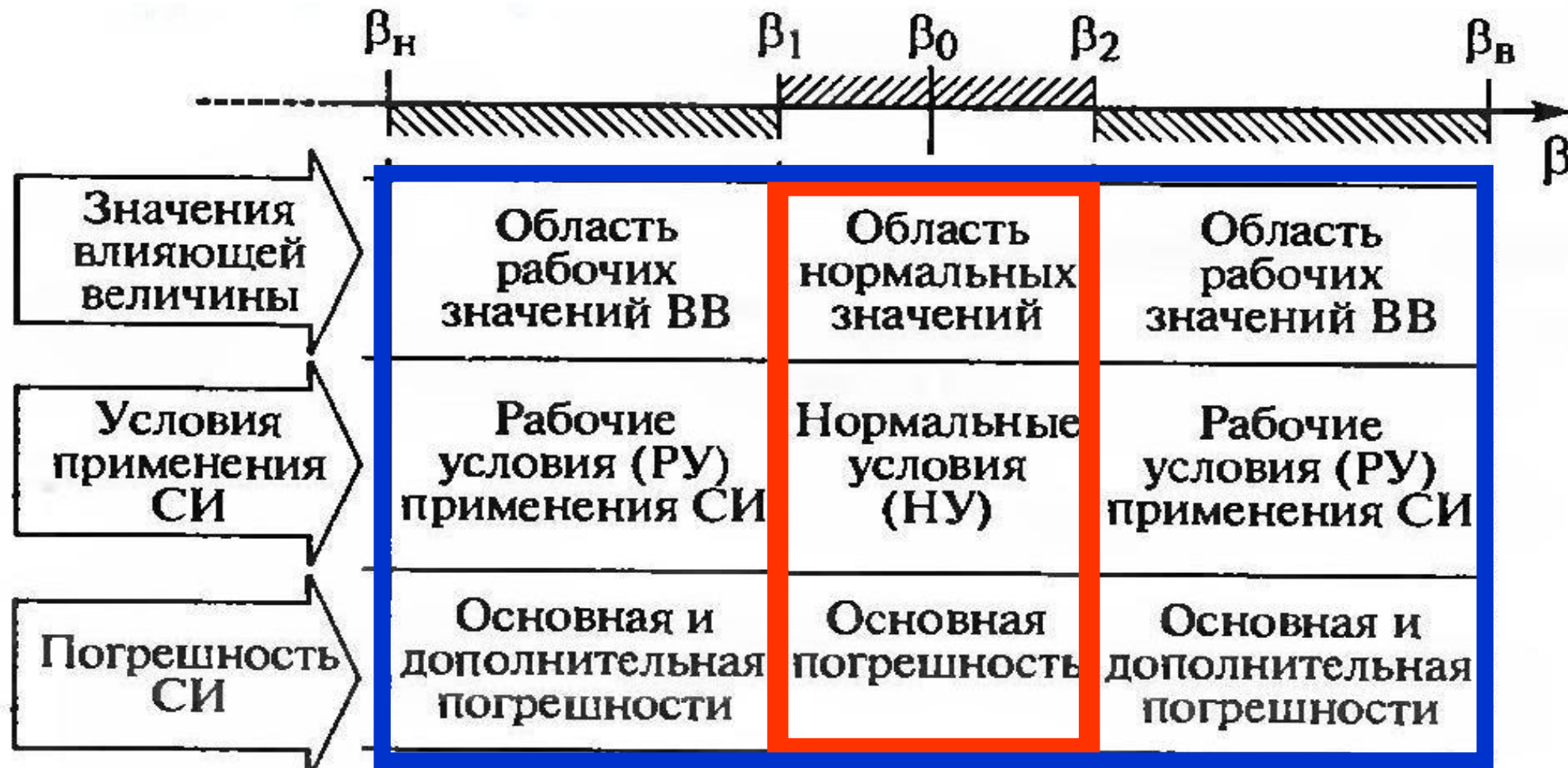
**Формулы
связи:**

$$\Delta = \frac{\delta \cdot X}{100\%}; \quad \Delta = \frac{\gamma \cdot X_N}{100\%}; \quad \delta = \frac{\gamma \cdot X_N}{X}; \quad \gamma = \frac{\delta \cdot X}{X_N}.$$

ОСНОВНАЯ и ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ погрешности СИ

фактические погрешности типового технического устройства.

При оценке работоспособности СИ в различных условиях воздействия окружающей среды различают области возможных значений ВФВ:



Существует область значений ВФВ, при которых возможны хранение или транспортировка СИ.

СТАТИЧЕСКАЯ и ДИНАМИЧЕСКАЯ погрешности СИ

непосредственно возникают из-за неоднозначности принятых НМХ СИ.

Две кривые протекающие через
электромеханический измерительный механизм:



Механическая инерционность подвижной части прибора приводит к неизбежному отставанию ее реакции при быстрых изменениях сигнала. Возникающая при этом Δ_d тем больше, чем выше скорость изменения сигнала и, чем больше масса подвижной части.