

# ИНЖИНИРИНГ

Доцент каф. «Приборостроение  
и мехатроника»

Кузнецов Борис Васильевич  
(канд. техн.наук, доцент)

# ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. «Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации» .Под ред. В.А. Новикова, Л.М.Чернигова. – М.: «Академия», 2009 – 368с.

## **б) дополнительная литература:**

1. «Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации»  
Под ред. В.А. Новикова, Л.М.Чернигова. – М.:  
«Академия», 2009 – 368с.
2. БЕЛОВ М.П., ЗЕМЕНТОВ О.И., КОЗЯРУК А.Е. -  
ИНЖИНИРИНГ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ И СИСТЕМ  
АВТОМАТИЗАЦИИ. - М.: АКАДЕМИЯ, 2010. - 400 С.
3. БЕЛОВ М.П., ЗЕМЕНТОВ О.И., КОЗЯРУК А.Е. -  
ИНЖИНИРИНГ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ И СИСТЕМ  
АВТОМАТИЗАЦИИ. - М.: АКАДЕМИЯ, 2010. - 400 С.
4. Антонов В.Н. Адаптивное управление в технических  
системах : учеб. пособие /В.Н.Антонов, В.А.Терехов, И.  
Ю.Тюкин. — СПб. : Изд-во С.-Петербургского универ  
ситета, 2001. - 244 с.

5. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов : учебник / М.П.Белов, В.А.Новиков, Л.Н. Рассудов.-М.: Изд. центр «Академия», 2004. — 576 с.
6. Интернет ресурсы

# **ЛЕКЦИЯ 3-4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

- 1. Основные стадии жизненного цикла  
технических объектов**
- 2. Разработка технических объектов**
- 3. Структура и содержание типовых  
технических требований**

.

# **1. ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

**Основные стадии жизненного цикла  
технических объектов сформулированы в  
ГОСТ Р 53791— 2010 «Стадии жизненного  
цикла изделий производственно-  
технического назначения. Общие  
положения»**

В соответствии с этим документом **жизненный цикл** продукции производственно-технического назначения включает в себя следующие стадии:

- обоснование разработки;
- разработку технического задания (ТЗ);
- проведение опытно-конструкторских работ (ОКР);
- производство и испытания;
- модернизацию;
- использование (эксплуатацию);
- ликвидацию (с избавлением от отходов путем их утилизации и/или удаления).

## **2. РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ (ТИПОВАЯ СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПО ОБОСНОВАНИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ТЕХНИЧЕСКИМ ОБЪЕКТАМ)**

Разработка электротехнического объекта (устройства, комплекса и т.п.) – сложный и длительный процесс.

Непосредственной разработке объекта предшествуют научно-исследовательские работы (НИР).

Тематика новых НИР определяется исходя из основных направлений (перспективных планов) развития отрасли, конкретных программ её развития, предложений регионов, предприятий, научно-исследовательских организаций и вузов.

На основе результатов проведенных НИР по обоснованию перспектив развития энергетики, изыскания научно-технических путей создания (модернизации) объектов, опыта предыдущих разработок аналогичных образцов, анализа информационных и патентных материалов, новейших достижений и перспектив развития отечественной и зарубежной науки, опыта эксплуатации и применения аналогичных объектов, требований стандартов и нормативно-технических документов (НТД) разрабатывается техническое задание (ТЗ) на проведение опытно-конструкторских работ (ОКР).

Широта проблем, решаемых в НИР для разработки ТЗ на ОКР по созданию объектов электроэнергетики определяется стимулирующими факторами, например, появлением более эффективных, менее затратных технологий и материалов, открытиями в науке и технике.

В результате выполнения НИР приходят к выводу или о необходимости создания принципиально нового объекта, или о модернизации существующих.

Процесс создания и внедрения новых образцов связан с заменой большого количества оборудования, средств управления и т. п., что требует крупных материальных затрат и времени. Поэтому чаще осуществляется модернизация. Это позволяет в короткие сроки при сравнительно малых затратах существенно повышать эффективность функционирования технических объектов. Основным разделом ТЗ, создаваемого на основе НИР, являются технические требования (ТТ) к объектам.

**Технические требования к объекту**  
(устройству, образцу, комплексу) – это упорядоченная по определённому замыслу совокупность количественных или качественных характеристик, определяющих его свойства (возможности), используемые для выражения потребностей или ограничений в отношении этого объекта.

Разработка ТТ – важный и ответственный этап создания объекта, ибо от того, насколько обосновано будут выработаны ТТ, настолько правильно и своевременно будет разработан образец (устройство, комплекс) в целом и его элементы.

Предварительная оценка качества невозможна без решения задачи *о выборе принципиальной схемы объекта (устройства, образца, комплекса)*.

Решение этих и ряда других задач позволяет приступить к выбору оптимальных технических характеристик (ТХ) объекта для конкретных условий. Определение набора оптимальных свойств (ТХ) образца и является задачей обоснования ТТ.

Задачи обоснования ТТ решаются в рамках специальных НИР и их решение завершает научные исследования по созданию нового объекта (модернизации существующего).

При разработке ТЗ в соответствии с комплексной системой общих технических требований (КСОТТ) используются общие технические требования (ОТТ) на разработку образцов.

ОТТ представляют совокупность нормативно-технических документов, обязательных для заказчиков и разработчиков, регламентирующих организационно-методические требования к жизненному циклу, разработке ТТ и ТЗ к объектам и методам их испытаний.

Требования к жизненному циклу регламентируют порядок разработки, производства и испытаний. Требования к объектам электроэнергетики включают общие требования ко всем образцам и требования к отдельным изделиям (устройствам). Система ОТТ содержит перечень основных свойств объектов показателей для их оценки и только в отдельных случаях - директивные оценки некоторых показателей.

В научно-технической документации ОТТ имеются общие методики для обоснования отдельных свойств образцов. Однако разработка методик обоснования ряда свойств для конкретных технических объектов до сих пор остается актуальной задачей научных исследований.

### **3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТИПОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ**

Технические требования на устройство (образец и т. д.) являются одним из разделов ТЗ на ОКР при его разработке.

# **ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ОКР ВКЛЮЧАЕТ В СЕБЯ СЛЕДУЮЩИЕ РАЗДЕЛЫ:**

1. Наименование, шифр и основание для выполнения ОКР.
2. Цель выполнения ОКР, наименование, индекс и назначение объекта.
3. Состав объекта (устройства, образца и т. д.).
4. Технические требования к объекту.
5. Технико-экономические требования.

6. Требования по видам обеспечения (метрологическому, математическому, программному и информационному).
7. Требования к сырью, материалам и комплектующим материалам межотраслевого применения.
8. Требования к консервации, упаковке и маркировке.

9. Требования к учебно-тренировочным средствам.
10. Специальные требования.
11. Требования (при необходимости) по обеспечению сохранения государственной тайны при выполнении ОКР.
12. Этапы выполнения ОКР.

В разделе «Состав образца» перечисляют основные составные части образца или приводят требования к его составу, а также указывают назначение составных частей.

Допускается окончательно определить состав образца на этапе эскизного (технического) проектирования.

В разделе «Технические требования к образцу» указывают ТТ, характеристики, нормы, показатели и другие параметры, определяющие назначение, возможности, условия эксплуатации и функционирования.

# **РАЗДЕЛ ДОЛЖЕН СОСТОЯТЬ ИЗ СЛЕДУЮЩИХ ПОДРАЗДЕЛОВ:**

- требования по назначению;
- требования по радиоэлектронной защите (для образцов с радиоэлектронными средствами);
- требования по живучести и стойкости к внешним воздействиям;
- требования по надежности;
- требования по эргономике и технической эстетике;

- требования по эксплуатации, удобству технического обслуживания, ремонта и хранения;
- требования по транспортабельности;
- требования по безопасности;
- требования (при необходимости) по обеспечению сохранения государственной тайны;
- требования по стандартизации и унификации;
- требования по технологичности;
- конструктивные требования.

Номинальные значения величин,  
определяющие требования к ТХ образца,  
приводят с допустимыми отклонениями или  
приводят их наибольшие (наименьшие)  
значения. Статистические параметры  
устанавливают с указанием уровня  
доверительной вероятности, которому  
соответствует данное значение параметра.

**РАССМОТРИМ БОЛЕЕ ПОДРОБНО  
СОДЕРЖАНИЕ ПОДРАЗДЕЛА «ТРЕБОВАНИЯ  
ПО НАЗНАЧЕНИЮ», ОН УСТАНАВЛИВАЕТ:**

- **технические требования, обеспечивающие выполнение образцом своих функций в заданных условиях функционирования и эксплуатации с учетом возможных аварийных ситуаций и катастроф;**

- нормы и количественные показатели, определяющие эффективность образца (пространственные пределы работы, точность выполнения операций, время готовности к работе и др.);

- характеристики (параметры) образца, обеспечивающие выполнение возложенных на него задач (мощность, чувствительность, КПД, грузоподъемность и др.), если их значения по техническим и другим соображениям должны быть ограничены или нормированы;

- порядок и способ взаимодействия с сопрягаемыми объектами (например, возможность использования в технической системе более высокого уровня);

- вероятностно-временные и другие характеристики и показатели, определяющие целевое использование создаваемого образца, или показатели, значения которых по техническим и экономическим соображениям должны быть нормированы (выходная мощность, время непрерывной или циклической работы и др.).

Если значения задаваемых характеристик (параметров) могут быть установлены только с учетом конкретных условий, то эти условия должны быть обозначены или в ограниченных пределах определены (интенсивность и закон потока входных воздействий, климатические особенности и др.).

В технических требованиях формулируются требования к объекту в целом и к его элементам. Кроме требований по назначению в ТЗ устанавливаются и другие.

Так, в подразделе «Требования по радиоэлектронной защите» устанавливаются требования к радиоэлектронным средствам по обеспечению их электромагнитной совместимости и помехозащищенности.

В подразделе «Требования по надежности» устанавливают количественные требования в виде значений комплексных и (или) единичных показателей надежности образца. При необходимости устанавливают требования по допустимым способам обеспечения надежности, в том числе требования к программе обеспечения надежности.

В подразделе «Требования по эргономике и технической эстетике» указывают общие требования к образцу, необходимые для обеспечения его приспособленности к операторской деятельности человека, а также требования по его обитаемости.

В подразделе «Требования по эксплуатации, удобству технического обслуживания, ремонта и хранения» указывают требования к видам и продолжительности технического обслуживания образца, его приспособленности (пригодности) к ремонту и хранению.

Кроме того, здесь определяют требования по обоснованию состава технического и обслуживающего персонала, их квалификации, требования к периодичности технического обслуживания и продолжительности подготовки образца к применению по назначению с учетом различных вариантов использования.

**В подразделе «Требования по транспортабельности» указывают требования к образцу по его приспособленности (пригодности) к транспортированию транспортом различного вида и типа транспортных средств с учетом возможностей транспортных средств и времени, необходимого для подготовки к транспортированию и приведения образца в готовность к функционированию после транспортирования.**

**В подразделе «Требования по безопасности» указывают требования к образцу, обеспечивающие безопасность обслуживающего персонала в соответствии с требованиями Системы стандартов безопасности труда, а также требования к защите окружающей среды при эксплуатации в номинальных условиях и при аварийных ситуациях.**

**В подразделе «Требования по стандартизации и унификации» указывают количественные и качественные требования по стандартизации и унификации образца, включают задания по выявлению объектов стандартизации и унификации, обоснованию их возможности применения в системах различного функционального назначения.**

В подразделе **«Требования по технологичности»** указывают перечень базовых показателей, по которым должна быть проведена оценка приспособленности образца к организации единичного, серийного или массового производства с использованием серийно выпускаемых средств технологического оснащения.

В подразделе **«Конструктивные требования»** указывают требования, характеризующие конструктивные особенности образца.

Таким образом, разработка ТТ к техническому устройству (комплексу) является очень сложной научно-исследовательской задачей.

Для математической постановки задачи должен быть определен показатель эффективности объекта и отдельных их элементов  $W$ :

$$W = F(x, y, u, t), \quad (1)$$

где  $x$  – выходные параметры (функции), характеризующие состояние объекта или отдельных его элементов в данный момент;

$y$  – параметры (функции),  
характеризующие условия  
функционирования и эксплуатации, а  
также воздействие случайных  
факторов;

$u$  – оптимизируемые (управляющие)  
параметры (например, искомые  
качественные характеристики или  
параметры);

$t$  – время (в ряде случаев  $t = 0$ ).

Показатель  $W$ , как правило, задается в вероятностной постановке.

Для математического решения задачи разработки ТТ необходимо на основе полученной иерархической структуры объекта построить его математическую модель, которая обычно выражается системой алгебраических или дифференциальных уравнений вида:

(2)

$$F_1(\dot{x}, x, \dot{y}, y, u, t) = 0$$

При решении задач оптимизации необходимо учитывать ограничения, которые могут накладываться на выделенные ресурсы  $C(x, u, t)$ , параметры  $x$  и  $y$ , оптимизируемые параметры  $u$ , в виде функциональных зависимостей

$$C(x, u, t) \leq C_0; F_0(x, y, u) \leq F_D \quad (3)$$

или в виде параметрических  
неравенств

$$u_1 \leq u \leq u_2.$$

В указанной постановке задача разработки ТТ к техническим объектам может быть сформулирована следующим образом: для сложной системы (объект электроэнергетики), действие которой описывается системой уравнений (2) необходимо определить такое сочетание качественных характеристик  $u$ , чтобы с учетом ограничений (3) показатель эффективности (целевая функция) имел максимальное значение. В ряде случаев ограничения могут накладываться на эффективность и задача сводится к получению минимума затрат.

Для уменьшения размерности и порядка задачи разработки ТТ к электротехническим объектам в ряде случаев там, где это возможно, осуществляется ее декомпозиция, т. е. поиск оптимальных качественных показателей производится не сразу для всей системы, а для отдельных, достаточно простых и, как правило, независимых подсистем с последующим постепенным охватом всей системы. Решение задач начинается с верхних уровней иерархии.

**ТАКИМ ОБРАЗОМ, ОБЩАЯ СХЕМА  
РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАЗРАБОТКИ ТТ К  
ОБЪЕКТАМ (СИСТЕМАМ) МОЖЕТ БЫТЬ  
СЛЕДУЮЩЕЙ:**

1. Анализ целей и задач, решаемых системой.
2. Прогнозирование условий функционирования, достижений науки и техники для определения границ возможных значений качественных характеристик и условий на период применения.
3. Формализация объекта (формирование сложной системы в виде иерархической структуры свойств).

4. Разработка системы показателей для количественной оценки единичных (отдельных) свойств образца (комплекса). Выбор номенклатуры и уровня задания ТТ к образцу (комплексу).

5. Выбор и формализация оценочного функционала (эффективность—стоимость) и критерия принятия решения.

6. Разработка модели для связи оценочного функционала с ТХ (показателями качества) образца (комплекса).
7. Проверка адекватности модели и ее корректировка.

8. Выбор метода оптимизации проведения расчета и поиск объекта с оптимальными характеристиками. Методически возможны два подхода: получение множества вариантов и выбор оптимального; аналитическое решение задачи оптимизации.
9. Проверка условия окончания исследования, учет возможностей реализации оптимальных характеристик системы и её элементов (с учетом прогноза). Если нет – корректировка.
10. Принятие решения по формированию системы ТТ (количественные показатели, их номенклатура). ТТ должны включать доверительную вероятность и методы проверки (контроля) требований.