

**Тема 1. НЕОБХОДИМОСТЬ
ИСПЫТАНИЙ В ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ
И ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЕЙ И
ТРАКТОРОВ**

Занятие 2: Подготовка испытаний

Учебные вопросы:

1. Подготовка испытаний
2. Общие условия подбора измерительного оборудования
3. Характеристики измерительных комплексов и систем

1. Подготовка испытаний

Этапы организации испытаний

- Планирование испытаний;
- Проведение испытаний;
- Обработка результатов испытаний;
- Выработка заключений и рекомендаций.

Разделы программы испытаний

1. **Основание** для проведения испытаний (распоряжение главного конструктора, появление рекламаций, просьба эксплуатирующих организаций и т. п.);
2. **Характеристика объекта испытаний** с указанием полного наименования машины, индекса и обозначения, количества испытываемых образцов и их пробег (наработка) до начала испытаний, описание конструктивных особенностей, влияющих на измеряемые показатели, и другие сведений, в том числе о предыдущей модели и об аналоге для сопоставления полученных результатов испытаний.
3. **Цель испытаний** с указанием конкретных задач, которые должны быть решены как в процессе проведения экспериментов, так и по их завершении при анализе результатов.

Разделы программы испытаний

4. *Общие положения* с указанием:

- перечня документов на проведение испытаний;
- места и сроков проведения испытаний;
- перечня ранее проведенных испытаний, в том числе стендовых и поагрегатных, поясняющих состояние доработки конструкции;
- перечня руководящих документов, используемых при проведении испытаний;
- обоснования последовательности и методов проведения экспериментов.

Разделы программы испытаний

5. *Подготовку объектов испытаний* – приёмку автомобилей, обкатку, регулировку систем и механизмов (если это необходимо) монтаж и расположение испытательного оборудования, настройку и тарировку аппаратуры.

Разделы программы испытаний

6. Условия и порядок проведения испытаний, где указываются:

- характеристика места и оборудования (специальные испытательные сооружения, дороги) для испытаний;
- метеорологические условия и допустимые отклонения условий испытаний от заданных в соответствующей документации или тактико-технических заданиях;
 - требования к загрузке, техническому обслуживанию, заправке горючесмазочными материалами и хранению испытываемой машины;
- взаимодействие организаций, участвующих в испытаниях;
- материально-техническое обеспечение, в том числе различные технические средства, расходуемые материалы и запасные части, транспортное обслуживание, необходимая конструкторская и технологическая документация;
 - метрологическое обеспечение, включая применяемые измерительные приборы, необходимые для достижения требуемой точности результатов;
 - тепловые режимы агрегатов в процессе испытаний;
 - требования к квалификации основного и вспомогательного персонала, выполняющего испытания и обслуживание.

Разделы программы испытаний

7. Объёмы испытаний, где предусматриваются:

- перечень этапов испытаний и экспериментов, их последовательность;
- нагрузочные и скоростные режимы испытаний, их плановые изменения;
- перечень количественных и качественных показателей эксплуатационных и функциональных свойств и параметров машины, подлежащих определению;
- характеристики дорожно-климатических условий испытаний;
- продолжительность испытаний, в том числе посезонную;
- общая наработка (пробег) машины в процессе испытаний;
- цикличность испытаний (при необходимости).

Разделы программы испытаний

8. Отчетность с указанием:

- перечня отчетных документов, оформляемых в процессе испытаний и после их завершения, порядок их согласования, утверждения, представления и хранения;
- требований рассылки или предъявления отчетных документов.

Структура технического отчета

- введение, определяющее цель и вид проведенных испытаний, основание для их проведения и организацию, проводившую испытания;
- техническую характеристику объекта испытаний;
- общие условия проведения испытаний;
- условия и методики проведения экспериментов, выполненный объём опытов,
- приборы и оборудование, применённые в испытаниях, их характеристики, результаты испытаний по всем разделам программы;
- данные осмотров, измерений износов, выявленные отказы и неисправности, произведенные регулировки и ремонты, израсходованные запчасти ;
- анализ и оценку результатов испытаний;
- перечень выявленных недостатков автомобиля, их причины и рекомендации по устранению;
- заключение в соответствии с задачами отдельных видов испытаний.

Высокое качество испытаний обеспечивается

- независимостью и беспристрастностью непосредственных руководителей испытаний при их высокой компетентности;
- чётким установлением полномочий, прав и ответственности руководителя испытаний и порядка исполнения поступающих от него заявок на проведение работ отдельными подразделениями и службами организации, проводящей испытания;
- привлечением современной автоматизированной техники для управления процессом испытаний и контроля;
- своевременная поверка, калибровка измерительной аппаратуры и подготовка испытательного оборудования и сооружений;
- разработка инструкций и рациональных форм регистрации проводимых экспериментов и их результатов, своевременное обеспечение бланочной продукцией и журналами с облегченными формами регистрации наблюдений;
- установление порядка регистрации изменений или отклонений от программы (вынужденных или по ошибке) с целью исключения скрытых отступлений от предусмотренных условий, влияющих на анализ результатов испытаний;
- организация инспекции выполнения пунктов программы, соблюдения методик, поверки и калибровки аппаратуры, качества осмотров и т.д.

Содержание типовой методики испытаний

- цель испытаний с ссылками на соответствующие инструкции, технические задания, программы;
- название и характеристику объектов испытаний;
- способы и методы измерений, количество повторов опытов;
- условия монтажа аппаратуры и вспомогательных устройств, их тарировки, условия ввода в действие, режимы работы, измерительные схемы;
- перечень стендов, приборов и приспособлений, их метрологические и динамические характеристики;
- режимы испытаний характеристику внешних и внутренних сред, данные по регулировкам, чередованию и программированию режимов;

Содержание типовой методики испытаний

- время и пробег по этапам;
- перечень и количество операций управления и обслуживания (торможения, поворотов, открывания дверей, переключения передач и т. п.);
- дорожные и климатические условия испытаний;
- протяжённость дорог каждого типа;
- время года (число, месяц);
- условия технических обслуживаний и ремонтов;
- способы обработки полученных данных;
- техническую документацию на испытания (перечень, порядок заполнения);
- оценочные параметры, по которым даётся заключение;
- связь между результатами стендовых и дорожных испытаний.

2. Общие условия подбора измерительного оборудования

Под информационно-измерительной системой (ИИС), понимается совокупность функционально объединённых измерительных, вычислительных и других технических средств для получения измерительной информации, её преобразования, обработки с целью представления потребителю в требуемом виде, либо автоматического осуществления некоторых логических функций (управление ходом комплекса испытаний или отдельным экспериментом, контроль за состоянием объекта испытаний или за самой ИИС и др.).

Основные условия обеспечения высокого качества измерительной информации

- **правильный выбор метода измерений;**
- **правильное составление измерительных схем;**
- **точный подбор измерительного оборудования и обеспечение необходимых условий его работы;**
- **квалифицированное управление процессом измерения и обработки данных**

ИИС могут фиксировать:

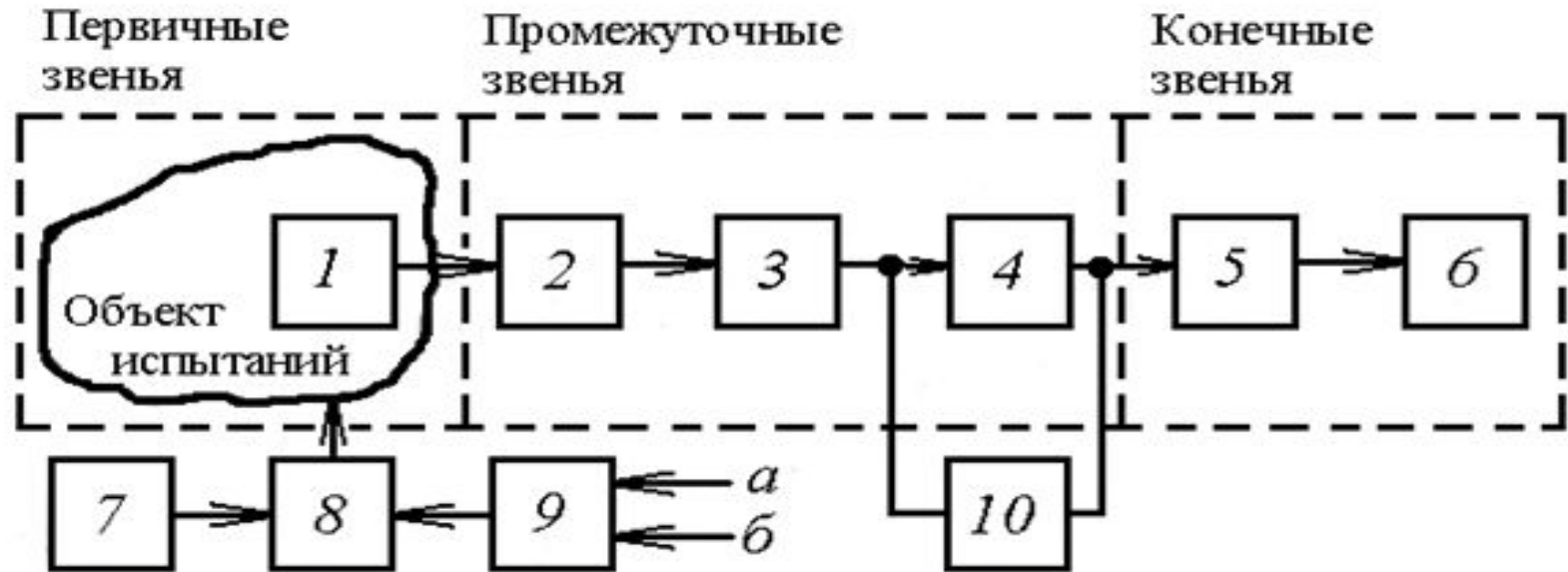
- **мгновенные значения измеряемых величин;**
- **могут выдавать среднее или суммарное значение за опыт;**
- **производить измерение, вычисление и выдачу измеряемых параметров (скорости движения, расхода топлива, нагрузок в трансмиссии и др.)**

ИИС могут фиксировать:

- **мгновенные значения измеряемых величин;**
- **могут выдавать среднее или суммарное значение за опыт;**
- **производить измерение, вычисление и выдачу измеряемых параметров (скорости движения, расхода топлива, нагрузок в трансмиссии и др.)**

- **Дискретные (цифровые) ИИС** выдают результаты в виде множества отдельных значений, которые обрабатываются компьютером по заданной программе и выдаются пользователю в любой удобной для него форме.
- **Аналоговые ИИС** выдают результат измерения в виде непрерывного сигнала на индикатор, указатель, осциллограмму, магнитную ленту или на электронный носитель информации.

Типичная функциональная схема канала ИИС



- 1 - чувствительный элемент;
- 2 – датчик (преобразователь);
- 3 – каналы связи;
- 4 – блок промежуточного преобразования;
- 5 – блок окончательного результата;

Требования к измерительному оборудованию

- заданная точность измерения параметров;
- необходимое быстродействие;
- необходимая чувствительность;
- широкий диапазон измеряемых величин;
- возможность автоматической обработки результатов;
- простота и удобство наблюдения и фиксации процессов;
- дистанционность управления;

Требования к измерительному оборудованию

- широкие пределы измерения процесса;
- простота и удобство монтажа на машине;
- длительность работы;
- виброустойчивость;
- стабильность показаний в реальных условиях

испытаний при неизбежных вибрациях объекта исследований, колебаниях напряжения в энергосети, изменениях температуры и других внешних факторах;

Требования к измерительному оборудованию

- работа в широком диапазоне температур;
- высокая перегрузочная способность;
- малые габариты и вес;
- работа от различных источников питания;
- простота и удобство настройки и регулировки;
- безопасность в работе.

3. Характеристики измерительных комплексов и систем

Измерение - нахождение опытным путём с помощью технических средств значений физической величины, которые выбираются из принятой шкалы делений.

$$X = \frac{A}{a}.$$

$$X = A - a.$$

Измерительный тракт
(измерительный канал или канал информации) это путь, который проходят электрические сигналы полезной информации в процессе своего преобразования.

По способу получения результата измерения подразделяются на:

Прямые измерения заключаются в непосредственном сравнении измеряемой величины с мерой, в том числе путём использования измерительных приборов, проградуированных в единицах измерения данной физической величины.

Косвенные измерения заключаются в определении числового значения измеряемой величины путём математической обработки *прямых измерений* нескольких величин, связанных с искомой величиной известным математическим выражением.

Совокупные измерения заключаются в определении числового значения измеряемой величины путём вычислений по результатам *прямых измерений* одной или нескольких величин, выполненных в различных условиях эксперимента.

Методы измерения

Метод непосредственной оценки – метод, при котором значение измеряемой величины определяют непосредственно по показанию отсчетного устройства измерительного прибора прямого действия.

Метод сравнения – метод, при котором измеряемая величина в специальной измерительной цепи сравнивается с величиной, воспроизводимой мерой.

Методы сравнения подразделяют на нулевой, дифференциальный и замещения.

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

Дифференциальный метод – метод сравнения, в котором на измерительный прибор воздействует разность измеряемой величины и величины, воспроизводимой мерой.

Метод замещения – метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают в измерительной установке известной величиной, воспроизводимой мерой. При этом путем изменения известной величины добиваются такого же показания прибора, которое было при действии измеряемой величины.

Погрешность ΔX средств измерений – это разность между показанием прибора и истинным значением измеряемой величины

$$\Delta X = X_n - X$$

где X_n – показание прибора, а X – истинное значение измеряемой величины.

Погрешности измерений подразделяются по признакам

- по способу выражения – абсолютные, относительные и приведенные;
- по характеру проявления – систематические и случайные;
- по условиям изменения во времени измеряемой величины – статические и динамические ;
- по зависимости от текущего значения измеряемой величины – аддитивные и мультипликативные;
- по способу обработки данных – среднеарифметические и среднеквадратические.

Абсолютная погрешность это разность между показаниями прибора и действительным значением измеряемой величины.

Относительная погрешность – отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины.

Основная погрешность – это погрешность средств измерений в нормальных условиях применения (условиях, установленных нормативно-технической документацией).

Дополнительная погрешность – это составляющая погрешности средств измерений, возникающая вследствие отклонения одной из влияющих величин от её нормального значения.

Относительная погрешность средства измерения определяется по формуле

$$\delta_n = \pm \Delta X_n / X_n,$$

где ΔX_n – абсолютная погрешность прибора;
 X_n – показание прибора.

Приведенная погрешность – это отношение абсолютной погрешности измерительного прибора к нормирующему значению .

Приведенная погрешность Z определяется по выражению

$$Z = \pm \Delta X_n / X_N .$$

Нормирующее значение принимают равным:

-верхнему пределу рабочей части шкалы для приборов, у которых нулевая отметка находится на краю шкалы или вне;

-арифметической сумме конечных значений диапазона измерений, если нулевая отметка находится внутри шкалы;

-номинальному значению прибора, если последний предназначен для измерения величин, имеющих номинальные значения;

-длине всей шкалы для приборов с логарифмической или гиперболической шкалой.

Систематическая погрешность – погрешность, остающаяся постоянной или изменяющаяся по определенному закону.

Случайная погрешность – погрешность, изменяющаяся не по определенному закону.

Аддитивная погрешность – это погрешность не зависящая от значения измеряемой величины в пределах диапазона измерений. Источник – внешние наводки, шумы и т.д.

Мультипликативная погрешность пропорциональна текущему значению измеряемой величины. Источник – нестабильность коэффициента передачи отдельных узлов средств измерений.

Метрологическими характеристиками называются тестируемые числовые показатели точности прибора, которые должны учитываться при его выборе и при составлении измерительной схемы.

Метрологические характеристики измерительных устройств:

- класс точности;
- вариация показаний;
- чувствительность;
- пределы измерения;
- перегрузочная способность;
- собственное потребление энергии.

Класс точности системы или прибора – это обобщённая характеристика, определяемая пределами основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами средств измерений, влияющих на точность результатов.

- Общетехнические приборы и системы всех видов делятся на 4 класса точности: 0,2; 0,5; 1,5; 2,5.
- Электроизмерительные приборы и системы делятся на 8 классов точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.
- Информационно-измерительные и радиотелеизмерительные системы делятся на 7 классов точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5.

Класс точности, например, 2,5, показывает, что для данного прибора приведенная погрешность допускается в пределах 2,5 %.

Вариация показаний характеризует степень устойчивости (стабильности) показаний прибора, изменение которой объясняется необратимыми процессами в механизмах прибора – трением в опорах подвижных частей, остаточной деформацией пружин, люфтами и т. п.

Чувствительностью K прибора или ИИС называется отношение приращения показания прибора da к измерению приращения измеряемой величины dx , вызвавшему это приращение:

$$K = \frac{da}{dx}.$$

Чувствительность ИИС равна произведению чувствительностей всех элементов, составляющих систему.

Пределы измерения это рабочий диапазон шкалы прибора.

Класс точности прибора определяется относительно верхнего предела шкалы.

Для небольших значений измеряемой величины нельзя использовать прибор с большим пределом измерений, ибо это увеличивает погрешность. Например, если вертикальная реакция на колесе в пределах 4 кН измеряется с помощью весов класса 1,5 с пределом измерений 50 кН, то при абсолютном значении основной погрешности

$$\Delta = 50 \cdot \frac{1,5}{100} = 0,75 \text{ кН.}$$

получим инструментальную ошибку измерения

$$\delta = \frac{0,75}{4} \cdot 100 = 16,25 \text{ \%}.$$

Перегрузочная способность прибора – это уровень, выше которого нельзя допускать возникающие перегрузки измеряемой величины.

Амплитудные и фазовые искажения ведут к **динамическим погрешностям** измерений. Характер и величина этих погрешностей определяются *динамическими характеристиками* измерительных устройств.

Числовые параметры динамических характеристик измерительной системы:

- параметры переходного (временного) процесса;
- параметры колебательного процесса;
- коэффициент усиления системы,
- полоса пропускаемых частот, частота среза, частота собственных колебаний.

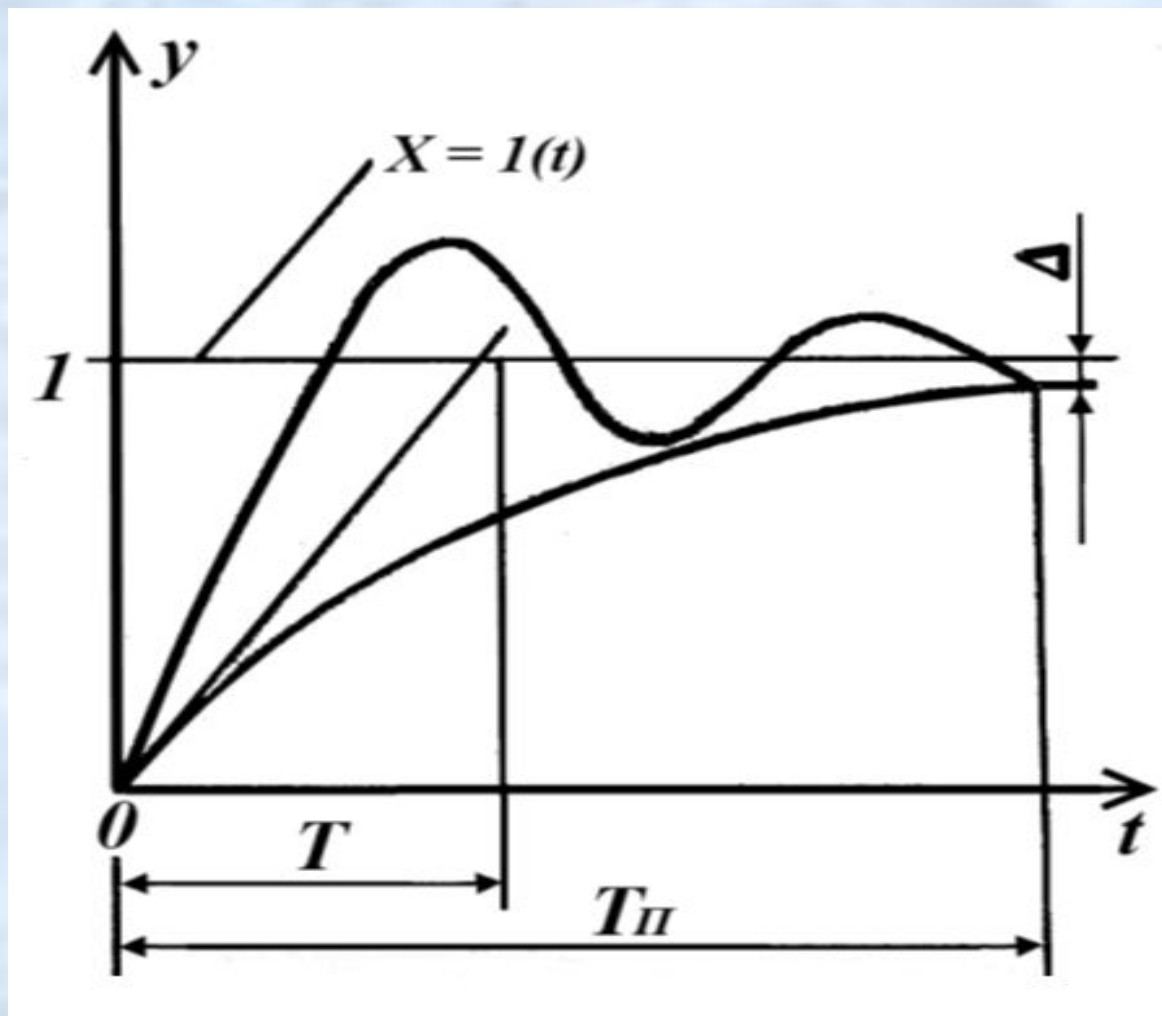
Переходная (временная) характеристика ИИС

представляет собой реакцию на выходе системы, вызванную подачей на её вход единичного ступенчатого воздействия.

Единичное ступенчатое воздействие – это сигнал, который мгновенно возрастает от нуля до единицы и далее остаётся неизменным:

$$I(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t < 0, \\ 1 & \text{при } t \geq 0. \end{cases}$$

Характер протекания переходного процесса



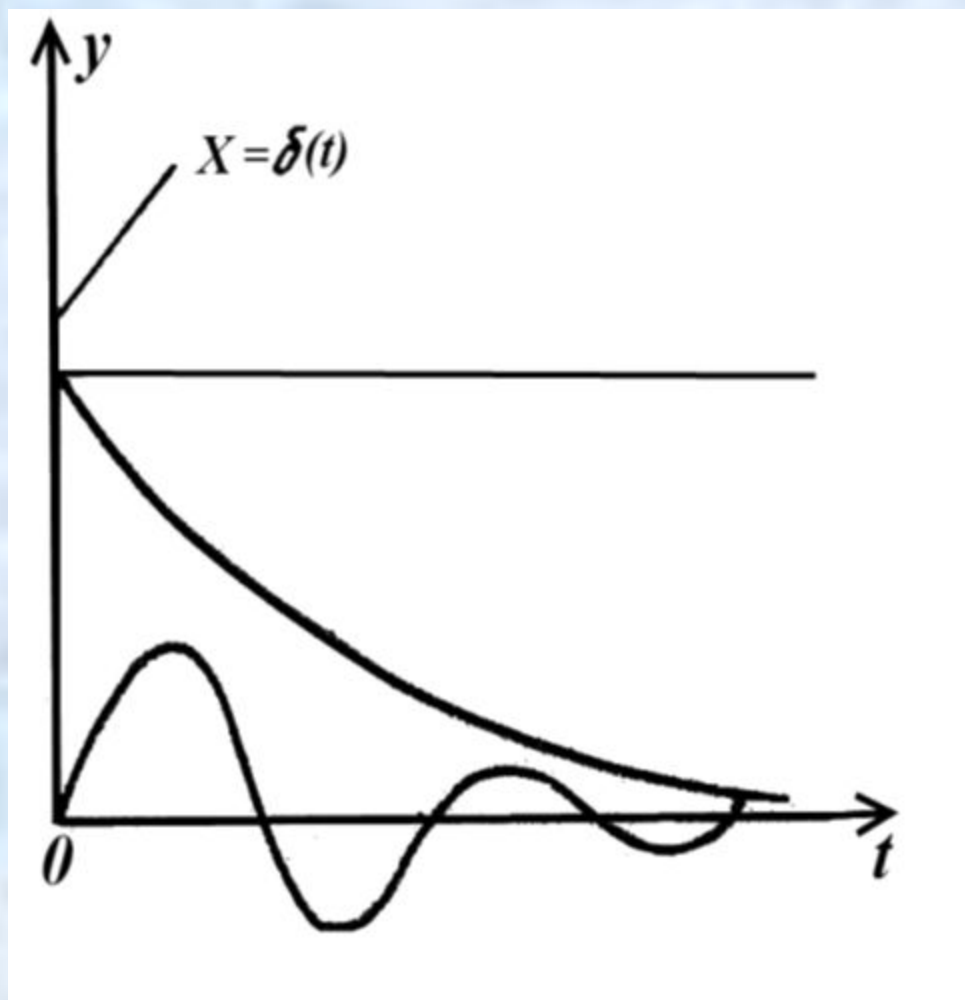
Время переходного процесса T_n определяет промежуток времени, в течение которого система переходит из одного установившегося уровня работы на другой.

Характеристикой быстродействия системы является **постоянная времени T** . Это некоторое условное время, равное времени переходного процесса, протекающего с максимальной для данного устройства скоростью.

Реакция системы на единичный импульс носит название **импульсной (весовой) характеристики**. Единичный импульс (единичная импульсная функция, или, как её называют, дельта-функция) – это математическая идеализация предельно короткого импульсного сигнала, то есть это импульс, площадь которого равна единице при длительности, равной нулю, и высоте, равной бесконечности:

$$\delta(t) = \begin{cases} \infty & \text{при } t = 0, \\ 0 & \text{при } t \neq 0. \end{cases}$$

Реакция системы на единичный импульс



Если на вход системы подавать гармонический сигнал X , то по окончании переходного процесса на выходе системы получим сигнал Y гармонической формы с той же частотой, что и входные колебания, но с другой амплитудой и со смещением по фазе:

$$X = A_{\text{ex}} \sin \omega t, \quad Y = A_{\text{вых}} \sin(\omega t + \varphi),$$

где A_{ex} – амплитуда на входе;

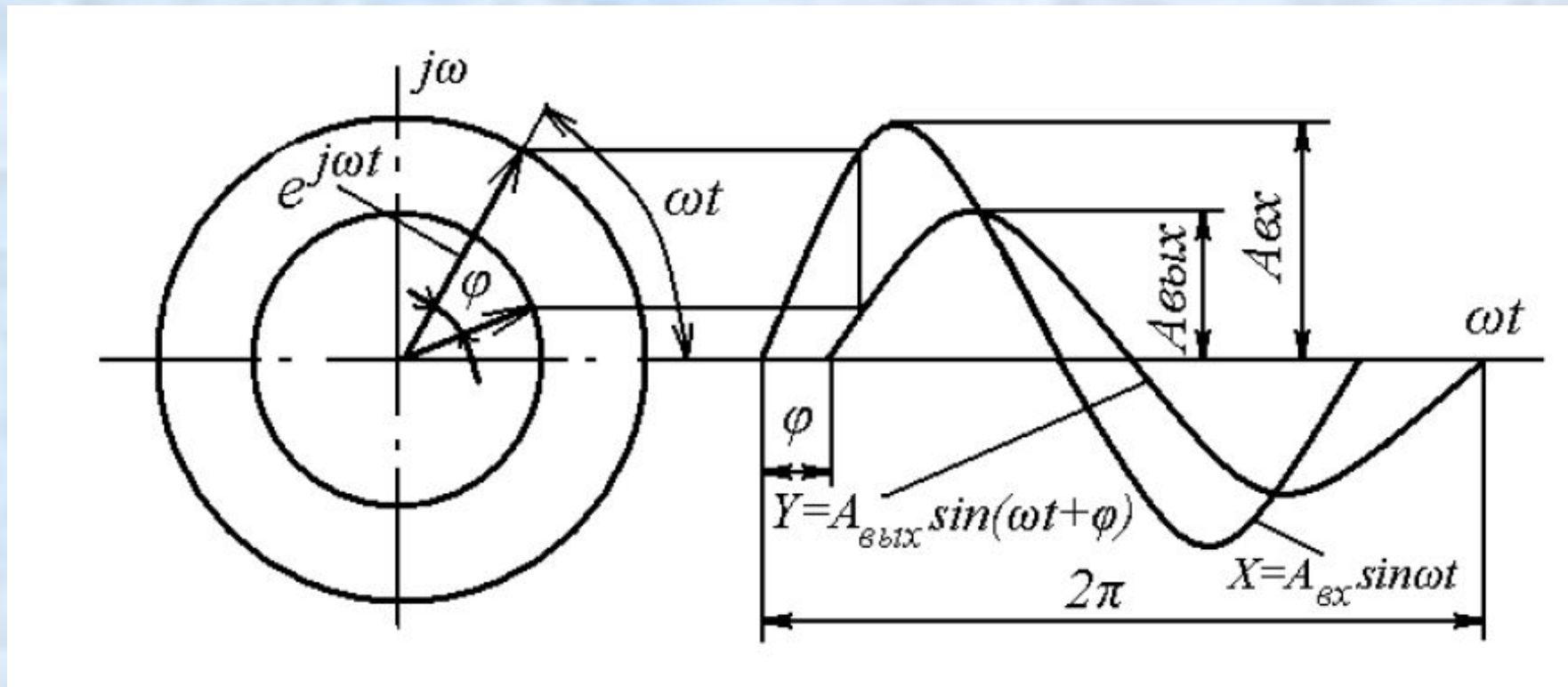
$A_{\text{вых}}$ – амплитуда на выходе;

ω – угловая частота этого воздействия,

φ – фазовый сдвиг между входным и выходным сигналами;

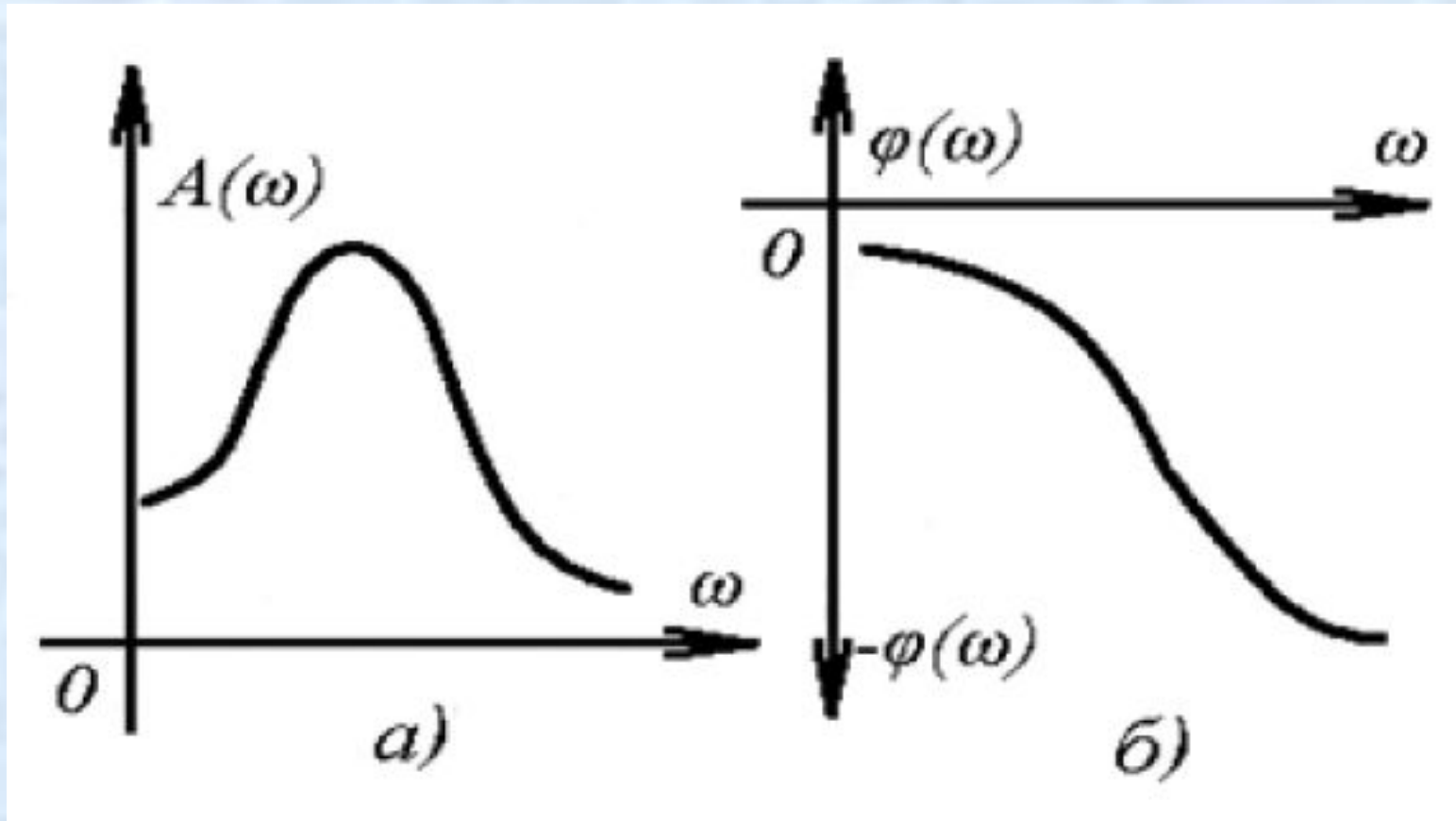
t – текущее время.

Гармонический колебательный процесс



X – входной сигнал, а Y – выходной

Амплитудно-частотная (АЧХ) и фазо-частотная (ФЧХ) характеристики



При равенстве амплитуд колебаний измеряемого сигнала на входе и выходе

$$\frac{A_{\text{вых}}}{A_{\text{вх}}} = 1$$

частота колебаний называется частотой среза $\omega_{\text{ср}}$.

Частота среза в информационно - измерительных системах - частота, при которой произошла 5-процентная потеря сигнала.

Полоса пропускания частот - диапазон частот, который ограничивается частотой среза $\omega_{ср}$.

Модуль амплитудно-частотной характеристики в измерительных системах - отношение амплитуды на выходе ($A_{вых}$) при динамическом режиме работы к амплитуде на выходе при статических испытаниях, то есть динамическую погрешность системы.

Относительная динамическая погрешность

подсчитывается как

$$\frac{A_{\text{вых}} - A_{\text{ex}}}{A_{\text{ex}}}.$$