

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

**САМАРА 2010**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Утверждено Редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного пособия по дипломному проектированию

САМАРА  
Издательство СГАУ  
2010

УДК СГАУ: 658(075)

ББК 65.28

П 791

Авторы: *Г.Ф. Несолонов, Ю.А. Вашуков,*  
*В.В. Морозов, В.В. Варфоломеева*

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. В. А. М и х е е в;  
канд. техн. наук, доц. Е. А. В а к у л и ч

П 791 **Проектирование и требования безопасности:** учеб. пособие по дипломному проектированию / *Г.Ф. Несолонов, Ю.А. Вашуков, В.В. Морозов* [и др.]. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2010. – 112 с.

**ISBN 978-5-7883-0785-5**

На современном этапе развития техники вопросы её безопасности должны закладываться в процессе проектирования на основе требований технического регламента «О безопасности машин и оборудования». Особое внимание этому вопросу должно уделяться со стороны студентов на стадии завершения обучения в университете – работы над дипломным проектом.

Приводятся необходимые требования безопасности, исходя из качественных характеристик проектируемого изделия. В качестве примера описана методика оценки допустимых рисков для электрооборудования.

Настоящее пособие предназначено для дипломников, преподавателей выпускающих кафедр, являющихся руководителями дипломных проектов, а также инженерно-технических работников организаций, занимающихся проектированием различного вида изделий.

УДК СГАУ: 658(075)

ББК 65.28

**ISBN 978-5-7883-0785-5**

© Самарский государственный  
аэрокосмический университет, 2010

# 1 ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА И СООТВЕТСТВИЯ ПРОЕКТИРУЕМОГО ИЗДЕЛИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА «О БЕЗОПАСНОСТИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ» НА СТАДИЯХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Начиная разрабатывать конструкцию любого изделия, конструктор обязан провести маркетинговое исследование о необходимости создания такого изделия. В соответствии с техническим регламентом «О безопасности машин и оборудования» [1] конструктор должен рассмотреть «петлю качества» проектируемого изделия.

## 1.1 «Петля качества» для оборудования

Обеспечить качество выполнения на всех стадиях жизненного цикла проектируемого изделия возможно, рассмотрев «петлю качества», которая включает 11 этапов, или стадий жизни изделия (рис. 1.1), на каждом из которых должно оцениваться его качество.

Таким образом, обеспечение качества продукции складывается из процедур обеспечения ее качества на каждой стадии жизненного цикла.

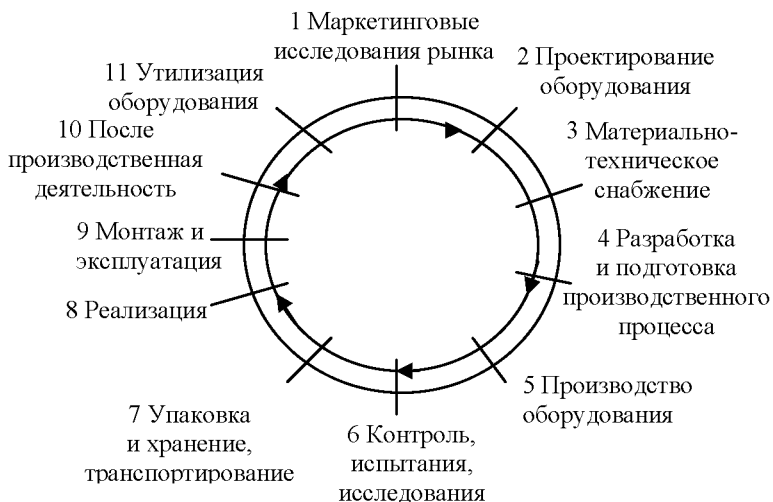


Рис. 1.1. «Петля качества»

## 1.2 Обеспечение качества изделия в рамках маркетинга

Современная трактовка маркетинга как рыночной концепции представляет собой организацию и управление исследовательской, производственно-сбытовой и торговой деятельностью предприятий, ориентированной на требования рынка, реальные запросы и потребности покупателей в товарах и услугах. В системе маркетинга глубокое и всестороннее знание рынка является основой получения и возрастания доходов (прибыли). Как считают английские специалисты, в деятельности промышленного предприятия рыночные факторы по своей значимости не менее важны, чем научно-технические [2].

Сущность сегодняшнего понимания маркетинга может быть выражена формулой: «Проектировать, производить и продавать только то, что, безусловно, найдет сбыт, а не пытаться заставить потребителя брать то, что удалось произвести». Исходя из этого, конструктор на стадии проектирования изделия в первую очередь должен думать о возможностях реализации этого изделия, а затем уже о возможностях его производства. При этом во главу угла ставятся не технические и технологические возможности, не проблема типа «можно или нельзя делать это на том оборудовании, которым располагает предприятие», а интересы потребителя. Негибкость, стабильность производственного процесса сменяется динамичностью, способностью приспосабливаться к существующему спросу. В экономической деятельности главное внимание обращается не на себестоимость продукции, а на ее цену. Исследования предприятия ориентируются не на вопросы производства, а на анализ ситуации рынка. И, наконец, работа предприятия оценивается уже не объемом и ассортиментом производимой продукции, а объемом и ассортиментом продукции, нужной потребителям.

Проектировщик, приступая к разработке нового проекта, должен проанализировать:

- желаемое положение рынка аналогичных изделий, выпускаемых в настоящее время;
- возможное положение проектируемого изделия на потенциальных рынках;
- ассортимент предлагаемых моделей и модификаций;

- предполагаемый уровень технологичности и качества проектируемого изделия относительно аналогичных моделей, производство которых налажено.

Цель маркетинговой деятельности в области качества достигается решением комплекса основных задач, которые в зависимости от уровня принимаемых решений подразделяются: на стратегические, тактические и оперативные (табл. 1.1).

Т а б л и ц а 1.1. Основные задачи маркетинговой деятельности в области качества

Уровень принимаемых решений	Задачи
Стратегический	Исследование тенденций изменения требований к качеству проектируемого изделия. Изучение качества проектируемого изделия с изделиями, производимыми конкурентами. Прогнозирование качества проектируемого изделия. Выдвижение и выбор стратегии по разработке изделия
Тактический	Определение требований потребителей и общества к качеству проектируемого изделия. Сбор, обработка и анализ информации об удовлетворении потребителей и общества качеством проектируемого изделия. Обобщенный анализ требований к качеству проектируемого изделия
Оперативный	Анализ претензий потребителей к качеству аналогичной конструкции с целью их учета при проектировании изделия нового образца

Задачи стратегического уровня связаны с определением и реализацией стратегии предприятия в области качества, формированием долгосрочных маркетинговых программ.

Задачи тактического уровня – с разработкой краткосрочных маркетинговых программ, направленных на улучшение качества электроустановки с учетом изменяющихся требований рынка электрооборудования и общества. Задачи оперативного уровня определяются решением текущих проблем обеспечения качества и, прежде всего, разработкой оперативных маркетинговых программ.

Следует отметить, что представленное в табл. 1.1 распределение задач не является достаточно строгим, так как при решении отдельных тактических задач могут появиться проблемы стратегического характера; аналогичное положение может сложиться, когда при решении оперативных задач возникают проблемы тактического характера.

Конструктор, начиная проектирование нового изделия, должен знать, что одним из обязательных условий маркетинга является наличие актуальной, своевременной и точной информации по всем интересующим проектировщика вопросам.

Система маркетинговой информации – постоянно действующая система взаимосвязи людей, оборудования и методических приемов, предназначенная для сбора, обработки, классификации, анализа, оценки и распространения информации. Ценность информации при проектировании состоит в том, что она должна быть актуальной, своевременной и точной, так как предназначена для использования создания современной конструкции, конкурирующей на рынке сбыта.

Претворяя свои замыслы в реальное изделие, конструктор обязан:

- собрать, по возможности, наиболее полную необходимую информацию по аналогичной конструкции проектируемого изделия;
- провести тщательный анализ собранной информации.

Информация может состоять из чертежей конструкции, аналогичной проектируемому изделию, или чертежей ее отдельных узлов и агрегатов, протоколов и отчетов испытаний, авторских и патентных разработок, справочников, т.е. всего того, что является составным элементом информационного обеспечения качества аналогичной продукции.

Информация по качеству может быть классифицирована в зависимости от показателей качества:

- по номенклатуре;
- нормативам для каждого вида показателей качества;
- фактическим значениям этих показателей;
- исходной информации для определения отдельных значений таких показателей;
- перечню факторов, влияющих на эти значения;
- информация о фактическом состоянии каждого фактора, влияющего на изменение значений показателей качества.

*Нормативы* – это или запланированные значения показателей качества, или значения, соответствующие требованиям нормативной документации.

Необходимую информацию по интересующим вопросам конструктор может получить из анализа общих источников – книг, журналов, в том числе и специальных, и т.п.

*Предпроектное исследование* – систематическое определение круга данных, необходимых в связи со стоящей перед конструктором задачи, их сбор, анализ и воплощение в конструктивные решения. В результате получается первичная информация, т.е. информация, получаемая для достижения конкретной цели исследования.

Основу системного анализа маркетинговой информации составляют статистический банк и банк моделей.

*Статистический банк* – совокупность современных методик статистической обработки информации.

Банк моделей – набор математических моделей, способствующих принятию оптимальных решений, направленных на улучшение качества проектируемой конструкции.

При этом вся информация подразделяется на фактографическую, управляющую и отчетную.

*Фактографическая информация* – это информация, характеризующая какой-либо объект (например, показатели качества продукции, характеристики факторов, влияющих на качество труда).

*Управляющая информация* – это информация о запланированных действиях.



*Отчетная информация* – это информация о выполнении (степени выполнения) запланированных действий.

По каждому виду информации устанавливаются ее потребитель, источник и носители.

*Потребителем информации определенного вида* называется подразделение или должностное, либо любое другое лицо, получающее информацию этого вида для решения стоящих перед ним задач.

*Источником информации* такого вида называется подразделение или должностное, либо любое другое лицо, передающее информацию этого вида определенным заранее потребителям.

*Носителем информации* называется материальный объект, предназначенный для фиксации и хранения информации рассматриваемого вида.

Внешними источниками информации являются:

- торгующие таким классом изделий организации;
- организации, которые хранят аналогичный вид продукции;
- потребители такой продукции;
- разработчики продукции;
- поставщики сырья, материалов, комплектующих изделий, оборудования, оснастки, инструмента;
- специализированные маркетинговые организации;
- общие источники.

Источники и носители внутренней информации и потребители внешней информации определяются в соответствии с задачами проектирования.

Составной частью информационного обеспечения является статистический банк, представляющий собой совокупность современных методик статистической обработки информации, и банк моделей, т. е. набор математических моделей, способствующий принятию оптимальных решений.

## **2 КАЧЕСТВО И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СОГЛАСНО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГЛАМЕНТУ «О БЕЗОПАСНОСТИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ» ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКЦИИ**

### **2.1 Требование к качеству при проектировании и разработке конструкции**

Согласно ИСО 10006 проект – это уникальный процесс (с указанием дат его начала и завершения), состоящий из ряда координируемых и контролируемых видов деятельности, предпринимаемых для достижения цели в соответствии со специфическими требованиями, включая ограничительные рамки времени, затрат и ресурсов.

Концепции стандартов ИСО 10006 и ИСО 9004 предполагают обеспечение качества на полном цикле создания проекта, начиная со стратегии проекта, т.е. выработки его концепции, и кончая завершением проекта и введением в действие проектной документации.

В соответствии со стандартом ИСО 10006 проект рассматривается с точки зрения технологии управления проектом и технологии, относящейся к продукту проекта, т.е. к проектированию, производству и контролю. В отличие от ИСО 10006, содержащего рекомендации по технологии управления проектом, ИСО 9004 содержит рекомендации по технологии продукта проекта.

ИСО 9001 не определяет конкретные требования к проектированию продукции, т. е. к разработке проектной документации (общего вида, подробных чертежей, расчетных обоснований и технических условий, инструкций и т. д.) на продукцию. Именно при проектировании происходит трансформация требований к продукции, образно называемых «голосами потребителей», в язык рабочих документов для производства продукции.

О роли проектирования в современных условиях можно судить по известному правилу 70:20:10, согласно которому, если принять успешное решение проблемы обеспечения качества продукции за 100 %, то 70 % этого успеха зависят от проектирования, 20 % – от изготовления

и 10 % – от эксплуатации (это правило соблюдается тем строже, чем сложнее продукция) [3].

Значение вопросов качества проектирования в ИСО 9004 определяется тем, что рассматриваемый элемент системы качества как объект детализации установленных рекомендаций является наиболее развернутым.

Качество проектирования и разработки продукции обеспечивается установлением и стандартизацией его основных этапов, назначением должностных лиц, ответственных за их надлежащее выполнение, выделением соответствующих ресурсов, организацией эффективного взаимодействия участников работы и оценкой проекта на всех этапах его создания.

Конструктор, приступая к проекту, должен определить основные технико-экономические параметры проектируемого изделия, исходя из сметы затрат на разработку и структуры затрат по этапам внедрения, выявить объем услуг обслуживания, рассчитать прибыль.

Проектирование осуществляется на основе единого плана, включающего в себя обеспечение работ всеми необходимыми техническими средствами, составления календарного графика работ и определения критериев оценки проекта по критериям качества и экономическим показателям.

По завершении каждого этапа разработки проекта проводится документированный анализ результатов проектирования, в ходе которого выявляются и прогнозируются проблемы качества, требующие соответствующего решения. При этом учитываются следующие факторы, относящиеся:

- к требованиям потребителя и их удовлетворению (работоспособность конструкции в предполагаемых условиях эксплуатации, случаи непреднамеренного и неправильного использования, безопасность и экологичность и др.);
- техническому описанию конструкции:
  - безотказность,
  - работоспособность,
  - пригодность к монтажу,

- ремонтпригодность,
- внешний вид,
- требования к этикетированию и др.;
- технологическим требованиям:
  - рациональная компоновка,
  - удобное для сборки, ремонта и демонтажа членение изделия,
  - выбор материала с учетом более экономного по энергетическим затратам формообразования,
  - возможность механизации и автоматизации технологического процесса изготовления деталей, узлов и агрегатов,
  - возможность проведения технического контроля и испытаний,
  - требования к комплектующим, упаковке, погрузо-разгрузочным работам и др.

Разработанная конструкция должна содержать анализ, подтверждающий ее безопасность и экологичность на основе представления объективных доказательств того, что выходные данные по всем стадиям проектирования соответствуют входным требованиям ко всему проекту.

Для проверки проекта конструктор может использовать:

- альтернативные расчеты, подтверждающие правильность принятых решений (на прочность, устойчивость и др.);
- результаты испытаний аналогичных узлов или агрегатов проверки (например, на испытательных стендах);
- данные экспертной оценки аналогичной конструкции, обеспечивающие подтверждение правильности проведенных расчетов или других работ по проектированию.

В процессе проектирования проект должен периодически рассматриваться и оцениваться. Объективность оценки обеспечивается при помощи таких аналитических методов, как анализ:

- надежности и безотказности;
- безопасности на основе анализа диагностического дерева отказов;
- риска отказов.

Особое место при оценке проекта занимают испытания опытных или серийных образцов продукции. Объем и характер таких испытаний обуславливаются допустимыми рисками. Проведение испытаний, как правило, включает:

- оценку рабочих характеристик и надежности электроустановки в предполагаемых условиях ее хранения и эксплуатации;
- контрольные проверки для подтверждения того, что все особенности проекта электроустановки соответствуют установленным требованиям потребителя;
- утверждение правил расчетов и их программного обеспечения.

Результаты всех испытаний и оценки подлежат обязательному документированию.

Проект оценивается на всех стадиях, начиная с составления технического задания и кончая выпуском опытной партии. Так, например, на стадии эскизного проекта в качестве критериев оценки могут использоваться [4]:

- оригинальность вариантов и принципов построения конструкции и ее частей;
- обеспечение требуемой надежности изделия;
- соответствие экономических данных проекта изделия требованиям технического задания;
- соответствие:
  - уровня унификации и стандартизации конструкции регламентированным нормам,
  - материалов, полуфабрикатов и элементов, разрешенных к применению,
  - результатов испытаний требованиям технического задания;
- качество изготовления макетов;
- соблюдение метрологических требований.

Важно отметить, что при оценке проекта на различных стадиях довольно часто возникает необходимость в использовании экспертных методов. Процедуры и правила их применения должны регламентироваться в соответствующих документах.

Результатом окончания проекта является комплект документов, ус- танавливающий степень его готовности к реализации. При этом оцени- ваются:

- технологичность и технические возможности изготовления спроектированного изделия;
- наличие и достаточность инструкций по монтажу, эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту изделия;
- разработанная:
  - тара (если это предусматривается условиями транспортиров- ки и хранения) или упаковки,
  - этикетка по условию экологичности и безопасности изделия;
- выработка условий физического состояния в ходе хранения и транспортировки.

### **2.1.1 Обеспечение требований безопасности при проектировании**

Обеспечение безопасности конструкции должно быть начато при ее разработке. На предпроектном этапе конструктор должен опреде- лить возможные виды опасностей как при штатном, так и аварийном режиме функционирования проектируемого изделия и выработать ме- ры по их устранению, локализации или предупреждению. При разра- ботке определяются точки и методы проверки безопасности электроус- тановки в процессе ее производства и эксплуатации.

В соответствии с *разделом 2 статьи 4* технического регламента «О безопасности машин и оборудования» (далее ТРБМО) при проекти- ровании электроустановки должны быть идентифицированы все опас- ные и вредные факторы на всех стадиях жизненного цикла. Анализу подлежат условия нормальной эксплуатации, возможных чрезвычай- ных ситуаций (отказы и внешние воздействия), предполагаемых оши- бок персонала, при которых недопустимо использование изделия.

Для всех идентифицированных опасностей риски должны быть оценены количественно или (при невозможности количественной оцен- ки) – качественно (*раздел 3 ст. 4 ТРБМО*).

С точки зрения качественной оценки риска можно выделить два признака опасности:

1. Наличие явной угрозы, приводящей к аварии, поломке, сокращению ресурса системы.
2. Изменение функциональных свойств системы, приводящее к потере управляемости конструкции при ее эксплуатации.

Анализ должен обеспечить возможность проверки выполненной оценки безопасности конструкции.

Если оцененный риск недопустимо высок, то для его снижения (или ликвидации соответствующей опасности) должна быть изменена конструкция изделия. Изменение конструкции может включать выбор как соответствующих конструкционных характеристик, так и формы взаимодействия между подвергаемыми опасности людьми и работающим изделием (*раздел 4 ст. 4 ТРБМО*).

При проектировании должно быть ограничено вмешательство персонала во все рабочие режимы. Если вмешательства персонала невозможно полностью избежать, оно должно выполняться, по возможности, с минимальным влиянием на безопасность конструкции.

При невозможности или нецелесообразности снижения риска ниже допустимого уровня изменением конструкции должны быть предусмотрены меры дополнительной защиты (например, ограждения, вентиляция) (*раздел 5 ст. 4*).

Кроме того, должны быть разработаны организационные меры по безопасному использованию изделия (например, инструкции по охране труда, инструкции по безопасной эксплуатации и другие различные инструкции) (*раздел 6 ст. 4 ТРБМО*).

Информация об остаточных рисках (например, риск прикосновения к токоведущим частям, горячим поверхностям конструкции) должна быть обеспечена за счет возможности контроля параметров опасных и вредных факторов (*раздел 7 ст. 4*).

При проектировании должно обеспечиваться выполнение «Основных требований по безопасности при проектировании машин и оборудования» (*раздел 8 ст. 4*).

### ***2.1.2 Требования по применению материалов и веществ***

Применение в конструкции материалов и веществ должно быть безопасно на всех стадиях ее жизненного цикла (*раздел 1 Приложения 2 ТРБМО*).

Рабочие жидкости (масло, топливо и др.), необходимые для работы электроустановки, должны быть безопасны и безвредны.

### ***2.1.3 Требования по снижению рисков механических опасностей***

#### ***2.1.3.1 Требования по устойчивости***

Компоненты конструкции должны быть устойчивы (не допускать опрокидывания и какого-либо неожиданного перемещения) при всех предусмотренных режимах и состояниях с учётом климатических условий и места использования (*раздел 2.1 Приложения 2 ТРБМО*).

#### ***2.1.3.2 Требования по предотвращению разрушения***

Разрушение конструкции не должно приводить к недопустимому ущербу при всех предусмотренных режимах и состояниях в течение ресурса, определенного в «Обосновании безопасности» (*раздел 2.2 Приложения 2 ТРБМО*).

Если остается риск разрушения и нарушения целостности с распадом на фрагменты, в конструкции должны быть предусмотрены меры защиты, например, локализация этих фрагментов в пространстве.

#### ***2.1.3.3 Требования по защите от падающих и выбрасываемых предметов***

При работе электрооборудования должны быть приняты меры защиты от возможных падения, выброса или разлета опасных предметов, например, обрабатываемых деталей, инструментов, отходов (*раздел 2.3 Приложения 2 ТРБМО*).



#### *2.1.3.4 Требования по защите от травмирующих поверхностей и кромок деталей*

Детали конструкции, с которой может соприкоснуться персонал или приобретатель, не должны иметь острых краев, кромок, углов, а также неровных поверхностей, способных нанести травму, если это не препятствует выполнению машиной своих функций (*раздел 2.4 Приложения 2 ТРБМО*).

#### *2.1.3.5 Требования по защите от движущихся частей и упругих элементов*

Движущиеся части конструкции должны быть безопасны для обслуживающего персонала. Если опасность нельзя исключить полностью, то движущиеся части должны быть снабжены защитными ограждениями (сплошными, сетчатыми, прозрачными, стационарными, открывающимися) (*раздел 2.5 Приложения 2 ТРБМО*).

Конструкцию ограждений и устройств, применяемых для защиты от движущихся частей и упругих элементов машин и оборудования, следует выбирать по результатам анализа безопасности.

При возможной случайной блокировке движущихся частей конструктор должен предусмотреть специальные устройства и инструкции для безопасного разблокирования, а также предупреждающие знаки. Конструктором должны быть приняты меры для предотвращения возможной блокировки.

#### *2.1.3.6 Требования безопасности при изменении скорости движения*

Если конструкция предназначена для работы с различными скоростями движения деталей, узлов, агрегатов, то ее конструкция должна быть такой, чтобы изменение скоростного режима было безопасным во всех диапазонах их работы (*раздел 2.5 Приложения 2 ТРБМО*).

## **2.1.4 Требования к средствам и процессам управления для обеспечения безопасности**

Органы управления должны обеспечивать безопасность применения конструкции (*раздел 3 Приложения 2 ТРБМО*), в том числе:

- ясно различаться, идентифицироваться и при необходимости иметь соответствующие обозначения;
- располагаться:
  - с условием исключения опасности от ошибочного включения или выключения,
  - вне опасных зон, кроме органов аварийного останова;
- размещаться так, чтобы их применение не могло создавать дополнительный риск;
- обладать необходимой прочностью;
- предотвращать срабатывание от случайных воздействий.

### **2.1.4.1 Требования по безопасности при пуске (включении) или останове (выключении)**

Пуск или останов изделия должен осуществляться только в результате осознанного воздействия на орган управления, предусмотренный для этой цели. Такое требование не применяется к повторному пуску изделия или к изменению условий работы при выполнении нормальной последовательности автоматического цикла (*раздел 3.1 Приложения 2 ТРБМО*).

Если конструкция имеет несколько органов управления пуском (остановом), то должна быть полностью исключена возможность возникновения опасных ситуаций.

Управление остановом электроустановки должно иметь приоритет над управлением пуском.

После остановки электроустановки или ее опасных частей источник энергии к приводам должен быть отключен.

#### **2.1.4.2 Требования по безопасности при аварийном останове**

Проектируемое изделие при необходимости должно быть оснащено одним или более устройствами аварийного останова для предотвращения фактической или возможной опасности (*раздел 3.2 Приложения 2 ТРБМО*).

Это устройство должно быть легко идентифицируемо и к нему должен быть обеспечен быстрый и безопасный доступ.

#### **2.1.5 Требования по учёту эргономических принципов при проектировании машин**

При проектировании машины должны быть учтены неблагоприятные физиологические и психофизиологические факторы, воздействующие на людей (неудобная поза, чрезмерные усилия и информационные потоки, быстрая смена контрольных сигналов, умственная перегрузка и т. д.) (*раздел 3.3 Приложения 2 ТРБМО*).

#### **2.1.6 Требования по защите персонала от шума**

Конструкция электрооборудования должна быть такой, чтобы опасное воздействие шума было снижено до приемлемого уровня (*раздел 4 Приложения 2 ТРБМО*).

#### **2.1.7 Требования к ограждениям и защитным устройствам**

Так как при эксплуатации машины существуют опасные зоны, то в соответствии с *разделом 5 Приложения 2 ТРБМО* обязательно применение ограждений или защитных устройств.

*Опасной зоной* называется зона (пространство), в которой (ом) постоянно или периодически возникает опасный производственный фактор.

Ограждения и защитные устройства должны:

- иметь надежную конструкцию, не позволяющую легко их преодолеть или вывести из строя;

- не создавать дополнительного риска;
- располагаться на оптимальном расстоянии от опасной зоны;
- не затруднять контроль выполнения производственного процесса;
  - позволять легко устанавливать и заменять инструмент, проводить техническое обслуживание;
  - ограничивать доступ только в зону непосредственного выполнения производственного процесса, представляющего опасность.

#### *2.1.7.1 Требования к неподвижным защитным ограждениям*

Неподвижные ограждения должны быть надёжно закреплены (раздел 5.1 Приложения 2 ТРБМО).

Конструкция креплений неподвижных ограждений должна быть такой, чтобы ограждения можно было переместить только с использованием специального инструмента.

#### *2.1.7.2 Требования к подвижным защитным ограждениям*

Если требуется частый доступ персонала в ограждаемую зону, рекомендуется применять подвижные ограждения (раздел 5.2 Приложения 2 ТРБМО).

Подвижные ограждения должны иметь возможность надёжной фиксации в требуемых положениях.

Съёмные защитные устройства с блокировкой должны быть сконструированы и соединены с системой управления таким образом, чтобы:

- подвижные части не могли двигаться, если они находятся в пределах досягаемости персонала;
- подвижные части защитных устройств могли регулироваться только с использованием специальных инструментов;
- отсутствие или отказ одной из частей защитного устройства не позволяло запустить машину или движущиеся ее части.

### **2.1.8 Требования по электробезопасности**

Машина должна быть сконструирована, изготовлена и смонтирована таким образом, чтобы исключить риск электрических травм и поражения током (*раздел 6 Приложения 2 ТРЕМО*).

Если машина рассчитана на значения рабочих напряжений меньше 1000 В, она должна удовлетворять требованиям специального технического регламента «О низковольтном электрооборудовании».

Конструкция машины не должна допускать опасного накопления статических электрических зарядов.

Электрические устройства включения и выключения машины должны быть чётко обозначены.

Должна быть предусмотрена возможность блокировки этих устройств, если повторное включение опасно для персонала или пользователя.

Прерывание и восстановление подачи электроэнергии к электрическим частям машины, а также любые флуктуации параметров электроэнергии не должны приводить к опасной ситуации, а именно:

- не должна:
  - самопроизвольно запускаться,
  - лишаться возможности остановки;
- должна удерживать обрабатываемые или перемещаемые предметы, выброс которых представляет опасность;
- предохранительные устройства электроустановки должны оставаться эффективными;
- заземление или зануление машины должно обеспечивать условия надежной защищенности обслуживающего персонала.

### **2.1.9 Защита от экстремальных температур**

Должна быть проведена оценка риска получения травм от экстремальных температур (*раздел 8 Приложения 2*).

При необходимости должна быть обеспечена защита от травм при контакте или непосредственной близости с частями машины, оборудованием или используемыми при работе веществами, которые имеют высокую (более 40°C) температуру.

### ***2.1.10 Требования по пожаробезопасности***

Конструкция проектируемого изделия или машины должна исключать опасность пожара, вызванного функционированием машины, либо получаемыми или используемыми при ее работе газами, жидкостями, пылью, парами или другими веществами (*раздел 9 Приложения 2 ТРБМО*).

В необходимых случаях должна быть предусмотрена система извещения о пожароопасной ситуации и система пожаротушения.

### ***2.1.11 Требования по взрывобезопасности***

Конструкция проектируемого изделия должна исключать опасность ее взрыва либо производимых или используемых при ее работе, а также находящихся в окружающей атмосфере газов, жидкости, пыли, паров и других веществ (*раздел 10 Приложения 2 ТРБМО*).

При проектировании должны быть приняты меры, исключающие возможность образования критических концентраций опасных веществ, создающих при соединении с окислителем взрывоопасные смеси.

Все электрические устройства, используемые в конструкции проектируемого изделия или машины, должны соответствовать необходимым требованиям взрывобезопасности.

### ***2.1.12 Требование по защите от излучений***

Конструкция проектируемого изделия (машины, оборудования) должна исключать опасность от действия излучений (инфразвука, ультразвука, инфракрасных, ультрафиолетовых и др.) (*раздел 10 Приложения 2 ТРБМО*).

### **2.1.13 Требования по защите от используемых или выделяющихся агрессивных сред и вредных веществ при работе машин или оборудования**

Конструкция проектируемого изделия (машины, оборудования) должна быть таковой, чтобы исключать опасности для персонала и окружающей среды, связанные с выделением вредных веществ при его работе (*раздел 10 Приложения 2 ТРБМО*).

С учетом проведенной оценки рисков для электрооборудования при проектировании должен быть определен весь комплекс мер для ликвидации и (или) уменьшения (снижения) потенциального ущерба до приемлемого уровня на всех стадиях их жизненного цикла и разработан документ «Обоснование безопасности» (*раздел 9 ст. 4*).

Разработка инструкций по применению является неотъемлемой частью проектирования изделия (машины, оборудования) (*раздел 10 ст. 4*). Инструкции по применению должны включать указания:

- по монтажу или сборке, наладке или регулировке;
- по штатному использованию изделия и меры по обеспечению безопасности, которые необходимо соблюдать при эксплуатации (включая ввод в эксплуатацию, использование по прямому назначению, техническое обслуживание, все виды ремонта, транспортирование, упаковку, консервацию и условия хранения);
- по сроку безопасной эксплуатации изделия;
- по выводу из эксплуатации, демонтажу и утилизации (уничтожению).

### **2.2 Требования безопасности изделия при его изготовлении**

При проектировании изделия (машины, оборудования, приспособления, технологической оснастки) конструктор должен предусмотреть безопасные условия его производства.

При изготовлении изделия изготовитель обязан выполнить весь комплекс мер по обеспечению безопасности, определенный проектом.

Должна быть обеспечена возможность контроля выполнения всех технологических операций, от которых зависит безопасность рабочего (раздел 2 ст. 5).

Если для обеспечения безопасности после и (или) в процессе изготовления машины или оборудования требуется подтверждение какими-либо испытаниями, то их проведение должно быть предусмотрено конструктором в полном объеме с выполнением всех требований проекта (раздел 3 ст. 5).

Изделие, поступающее на рынок, изготовитель должен снабдить информацией по применению (раздел 6 ст. 5).

На корпус изделия должны быть нанесены предупреждающие надписи или знаки об остаточных рисках и об условиях безопасной эксплуатации (раздел 7 ст. 5).

Изделие должно иметь чёткую и нестираемую идентификационную надпись, содержащую следующие данные (раздел 2 ст. 4):

- имя и адрес изготовителя,
- наименование изделия,
- обозначение серии или типа, номер,
- дату изготовления.

### **2.3 Требования безопасности при транспортировании и хранении продукции**

Транспортировка продукции – один из важнейших факторов обеспечения ее качества. Надлежащая транспортировка поступающей, обрабатываемой и готовой продукции требует правильного выбора транспортных средств, планирования транспортных операций и строгого документирования соответствующих процедур.

Транспортирование и хранение изделия, его узлов и деталей проводится с учетом всех требований по безопасности, предусмотренных при проектировании изделия (раздел 2 ст. 6 ТРБМО).

Материалы и вещества, применяемые для упаковки и консервации, должны быть безопасными (раздел 3 ст. 6 ТРБМО).



Погрузка и (или) разгрузка, транспортирование и складирование должны проводиться по разработанным конструктором инструкциям (раздел 4 ст. 6 ТРБМО).

## **2.4 Послепроизводственная деятельность**

Создавая новое изделие (машину, оборудование), конструктор должен учитывать и условия безопасности в момент послепроизводственной деятельности.

Послепроизводственная деятельность, согласно ИСО 9004, охватывает такие ее виды, как хранение, поставка, монтаж и послепродажное обслуживание, включая наблюдение за эксплуатацией изготовленного изделия у потребителя.

Целью деятельности по хранению является обеспечение условий, предотвращающих ухудшение характеристик изделия и его повреждение в процессе хранения. Требования к хранению должны быть отражены в нормативных документах по стандартизации на изделие. На основе этих требований необходимо разработать специальные инструкции, устанавливающие методы, порядок и условия хранения, формы и методы регулярного контроля, а также ответственность за обеспечение хранения [5].

Конструктор должен знать, что помимо документов, регламентирующих процессы хранения, необходимо в системе обеспечения качества разработать инструкции по хранению изделия у потребителя. Эти инструкции должны включаться в комплект сопроводительной документации, направляемой потребителю вместе с изготовленным изделием. При этом в документе о поставке необходимо указывать на обязанность потребителя соблюдать правила хранения продукции и на его ответственность за их нарушение. Это условие способствует уменьшению риска имущественной ответственности при нарушении потребителем условий хранения, которое может вызвать ухудшение качества изделия.

Кроме того, конструктором при необходимости должны быть определены требования и условия транспортировки, а также погрузки и раз-

грузки, которые гарантируют сохранность упаковки и качественных характеристик изделия.

При поставке изделия потребителю завершающим этапом являются сервисные услуги: монтаж и гарантийное обслуживание.

Оказание потребителю возможно большего спектра сервисных услуг по техническому обслуживанию изделия (снабжение потребителя запасными частями и технической информацией; оказание содействия в решении проблем, возникающих в процессе эксплуатации, проведение ремонтных работ и т.п.) значительно повышает конкурентоспособность продукции, одновременно обеспечивая изготовителя данными об эксплуатации изделия и степени удовлетворенности ею потребителя. Такие сведения принято называть «информацией обратной связи», на основе которой совершенствуются конструкция и технология изготовления, обеспечивается повышение ремонтпригодности продукции.

## **2.5 Управление качеством и обеспечение безопасности согласно техническому регламенту «О безопасности машин и оборудования» на стадии эксплуатации**

### ***2.5.1 Управление качеством на стадии эксплуатации***

Целью управления качеством на стадии эксплуатации изделия (машины, оборудования) является максимальная степень использования его свойств в соответствии с назначением и областью применения и техническим заданием. Эти свойства могут утрачиваться под влиянием различных объективных и субъективных причин.

К объективным причинам относятся износ и старение материалов и комплектующих частей (деталей, механизмов, агрегатов) в результате интенсификации внутренних или внешних факторов воздействия.

Субъективными причинами могут явиться нарушение правил пользования, невыполнение инструкций по рациональному планово-профилактическому обслуживанию. Утрата одного или нескольких свойств изделия в процессе его эксплуатации с позиций теории надежности означает отказ. Следовательно, на стадии эксплуатации необходимо поддерживать ее безотказность.

Надежность на стадии эксплуатации изделия должна поддерживаться за счет рациональной организации системы технического обслуживания и ремонта [6].

Рассмотрим в качестве модели стареющего элемента дублированную пару, последовательно соединенную с третьим элементом. Эта модель может соответствовать дублированному оборудованию и механической части любого вида проектируемого изделия.

Дублированная пара может находиться в состояниях:

11 – оба элемента работоспособны;

01, 10 – отказал один элемент;

00 – отказали оба элемента.

Отдельный элемент может находиться в работоспособном состоянии – 1 и неработоспособном состоянии – 0 (рис. 2.1).

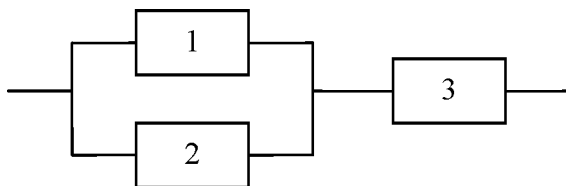


Рис. 2.1. Модель стареющего элемента: 1, 2 – элементы дублированной пары; 3 – нерезервированный элемент

Возможны следующие варианты состояния:

- $E_1$ : 111 – все три элемента работоспособны. Такое состояние называется работоспособным;
- $E_2$ : 011, 101, 110 – предотказное состояние;
- $E_3$ : 001, 100, 010, 000 – неработоспособное состояние.

*Предотказное состояние* – это такое состояние, при котором вероятность отказа повышается.

- $E_4$  – состояние, при котором осуществляется полный ремонт;
- $E_5$  – состояние, при котором осуществляется частичный ремонт;
- $E_6$  – состояние, при котором осуществляется профилактика.

Схема состояний представлена на рис. 2.2. Стрелками показаны возможные переходы из одного состояния в другое.

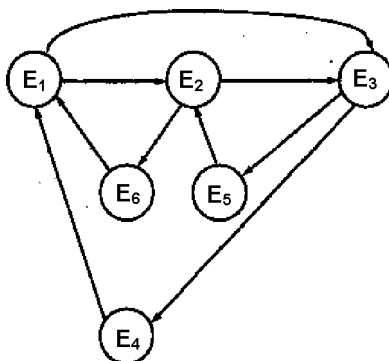


Рис. 2.2. Схема состояний стареющего элемента

Последовательность состояний зависит от надежности, специфики изделия и стратегии обслуживания.

Надежность влияет на длительность времени пребывания в работоспособном состоянии.

Специфика изделия проявляется в совокупности возможных состояний.

*Под стратегией обслуживания* понимается совокупность правил проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту объекта.

Очевидно, что стратегия зависит от надежности и специфических особенностей изделия.

Рассмотрим примеры стратегий:

а) изделие может находиться в двух состояниях  $E_1$  и  $E_3$ . Этот случай соответствует эксплуатации неремонтируемых изделий (сопло плазмотрона). Возможна одна последовательность состояний  $E_1 - E_2$ , заранее рассчитывается наработка до отказа и изделие эксплуатируется в течение времени, не превышающего обусловленный или рассчитанный срок (ресурс);

б) возможны состояния  $E_1$ ,  $E_3$  и  $E_4$ , что соответствует эксплуатации ремонтируемого изделия. Здесь также возможна одна последователь-

ность состояний, но она повторяется циклически  $E_1 - E_3 - E_4 - E_1$ . Эта стратегия заключается в том, что изделие должно эксплуатироваться до наступления отказа. После отказа осуществлять полный ремонт;

в) теперь рассмотрим схемы, в которых имеются состояния  $E_1$ ,  $E_2$  и  $E_3$ . Изделие эксплуатируется в течение времени  $T$ , после чего осуществляется принудительная профилактика. Затем эксплуатация продолжается до следующей (запланированной) профилактики в течение того же времени  $T$ .

Если отказ произошел до того момента, когда была назначена принудительная профилактика, то проводится ремонт, после которого эксплуатацию продолжают, запланировав профилактику через время  $T$ .

Элементами последовательности состояний в этом случае будут:

$$E_1 - E_2 - E_6 - E_1; E_1 - E_6 - E_1; E_1 - E_2 - E_3 - E_4 - E_1$$

$$\text{и } E_1 - E_3 - E_4 - E_1.$$

Стратегия 4 отличается от стратегии 3 тем, что после отказа профилактика не переносится. Элементы этой стратегии те же, что и в стратегии 3.

Следует отметить, что факт нахождения изделия в работоспособном состоянии не всегда очевиден. Поэтому для таких изделий предусматривается определение работоспособности.

Соответствующее состояние изделия  $E_7$  назовем проверкой работоспособности.

Для определения фактического состояния изделия и обнаружения элементов, находящихся в предотказном состоянии, необходимо более глубокое исследование состояния изделия. Эту работу называют осмотром состояния. В этот период изделие находится в состоянии  $E_8$ . Характерной стратегией с применением этих видов работ является так называемая схема хранения. В этом случае возникает задача оптимизации стратегии обслуживания.

Действительно, если проверку работоспособности проводить часто, то значительная доля времени будет занята простоями для прове-

дения этих проверок. Если проверки проводить редко, то значительная доля времени будет приходиться на неработоспособное состояние вследствие отказов. Поэтому возникает вопрос об оптимальном периоде обращения к проверочным и профилактическим работам. В качестве критерия оптимизации можно рассматривать коэффициент готовности.

В общем случае задача оптимизации обслуживания формулируется так: эффективность функционирования изделия оценивается некоторым показателем, величина которого зависит от стратегии обслуживания. Та стратегия, которая обеспечивает максимальное значение этого показателя, называется оптимальной.

Необходимо определить состав профилактических мер из числа возможных для определенного вида изделия и порядок их осуществления, обеспечивающий максимальное значение показателя.

Обобщением этой постановки задачи оптимизации является рассмотрение более общего критерия оптимизации, например стоимостного, величина которого зависит от показателя надежности.

Общая схема возможных состояний изделия приведена на рис. 2.3. При проверке работоспособности состояния  $E_1$  и  $E_2$  не изменяются, первое потому, что в этом нет необходимости, второе – потому, что этот вид работ не обнаруживает предотказного состояния. Этот факт на рис.2.3 отражен дугами без стрелок между  $E_1$  и  $E_7$ ,  $E_2$  и  $E_7$ .

Состояния  $E_1$  и  $E_8$  соединены таким же образом, так как в случае работоспособного состояния и более глубокий анализ изделия не приведет к проведению каких-либо работ.

Если изделие, находящееся в состоянии  $E_2$ , переходит в  $E_8$ , т. е. подвергается осмотру, то из  $E_8$  оно может перейти в  $E_6$ , а затем – в  $E_1$ . Эта цепочка состояний на рисунке соединена стрелками. Если изделие попало в состояние  $E_3$ , то это состояние может быть обнаружено как при проверке работоспособности, так и при осмотре состояния, т. е. в  $E_7$  и  $E_8$ . Из этих состояний возможны два пути: через  $E_5$  в  $E_2$  и через  $E_4$  в  $E_1$ . Эти пути также на рис. 2.3 показаны стрелками. Если отказ изделия проявляется без проведения проверок и осмотров, то изделие из  $E_1$  может сразу переходить в  $E_4$  (затем в  $E_1$ ) и  $E_5$  (затем в  $E_2$ ).

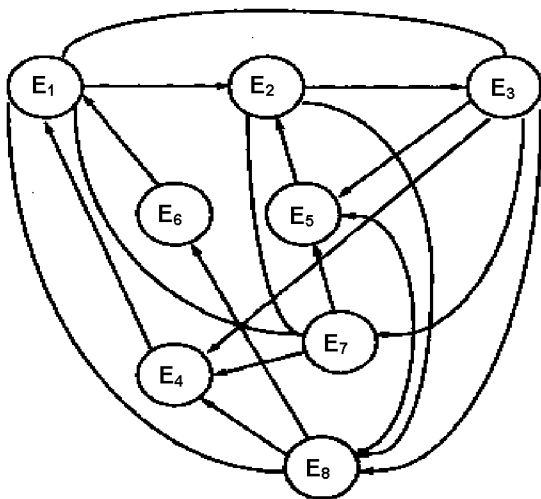


Рис. 2.3. Общая схема возможных состояний электроустановки

Если предотказные состояния всего изделия или его отдельных элементов не существуют или не могут быть обнаружены, то изделие из  $E_1$  сразу переходит в  $E_3$ . Так, в рассмотренной модели такой переход может быть, если первым откажет третий элемент.

На основе этой схемы может быть определена совокупность возможных последовательностей состояний и с ее помощью разработана стратегия обслуживания изделия.

### **2.5.2 Требования безопасности при эксплуатации изделия**

При эксплуатации электроустановки должны быть обеспечены (раздел 2 ст. 7 ТРБМО):

- безопасное использование изделия в пределах установленного в инструкции срока;
- защита от предполагаемого недопустимого использования изделия и терроризма.

Для обеспечения безопасной эксплуатации изделия конструктору необходимо (раздел 3 ст. 7 ТРБМО):

- перечислить все требования и при необходимости составить инструкции по установке и монтажу изделия;
- составить инструкции по эксплуатации, включив в них проектные нештатные ситуации;
- указать сроки обслуживания, ремонтов и необходимых проверок;
- при необходимости указать квалификацию персонала, который должен обслуживать изделие;
- определить срок периодической оценки текущего уровня безопасности спроектированного изделия после его изготовления.

При внесении в конструкцию изделия каких-либо изменений не должен быть снижен установленный в технических регламентах уровень безопасности.

При проведении технического обслуживания, ремонта и необходимых проверок изделия с полным или частичным выведением ее из эксплуатации для обеспечения безопасности конструктор должен предусмотреть требования проведения технического обслуживания или ремонта в течение всего срока проведения этих работ (*раздел 4 ст. 7 ТРБМО*).

После прекращения эксплуатации эксплуатант обязан передать изделие лицу, ответственному за утилизацию (*раздел 5 ст. 7 ТРБМО*).

После прекращения эксплуатации изделия конструктор обязан предусмотреть специальные меры, исключающие дальнейшее его использование (*раздел 2 ст. 8 ТРБМО*).

Персонал, проводящий все этапы утилизации изделия, должен иметь соответствующую квалификацию, пройти соответствующее обучение и соблюдать все требования безопасности труда (*раздел 3 ст. 8 ТРБМО*).



### 3 РАЗРАБОТКА НОМЕНКЛАТУРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРУЕМОГО ИЗДЕЛИЯ

Спроектировав изделие (машина, установка, техоснастка и т.д.), конструктор должен провести оценку его качества. Оценка уровня качества изделия установки, являющейся сложным техническим устройством, должна проводиться в три основных этапа: подготовительный, оценочный и заключительный (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Основные операции по оценке уровня качества

На подготовительном этапе устанавливаются цели и планируются необходимые работы по оценке качества. Важнейшей частью первого

этапа является выбор номенклатуры показателей качества. Номенклатура показателей качества однородной продукции устанавливается в государственных стандартах Системы показателей качества (СПК).

Однако в некоторых случаях необходимо учитывать техническую сложность изделия, а также уникальность некоторых его частей, конструктору следует знать, что не существует СПК, четко регламентирующих номенклатуру показателей качества на проектируемый вид. За основу в этом случае берется типовая номенклатура, которая охватывает все базовые показатели (табл. 2.1).

Т а б л и ц а 3.1. Типовая номенклатура показателей качества машиностроительной продукции

Показатели	Характеризуемые свойства
<b>1 Показатели назначения (технико-эксплуатационные показатели)</b>	
1.1 Производительность (т/ч; шт./мин.; м <sup>3</sup> /ч)	Количество произведенной продукции в единицу времени
1.2 Рабочая вместимость (м <sup>3</sup> ; л)	Технологические или конструктивные возможности оборудования
1.3 Установленная мощность, кВт	Технологические возможности оборудования
1.4 Максимальная грузоподъемность (т; кг)	
1.5 Подача (м/ч; л/с)	Рабочий режим или производительность
1.6 Напор, давление (МПа, кг/мм <sup>2</sup> )	
1.7 Скорость (м/с, км/ч)	
1.8 Масса изделия (вес) (кг)	Конструктивная характеристика
1.9 Габаритные размеры (мм, м)	
1.10 Занимаемая площадь (м <sup>2</sup> )	
1.11 Площадь поверхности теплообмена, м <sup>2</sup>	Производительность или конструктивные возможности

Продолжение табл. 3.1

Показатели	Характеризуемые свойства
1.12 Выход годного продукта (% т/ч, шт./мин)	Качество выполнения операций или содержание брака
1.13 Эффективность обработки сырья, %	
1.14 Коэффициент автоматиза- ции	Уровень автоматизации
1.15 Показатели состава и струк- туры	Качество выполнения технологии изготовления
<b>2 Показатели надежности</b>	
2.1 Вероятность безотказной ра- боты	Безотказность в работе
2.2 Установленная (рассчитан- ная) наработка, ч	
2.3 Средняя наработка на отказ, ч	
2.4 Срок службы до капитального ремонта (установленный ресурс) (ч, мес., год)	Долговечность
2.5 Среднее время восстановле- ния работоспособного состояния, ч	Ремонтопригодность
2.6 Удельная суммарная про- должительность (трудоемкость) технического обслуживания (ре- монтов), нормо-ч	
2.7 Средний срок сохраняемости (ч, мес., год)	Сохраняемость
2.8 Коэффициент готовности	Безотказность и ремонтпригод- ность
2.9 Коэффициент технического использования	
2.10 Износостойкость рабочего инструмента машины (ч, год)	Экономия и эффективность

Показатели	Характеризуемые свойства
<b>3 Показатели экономного расходования сырья, материалов, топлива, энергии и других ресурсов</b>	
3.1 Коэффициент полезного действия (КПД)	Эффективность расходования энергетических ресурсов
3.2 Удельный расход в эксплуатации пара, воды, сжатого воздуха, теплоты и т.п. ( $\text{м}^3/\text{ед. главного параметра}$ )	Экономность расходования ресурсов
3.3 Удельное материалопотребление ( $\text{кг}/\text{ед. главного параметра}$ )	Расход материалов при эксплуатации и ремонте изделия
3.4 Производительность на единицу занимаемой площади ( $\text{км}/\text{ч} \cdot \text{м}^2$ ; $\text{шт.}/\text{ч} \cdot \text{м}^2$ )	
<b>4 Показатели технологичности эксплуатации</b>	
4.1 Трудоемкость выполнения работ, нормо-ч/год	Экономичность трудовых затрат при работе изделия
4.2 Удельная трудоемкость (нормо-ч/шт.; нормо-ч/км)	
4.3 Тяжесть трудового процесса (17 показателей по Р 2.2.2006-05 [7])	Производительность трудового процесса в зависимости от класса условий труда
4.4 Напряженность трудового процесса (23 показателя по Р 2.2.2006-05)	
4.5 Коэффициент блочности	Трудоемкость монтажа
<b>5 Показатели транспортабельности</b>	
5.1 Средняя трудоемкость подготовки изделия к транспортированию, нормо-ч	Трудоемкость
Допустимые параметры тряски при транспортировании (мм, Гц)	Сохраняемость

Показатели	Характеризуемые свойства
<b>6 Эргономические показатели</b>	
6.1 Соответствие изделия эргономическим требованиям к рабочей позе, зоне досягаемости, хватке руки (балл)	Эффективность взаимодействия человека с изделием в процессе эксплуатации
6.2 Соответствие изделия эргономическим требованиям к объему и скорости рабочих движений человека, его силе, условиям приема, переработке и выдаче информации (балл)	
6.3 Соответствие изделия эргономическим требованиям к средствам информационного взаимодействия человека и изделия, а также к формированию навыков работы (балл)	
6.4 Влияние среды использования и влияние изделия через эту среду на эффективность деятельности человека (балл)	
<b>7 Экологические показатели</b>	
7.1 Содержание вредных примесей, выбрасываемых в окружающую среду (% , г)	Сохранение среды обитания и здоровья людей
7.2 Вероятность выбросов вредных частиц, газов или излучений при хранении, транспортировании, эксплуатации изделия	

Показатели	Характеризуемые свойства
<b>8 Показатели безопасности</b>	
8.1. Вероятность безопасной работы человека в течение определенного времени	Безопасность обслуживания изделия
8.2 Время срабатывания защитных устройств, с	
8.3 Сопротивление изоляции токоведущих частей (Ом)	
8.4 Электрическая прочность высоковольтных цепей	
8.5 Уровни звуковой мощности в октавных полосах частот или звукового давления в октавных полосах частот (дБ)	
8.6 Корректированный уровень звуковой мощности или эквивалентный уровень звука (дБ)	
8.7 Логарифмические уровни вибростойкости в октавных полосах частот (дБ)	
8.8 Коэффициент безопасности	
<b>9 Эстетические показатели (балл)</b>	
9.1 Информационная выразительность	Легкость в обучении и управлении изделием
9.2 Рациональность формы	Совершенство конструкции
9.3 Целостность композиции	
9.4 Стабильность товарного вида	Сохраняемость
9.5 Комфортность рабочего места	Повышение работоспособности человека

Показатели	Характеризуемые свойства
<b>10 Показатели стандартизации и унификации</b>	
10.1 Коэффициент применяемости (%)	Насыщенность унифицированными составными частями
10.2 Коэффициент повторяемости (%)	
10.3 Коэффициент межпроектной унификации (%)	
10.4 Процент стандартных частей изделия (%)	Насыщенность унифицированными составными частями
10.5 Процент оригинальных частей изделия, %	Насыщенность принципиально новыми частями, прогрессивность
<b>11 Патентно-правовые показатели</b>	
11.1 Патентная защита	Степень авторской защиты изделия
11.2 Патентная чистота	Степень воплощения в изделие новых решений, не защищенных патентной чистотой
11.3 Показатель территориального распространения	Уровень необеспеченности патентной чистоты
<b>12 Экономические показатели качества изделия</b>	
12.1 Себестоимость производства единицы продукции или работы (руб./шт., руб./км)	Эффективность производства
12.2 Затраты при эксплуатации	
12.3 Затраты на жизненный цикл, руб.	Экономичность эксплуатации
12.4 Цена изделия (руб.)	Потребительская стоимость

Исходя из представленной таблицы, проводится отбор и устанавливаются перечни показателей. Существуют несколько методов выбора номенклатуры показателей качества для каждой из групп (например, экспертный метод, метод выбора по имеющимся документам и т.д.). Этими методами определяется в каждой группе необходимая номенклатура показателей, среди которых выявляются показатели с ограничениями (критические) и которые подвержены моральному старению и изменению с течением времени. С их учетом устанавливаются дополнительные показатели, характеризующие время существования продукции.

В результате анализа типовой номенклатуры определяются лишние (избыточные) показатели, которые не могут быть оценены для изделия, и номенклатура расширяется за счет добавления показателей, которые целесообразно включить для наиболее полного и всестороннего определения качества и учета специфики самой установки [8].

Расширенная номенклатура для проектируемого изделия может иметь вид, представленный в табл. 3.2. При необходимости номенклатура, приведенная в этой таблице, может быть расширена.

Далее выбираются способы сбора и получения информации о фактических численных значениях оцениваемых показателей качества и методы их определения. К основным методам следует отнести:

- экспериментальный (измерительный, регистрационный);
- расчетный;
- экспертный;
- социологический (в определенном случае может не учитываться).

В случае оценки качества установки предпочтение отдается экспериментальному и расчетному методам.

Следующим шагом является определение источников информации о базовых показателях качества и установление их численных значений. Кроме того, выявляются численные значения ограничений (критические величины), а также выявляются условия внешней среды, в которых были достигнуты базовые показатели.



Т а б л и ц а 3.2. Номенклатура показателей качества изделия

Номенклатура показателей качества изделия	Единица измерений	Величина показателя
<b>1 Показатели назначения (технико-эксплуатационные показатели)</b>		
1.1 Производительность	кг/ч	
1.2 Рабочая вместимость	м <sup>3</sup>	
1.3 Установленная мощность	кВт	
1.4 Максимальная грузоподъемность	кг	
1.5 Расход газа	м <sup>3</sup> /ч, л/с	
1.6 Расход воды		
1.7 Давление газа и воды	МПа, кг/м <sup>2</sup>	
1.8 Скорость истечения газа	м/с	
1.9 Температура истекаемого газа	°С	
1.10 Температура нагретых открытых поверхностей изделия		
1.11 Сила тока (при необходимости указывается диапазон изменения)	А	
1.12 Масса изделия (вес)	кг	
1.13 Габаритные размеры	мм	
1.14 Габарит безопасности		
1.15 Занимаемая площадь	мм <sup>2</sup>	
1.16 Выход годного продукта	%	
1.17 Эффективность обработки сырья		
1.18 Коэффициент автоматизации		
1.19 Показатели состава и структуры		
<b>2 Показатели надежности</b>		
2.1 Вероятность безотказной работы		
2.2 Установленная безотказная наработка	ч	

Продолжение табл. 3.2.

Номенклатура показателей качества изделия	Единица измерений	Величина показателя
2.3 Средняя наработка на отказ	ч	
2.4 Средний ресурс		
2.5 Назначенный ресурс		
2.6 Срок гарантии		
2.7 Сроки службы до капитального ремонта (установленный ресурс)	ч, мес., год	
2.8 Среднее время восстановления работоспособного состояния	ч	
2.9 Среднее время простоя		
2.10 Удельная суммарная продолжительность (трудоемкость) технического обслуживания (ремонтов)	нормо-ч	
2.11 Средний срок сохраняемости	ч, мес., год	
2.12 Коэффициент готовности		
2.13 Коэффициент технического использования		
2.14 Износостойкость	ч	
2.15 Износостойкость исполнительных механизмов перемещения деталей (узлов, агрегатов) изделия		
<b>3 Показатели экономного расходования сырья, материалов, топлива, энергии и других ресурсов</b>		
3.1 Коэффициент полезного действия		
3.2 Коэффициент полезного использования ресурса		
3.3 Коэффициент полезного использования газа		
3.4 Экономичность электропотребления		

Продолжение табл. 3.2.

Номенклатура показателей качества изделия	Единица измерений	Величина показателя
3.5 Удельный расход в эксплуатации воды	м <sup>3</sup> /ед.	
3.6 Удельный расход в эксплуатации газа	гл. параметра	
3.7 Удельная занимаемая площадь	м <sup>2</sup> /ед. гл. параметра	
3.8 Производительность на единицу занимаемой площади	мм/с · м <sup>2</sup>	
<b>4 Показатели технологичности эксплуатации</b>		
4.1 Трудоемкость выполнения работ	нормо-ч/год	
4.2 Удельная трудоемкость	нормо-ч/шт., нормо-ч/км	
4.3 Тяжесть трудового процесса при эксплуатации (17 показателей по Р 2.2.2006-05)	балл	
4.4 Напряженность трудового процесса при эксплуатации (23 показателя по Р 2.2.2006-05)		
4.5 Коэффициент блочности		
4.6 Коэффициент эффективности взаимозаменяемости		
4.7 Относительная трудоемкость подготовки изделия к функционированию		
4.8 Удельная трудоемкость подготовки изделия к функционированию	ч	
4.9 Удельная материалоемкость		
<b>5 Показатели транспортабельности</b>		
5.1 Средняя трудоемкость подготовки изделия к транспортированию	нормо-ч	

Номенклатура показателей качества изделия	Единица измерений	Величина показателя
5.2 Допустимые параметры тряски при транспортировании	мм, Гц	
5.3 Диапазон допустимых температур, влажности, давления при транспортировании		
5.4 Коэффициент максимально возможного использования вместимости транспортного средства		
<b>6 Эргономические показатели</b>		
6.1 Соответствие изделия эргономическим требованиям к рабочей позе, зонам досягаемости, хватке руки	балл	
6.2 Соответствие изделия эргономическим требованиям к объему и скорости рабочих движений человека, его силе, условиям приема, переработке и выдаче информации		
6.3 Влияние среды использования и влияния изделия через эту среду на эффективность деятельности человека		
6.4 Показатели соответствия техники зрительному анализатору		
6.5 Показатели соответствия техники слуховому анализатору		
6.6 Показатели соответствия техники мнемоническим возможностям человека		

Продолжение табл. 3.2

Номенклатура показателей качества изделия	Единица измерений	Величина показателя
<b>7 Экологические показатели</b>		
7.1 Содержание вредных примесей, выбрасываемых в окружающую среду (частицы пыли и газа)	%, г	
7.2 Вероятность выбросов вредных частиц, газов или излучений при хранении, транспортировании, эксплуатации изделия		
7.3 Уровень ультразвуковых колебаний		
7.4 Биологическая активность электромагнитного поля		
7.5 Наличие знаков экологичности		
<b>8 Показатели безопасности</b>		
8.1 Вероятность безопасной работы человека в течение определенного времени		
8.2 Вероятность поражения электрическим током		
8.3 Вероятность возникновения пожара или взрыва		
8.4 Время срабатывания защитных устройств	с	
8.5 Сопротивление изоляции токоведущих частей	Ом	
8.6 Уровни звуковой мощности в октавных полосах частот или звукового давления в октавных полосах частот	дБ	

Продолжение табл. 3.2

Номенклатура показателей качества изделия	Единица измерений	Величина показателя
8.7 Корректированный уровень звуковой мощности или эквивалентный уровень звука	дБ	
8.8 Коэффициент безопасности		
8.9 Наличие знаков безопасности		
<b>9 Эстетические показатели</b>		
9.1 Информационная выразительность	балл	
9.2 Рациональность формы		
9.3 Целостность композиции		
9.4 Стабильность товарного вида		
9.5 Комфортность рабочего места		
9.6 Совершенство производственного исполнения и товарного вида		
<b>10 Показатели стандартизации и унификации</b>		
10.1 Коэффициент применяемости	%	
10.2 Коэффициент повторяемости		
10.3 Коэффициент межпроектной унификации		
10.4 Процент стандартных частей изделия		
10.5 Процент оригинальных частей изделия		
<b>11 Патентно-правовые показатели</b>		
11.1 Наличие патентной защиты		
11.2 Патентная чистота		
11.3 Показатель территориального распространения		

Окончание табл. 3.2

Номенклатура показателей качества изделия	Единица измерений	Величина показателя
<b>12 Экономические показатели качества</b>		
12.1 Себестоимость производства единицы продукции или работы	руб./шт.	
12.2 Затраты при эксплуатации	руб.	
12.3 Затраты на жизненный цикл		
12.4 Цена изделия		

Этап оценки уровня качества включает выбор метода оценки, проведение с помощью избранного метода непосредственно технических операций, определение и анализ результатов оценки.

На заключительном этапе принимаются решения, которые являются следствием результатов оценки уровня качества.

Результатом проведения этих работ должно стать заключение об истинном уровне качества плазменной установки и возможности его дальнейшего улучшения и повышения конкурентоспособности среди продукции проектируемого вида.

## 4 ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ И ЭСТЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРУЕМОГО ИЗДЕЛИЯ

### 4.1 Эргономические и эстетические показатели проектируемого изделия и требования по обитаемости

Эргономические требования, требования по обитаемости и требования технической эстетики к проектируемому изделию (системе «человек-машина») направлены на повышение эффективности деятельности и сохранение здоровья операторов, взаимодействующих с изделием, за счет оптимизации:

- структуры взаимодействия операторов и операторов с техническими средствами их деятельности;
- физической, информационной, психологической, умственной нагрузки на оператора;
- условий деятельности, поддержания и восстановления здоровья и работоспособности операторов;
- уровня профессиональной подготовки операторов.

Эргономические требования направлены на обеспечение:

- распределения функций между операторами и техническими средствами в соответствии с их преимущественными возможностями и степенью ответственности решаемых задач;
- соответствия системы отбора, подготовки и организации деятельности операторов возложенным на них функциям и заданному качеству деятельности (быстродействию, точности, надежности, производительности, согласованности операторов и т.п.);
- достаточности и достоверности информации о состоянии управляемого объекта, возможности предвидения направлений развития управляемого процесса, оптимальности состава, содержания, кода, темпа обновления, степени обобщения и детализации информации;
- рациональной и устойчивой рабочей позы оператора, экономии физических усилий при эксплуатации, проведения профилактики и ре-



монта изделий, а также равномерного распределения физической нагрузки на различные части тела оператора;

- быстроты и надежности запоминания и воспроизведения логики действий оператором за счет учета при компоновке элементов рабочего места на основе принципов функционального соответствия, объединения, совмещения, последовательности расположения, важности и частоты использования средств отображения информации (СОИ) и органов управления;

- оптимального сочетания визуальных, акустических, тактильных и других видов сигналов, их быстрого и надежного обнаружения, различения, опознания и дифференцирования в различных условиях деятельности, в том числе в условиях помех;

- надежности:

- поиска, захвата, фиксации, необходимой чувствительности и оптимальных усилий перемещения органов управления при манипулировании ими, а также исключения неправильных действий при работе с несколькими однотипными органами управления,

- обнаружения, наблюдения и рассмотрения объектов при помощи оптических приборов в условиях дня и ночи, снижения искажений изображений, защиты (включая автоматическую) органов зрения оператора от световых вспышек;

- формирования и совершенствования необходимых навыков и умений оператора или группы операторов в условиях, приближенных к реальным условиям деятельности, с учетом степени ответственности предстоящей деятельности и степени влияния на обучение оператора приобретенных ранее стереотипов мышления и действий;

- наглядности и иллюстративности специальной и эксплуатационной документации с учетом уровня профессиональной подготовки операторов и соответствия ее заданным условиям эксплуатации (например, при повышенной температуре среды, в условиях агрессивной среды и слабой освещенности и т.п.);

- удобства использования инструмента и приспособлений для профилактических и ремонтных работ с учетом экипировки (спецодежды) и условий деятельности оператора;

- удобства и надежности поддержания связи между операторами с учетом воздействия шумовых помех и вибраций [9].

Требования по обитаемости должны обеспечивать снижение воздействия на оператора вредных физических, химических, биологических и социально-бытовых факторов на рабочих местах и в обитаемых помещениях с учетом длительности этого воздействия, а также создание условий труда и отдыха, соответствующих характеру деятельности операторов.

Требования технической эстетики устанавливаются в виде требований по обеспечению художественно-конструкторского проектирования изделия (группы изделий) с целью оптимальной реализации в структуре и форме изделий функциональных, технико-конструктивных, эргономических и эстетических требований. А также в виде эстетических требований к характеристикам внешнего строения конкретного изделия с целью достижения высокого уровня художественной выразительности, рациональности формы и целостности композиции изделий и интерьеров обитаемых помещений.

Эстетические требования должны соответствовать эргономическим требованиям и дополнять их в части создания на рабочих местах помещений функционального, психологического и бытового комфорта, улучшающего эксплуатационные (потребительские) свойства изделия.

Требования технической эстетики должны обеспечивать:

- достижение высокого уровня эксплуатационных (потребительских) свойств изделий и их составных частей, управляемых, обслуживаемых и используемых оператором (потребителем) или влияющих на эффективность деятельности (эффективность восстановления работоспособности) операторов в окружающей предметной среде;

- выявление типологии объектов разработки с выделением основных видов и типов изделий по «человеческому фактору» с целью

достижения высокоэффективных контактов оператора (потребителя) с изделиями соответствующих типологических групп;

- установление важнейших пространственно-компоновочных решений, поэлементных и блочно-функциональных членений с таким расчётом, чтобы эти элементы и образцы (базовые модели, базовые модификации) давали необходимое разнообразие комбинаций, отвечающих задачам оптимизации функциональных процессов и создания комфортных условий деятельности оператора;

- проведение:

- типизации и унификации элементов, приводящее к разработке типоразмерных рядов изделий с использованием средств и методов технической эстетики,

- цветофактурного эталонирования материалов и покрытий с целью создания их систем с типизированными цветофактурными характеристиками и функциональными свойствами, позволяющими получать необходимое для выполнения поставленных целей (маскировки, имитации и т. п.) разнообразие решений.

Применительно к конкретным изделиям (группам однородных изделий) и обитаемым помещениям (видам помещений) требования технической эстетики (эстетические требования) должны обеспечивать:

- достижение заданных эстетических показателей качества изделий и обитаемых помещений;

- отражение во внешнем строении изделия и элементах этого строения закономерностей, присущих конструкции изделия и его составных частей, их назначения, состояния и способов действия с ними;

- соответствие внешнего строения изделия условиям эксплуатации и обслуживания изделий;

- создание:

- изделия на единых типовых художественно-конструкторских и конструкторско-технологических решениях наиболее экономичными способами,

- контрастов интерьеров рабочих зон и зон (помещений) отдыха, соответствующих степени и характеру нагрузки на оператора;

- единство внешнего строения изделий, применяющихся совместно, а также элементов внешнего строения одного изделия, выраженное в наличии общих стилеобразующих признаков, гармоничности и единства цветографического решения;
- возможность вариантных компоновок комплексов изделий с сохранением композиционной стройности внешнего строения;
- улучшение восприятия пространства в замкнутых объемах и нейтрализацию неблагоприятных ощущений у оператора в процессе эксплуатации изделия и отдыха.

В состав эргономических требований к изделию включают требования, обеспечивающие удобство и оперативность деятельности оператора при подготовке изделия к работе, его техническом обслуживании и ремонте, а также в аварийных ситуациях.

Эргономические требования к изделиям (группам изделий) в зависимости от видов изделий и уровня обобщения требований устанавливаются в виде:

- значений эргономических показателей качества изделий;
- показателей качества деятельности оператора (ов);
- заданий по достижению определенных свойств изделия, его составных частей и применяемых материалов, процессов управления, уровня профессиональной подготовки операторов (при отсутствии нормативных значений эргономических показателей качества);
- допустимых диапазонов значений, а также конкретных значений технических параметров изделий;
- оптимальных, предельно допустимых, предельно переносимых значений (диапазонов значений) факторов среды на рабочих местах и в зонах (помещениях) отдыха для различных экспозиций;
- норм выброса, испарений, излучений и генерирования изделиями вредных веществ, шумов, вибраций, электромагнитных и ионизирующих излучений;
- ограничений (предпочтительности) применения (использования) определенных СОИ, органов управления, оборудования, мате-

риалов, методов, процессов, обозначений, цветов и т.п., исходя из возможности влияния их характеристик на деятельность оператора;

- уровня унификации типов и конструкции технических средств деятельности оператора и способов их организации в рабочей зоне;

- способов предъявления информации, алгоритмов деятельности операторов в определенной группе изделий;

- указаний:

- по разработке изделий и их составных частей в части учета условий эксплуатации, времени пребывания в автономном режиме, преобладающих показателей качества деятельности оператора, особенностей условий деятельности оператора на определённых рабочих местах,

- зон расположения определенных элементов рабочего места относительно места расположения оператора,

- по обеспечению рационального проведения определенных профилактических и ремонтных работ, монтажа и демонтажа изделий либо указаний времени выполнения этих работ.

К изделиям, не являющимся техническими средствами деятельности оператора (например двигатели, компрессоры, насосы, вентиляторы, генераторы), а также к материалам, применяемым в рабочих зонах и зонах отдыха (например масла, топлива, изоляционные материалы и покрытия), требования устанавливаются в соответствии с п. 1.7, исходя из возможного влияния их характеристик (например уровней шума, вибраций, излучений, приспособленности к техническому обслуживанию и ремонту) на деятельность и здоровье оператора.

Эстетические требования к характеристикам внешнего строения изделий и интерьерам обитаемых помещений устанавливаются в виде:

- требований к эстетическим свойствам изделий;

- качественных и количественных требований к характеристикам внешнего строения изделий;

- указаний по применению художественно-конструкторских средств проектирования или готовых пространственно-компоновочных и цветографических решений.

## **4.2 Порядок выбора состава эргономических требований, требований по обитаемости и эстетических требований**

Выбор состава эргономических требований, требований по обитаемости и эстетических требований к изделиям (группам изделий) и материалам проводят в следующем порядке:

- анализируют (устанавливают):
  - назначение изделия (системы «человек-машина» (СЧМ)), климатические зоны использования (дислокации) и условия применения изделия (СЧМ),
  - задачи, для выполнения которых предназначены изделия (СЧМ), и требования к качеству выполнения задач;
- определяют:
  - возможные режимы работ изделия и его подсистем,
  - предполагаемую роль операторов при выполнении задач, возложенных на проектируемое изделие,
  - сложность решаемых задач, тяжесть физической и напряженность умственной деятельности операторов по данным эксплуатации прототипов и аналогов и их составных частей;
- определяют и анализируют факторы, влияющие на качество деятельности и здоровье операторов (в том числе уровень комфорта на рабочих местах и в зонах отдыха), и их источники;
- устанавливают:
  - взаимосвязи характеристик изделий с требованиями к агрегатам и узлам, входящим в состав изделия,
  - состав эргономических требований, требований обитаемости и эстетических требований к группам изделий и материалов с целью оптимизации их параметров, процессов и условий их эксплуатации,
  - профессиональные качества операторов, необходимые для планового функционирования изделия.

Анализ факторов, влияющих на деятельность операторов, сводится:

- к возможности измерения (расчета) значений воздействующих на оператора факторов и наличию соответствующих измерительной аппаратуры и методик измерений (расчетов);

- направленности воздействия факторов на определенные органы оператора и характеру воздействия факторов (избирательный, общий);

- психофизиологическим состояниям оператора, вызываемым воздействующими факторами;

- характеру возникающих нагрузок и причинам утомления оператора (от монотонности труда, больших затрат физических усилий, информационных и умственных перегрузок и т. п.), психическим и физиологическим энерготратам операторов на преодоление воздействующих факторов;

- предельно переносимым, предельно допустимым и оптимальным значениям факторов, влияющих на деятельность оператора (значение факторов внешней среды, усилия на органы управления, объем и темп подачи информации, количество решаемых логических задач, время действия ускорений и невесомости и т.п.);

- степени и продолжительности влияния на работоспособность и здоровье оператора последствий, возникающих после прекращения воздействия факторов.

При анализе воздействующих факторов учитывают их взаимное влияние (усиление воздействия или взаимная компенсация).

В процессе выбора состава требований по результатам анализа функций операторов и факторов, воздействующих на него, устанавливают:

- перечень преимущественных возможностей человека и технических средств по выполнению определенных задач;

- типы рабочих мест и функциональных помещений в системе «человек-машина» и формулировку художественно-конструкторской проблемы по их совершенствованию;

- способы организации деятельности операторов на коллективном и индивидуальном уровнях;

- номенклатуру:

– технических средств деятельности оператора (операторов) каждого уровня управления, наиболее соответствующих характеру и условиям их деятельности,

– других изделий и материалов, являющихся источниками воздействующих на оператора (операторов) факторов;

- параметры изделий и материалов, к которым предъявляют эргономические требования, требования по обитаемости и технической эстетике;

- способы и номенклатуру средств (в том числе средств технической эстетики) создания и поддержания оптимальных условий деятельности и восстановления (при необходимости) работоспособности оператора (операторов), соответствующие характеру и уровню нагрузок;

- требуемый уровень комфорта на рабочих местах и в обитаемых помещениях;

- способы задания требований.

Конкретный состав требований к группам изделий и материалов определяется нормативными значениями показателей качества деятельности оператора. К таким показателям относятся: точность, быстродействие, надежность и производительность. Формируют требования к уровню эстетических свойств изделия, характеристикам выбранных технических средств деятельности оператора и применяемым материалам, необходимому времени освоения и обслуживания изделия, времени пребывания СЧМ в автономном режиме, а также техническим возможностям автоматизации деятельности оператора, условиям отбора и обучения операторов и стоимости разработки изделия.

В состав требований к изделию в общем виде входят требования к составным частям и применяемым материалам, которые должны учитываться при разработке требований к ним на наиболее низких уровнях разукрупнения техники.

В табл. 4.1 приведена номенклатура эргономических показателей качества проектируемого изделия.



Т а б л и ц а 4.1. Номенклатура эргономических показателей качества

Номенклатура эргономических требований	Характеристика эргономических требований
Распределение функций между оператором(ами) и техническими средствами	<p>Устанавливают коэффициенты автоматизации по времени (важности, трудности) решаемых задач, перечни задач, решаемых автоматически, автоматизирование, режимы взаимодействия оператора с техническими средствами для задач, решаемых автоматизированным процессом, способы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- взаимного дополнения и резервирования оператора и машины;</li> <li>- контроля автоматизированных процессов;</li> <li>- перераспределения функций оператора и машины для выбранных этапов деятельности;</li> <li>- дублирования деятельности оператора</li> </ul>
Квалификация операторов	<p>Устанавливают количество иерархических уровней управления и (или) обслуживания, уровень образования и подготовки операторов каждого иерархического уровня, состав операторов, для которых должен проводиться профессионально-психологический отбор. Определяют возрастную ценз и условия профессиональной пригодности к определенному роду деятельности и условия допуска к работе</p>

Номенклатура эргономических требований	Характеристика эргономических требований
Численность операторов и распределение функций между ними	Устанавливают функциональные взаимосвязи операторов при решении отдельных задач, уровни приоритета решаемых ими задач, нормативные значения вероятности безошибочного и своевременного выполнения задач управления и обслуживания СЧМ в плановых условиях функционирования, необходимость совмещения функций управления и обслуживания, максимальное количество операторов на отдельных иерархических уровнях, показатели загрузки операторов, степень их взаимозаменяемости и совместимости
<b>Организация деятельности оператора</b>	
Алгоритм деятельности оператора(ов)	Устанавливают состав, последовательность и время выполнения операций и действий, включаемых в алгоритмы, количество и состав используемых информационных входов (анализаторов) оператора при выполнении алгоритмов, количество альтернативных ветвей алгоритмов, способы реализации обратных связей при выполнении алгоритмов, состав исключаемых в условиях дефицита времени операций и действий, общее количество алгоритмов, которые могут быть предусмотрены для одного оператора в плановых условиях функционирования СЧМ, количество

Номенклатура эргономических требований	Характеристика эргономических требований
	органов управления, используемых при выполнении алгоритмов, способы организации алгоритмов в аварийных режимах, нормативные значения показателей стереотипности и логической сложности алгоритмов, нормативные значения показателей качества деятельности оператора(ов)
Квалификация операторов	Действия оператора должны быть регламентированы конструктором перед началом, во время и по окончании работы, а также при аварийных и чрезвычайных ситуациях
Информационные модели деятельности оператора(ов)	Устанавливают соответствие информационной модели характеру управляемого объекта и логике развития управляемого процесса, состав отображаемых информационных параметров, способы отображения управляющих воздействий, объем отображаемой информации и соотношение информации различных видов, условия нахождения, различения, опознавания и переработки информации (плотность информационных носителей в информационном поле, яркость, контраст, разрешающая способность, угловые размеры знаков, частота мелькания информации), нормативные значения показателей достаточности

Номенклатура эргономических требований	Характеристика эргономических требований
	<p>отображаемой информации, способы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- совмещения статической и динамической информации;</li> <li>- кодирования информации (вид алфавита, основание кода, доминирующий признак, компоновка кодового знака);</li> <li>- взаимодействия оператора с информационной моделью (контроль ввода параметров, характер выдачи информации оператору, очередность предъявления информации, способы селекции информации);</li> <li>- выделения приоритетной информации и отображения информации о возникновении аварийных ситуаций, расположении и размерах зон для статических и динамических параметров, номенклатуре интегральных показателей и виде обобщения информации, нормативных значениях показателей адекватности реальной и отображаемой информации</li> </ul>
Требования к эксплуатационной документации	Устанавливают комплектность изделия, структуру изложения материала, уровни расшифровки и перекодирования информации, качество иллюстраций, схем, графических элементов, стиль и виды шрифтов, формат и объем эксплуатационной документации, фактуру и цвет материала, сохраняемость эксплуатационной документации

Номенклатура эргономических требований	Характеристика эргономических требований
<b>Требования к техническим средствам деятельности оператора</b>	
Требования к конструкции и компоновке рабочего места оператора(ов)	<p>Устанавливают соответствие компоновочного решения и оснащения рабочего места функциям оператора(ов) и условиям его (их) деятельности, формы и размеры замкнутых рабочих пространств, основную рабочую зону оператора, конструкцию и расположение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- элементов визуального обзора внешней среды и видов освещения;</li> <li>- осветительной аппаратуры;</li> <li>- элементов фиксации положения оператора в различных зонах рабочего места с условием обеспечения удобства и безопасности доступа оператора к зонам обслуживания и возможного ремонта, системы и способы аварийного покидания рабочего места, конструкции зон кратковременного отдыха; конструкции мест для ведения служебных записей, ограничения размеров элементов рабочего места и номенклатуры (характеристик) применяемых материалов.</li> </ul>
Требования к взаимному расположению рабочих мест СОИ коллективного пользования	Устанавливают необходимые функциональные (визуальные и звуковые) связи между операторами, углы обзора.

Номенклатура эргономических требований	Характеристика эргономических требований
Требования к взаимному расположению рабочих мест СОО коллективного пользования	Предусматривают зоны для кратковременного отдыха и место для ведения служебных записей вероятности безошибочного восприятия оператором информации, свободное пространство для перемещения операторов и эксплуатации оборудования, информационного поля по вертикали и горизонтали, обеспечивающие однозначное восприятие информации, углы поворота головы оператора в горизонтальной и вертикальной плоскостях, нормативные значения вероятности безошибочного восприятия оператором информации, свободное пространство для перемещения оператора (ов) и безопасной эксплуатации изделия
Требования к форме, расположению, размерам приборных панелей и пультов управления	Устанавливают форму пультов и расположение панелей, высоту и ширину приборных панелей и пультов, углы наклона панелей с условием правильного обзора средств индикации и органов управления
Требования к обзорности приборных панелей и пультов управления	Устанавливают углы обзора панелей по горизонтали и вертикали, углы наблюдения элементов приборных панелей и пультов с учетом их степени важности и частоты пользования в зависимости от рабочей позы (стоя, сидя)

Номенклатура эргономических требований	Характеристика эргономических требований
Требования к досягаемости органов управления	Устанавливают оптимальные и предельные расстояния до органов управления различных типов, степени важности и частоты использования от точки опоры локтевого или плечевого суставов оператора, расположение органов управления относительно плоскости симметрии тела оператора
Требование к размещению и группированию элементов в приборных панелях и пультах управления	<p>Устанавливают размеры зон размещения СОИ и органов управления различной степени важности и частоты использования и выделение функциональных зон и блоков, направление и последовательность расположения функциональных блоков и элементов, расположение связанных друг с другом СОИ и органов управления. Обычно принимается частота (раз/мин) использования органов управления:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* для <i>кнопок</i> под указательный палец – не более 10;</li> <li>- под большой палец – не более 5;</li> <li>- под ладонь – не более 3;</li> <li>* для <i>клавиш</i>:</li> <li>- типа 1 – не более 10;</li> <li>- типа 2 – не более 1;</li> <li>* для <i>тумблеров</i>:</li> <li>- широкого применения – не более 10;</li> <li>- специального назначения – не более 1;</li> </ul>

Номенклатура эргономических требований	Характеристика эргономических требований
Требование к размещению и группированию элементов в приборных панелях и пультах управления	<p>* для поворотных переключателей:</p> <p>- типа 1 (с усилием перемещения 13; 18; 22 Н) и типа 2 (с усилием перемещения 5,3; 10; 16,6 Н) – соответственно не более 2 и 1;</p> <p>* для рычагов управления, маховиков и штурвалов в зависимости от усилия от 5 до 960 раз за смену (8 ч)</p>
Требования к средствам отображения визуальной информации	<p>Устанавливают размеры и конфигурации знаков, сигналов, надписей, углы их обзора и расстояния наблюдения, типы контраста изображений и окружающего их фона, неравномерность контраста элементов изображения, привычность начертания изображений, цвета свечения световых изображений, помехозащищенность знаков синтезирующих индикаторов, способы подсветки индикаторов и экранов, время послесвечения сигналов на электронно-лучевых трубках (ЭЛТ). Нормативами установлены:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• яркость свечения на черно-белой ЭЛТ – не менее 0,5 кд/м<sup>2</sup>;</li> <li>• минимальная яркость свечения индикаторов на цветной ЭЛТ – 17 кд/м<sup>2</sup>;</li> <li>• оптимальная – 170 кд/м<sup>2</sup>;</li> <li>• контраст: <ul style="list-style-type: none"> <li>- прямой оптимальный – 80-90 %,</li> <li>- допустимый – 60-80 %,</li> <li>- обратный для самосветящихся индикаторов – не менее 20 %;</li> </ul> </li> </ul>



Номенклатура эргономических требований	Характеристика эргономических требований
Требования к средствам отображения визуальной информации	<ul style="list-style-type: none"> <li>• время представления сигнала для опознания – не менее 0,2 с.</li> </ul> Устанавливают также способы кодирования информации (размером, фигурой, уровнем яркости, частотой мелькания, скоростью перемещения, количеством точек и т.д.); условия внешней освещенности изображений. Показатели соответствия техники зрительному анализатору: освещенность на рабочем месте оператора
Требования к средствам акустической информации	Устанавливают типы сообщения (звонки, зуммер, сирена, музыкальный тон, речь) и его характер (простой, сложный, периодический, непрерывный с отключением при реагировании на него и т.п.), силу звукового давления сообщения, частоту, уровень модуляции, длительность и интенсивность неречевых сообщений, тембр и спектральные характеристики речевых сообщений, соответствие системы кодирования сообщений характеру информации. Показатели соответствия техники слуховому анализатору: частота для аварийных неречевых сообщений – 800-5000 Гц, предупреждающих – 200-800, уведомляющих – 200-400 Гц; длительность отдельных сигналов и интервалов между ними – не менее 0,2 с, длительность интенсивных сигналов – не более 10 с.

Номенклатура эргономических требований	Характеристика эргономических требований
Требования к средствам тактильной информации	<p>Устанавливают способы представления информации (вибрацией, конфигурацией, температурой, силой тока), уровни электрических, химических и тепловых сигналов, конструктивные особенности тактильных индикаторов, обеспечивающие удобство и безопасность их применения.</p> <p>Требования по соответствию характеристик машинной части СЧТС биомеханическим свойствам человека предъявляются в основном к органам управления. Базовые значения биомеханических показателей эргономического качества оборудования таковы:</p> <p>Усилие перемещения (ньютонь):</p> <p>* для <i>кнопок</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- под указательный палец – 1-8,</li> <li>- под большой палец – от 8 до 25,</li> <li>- под ладонь – от 10 до 50;</li> </ul> <p>* для <i>клавишных переключателей</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пальцами – от 5 до 30,</li> <li>- кистью – от 5 до 40,</li> <li>- кистью с предплечьем – от 15 до 60,</li> <li>- всей рукой – от 20 до 150,</li> <li>- двумя руками – от 45 до 200;</li> </ul> <p>* для <i>маховиков управления и штурвалов</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- при работе кистью – до 10, кистью с предплечьем – от 5 до 60, всей рукой</li> </ul>

Номенклатура эргономических требований	Характеристика эргономических требований
Требования к средствам тактильной информации	<p>– от 10 до 150, двумя руками – от 60 до 200;</p> <p><i>*для ножных педалей при движении стопы – до 100, всей ноги – до 500</i></p>
Требования к органам управления	<p>Устанавливают соответствие характера управляющего движения функциональному состоянию управляемой системы, конфигурацию, форму, размеры органов управления в соответствии с их назначением, усилия перемещения, нажатия, вращения органов управления, характер и динамику сопротивления органов управления перемещениям, расстояния между органами управления, глубину утопания и возвышения органов управления относительно поверхностей панелей, направления и плоскости перемещения органов управления относительно плоскости симметрии тела оператора, способы и динамику фиксации органов управления, качество и места расположения надписей (символов) на органах управления, способы совмещения нескольких органов управления, их средства защиты, характеристики покрытий органов управления в части теплопроводности, шероховатости, цвета и т.п. Величина перемещения органов управления:</p>

Номенклатура эргономических требований	Характеристика эргономических требований
Требования к органам управления	<p>* для <i>кнопок</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- под указательный палец – от 2 до 6 мм,</li> <li>- под большой палец – от 3 до 8 мм;</li> <li>- под ладонь – от 5 до 10 мм;</li> </ul> <p>* для <i>клавишных переключателей</i> типа:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 – от 3 до 6 мм,</li> <li>- 2 – от 4 до 10 мм;</li> </ul> <p>* для поворотных переключателей типа I – оптимальный угол поворота от среднего положения – 45°, допустимый угол – 60°;</p> <p>* для поворотных переключателей типов II и III оптимальный угол поворота при точной регулировке – 60-80° от среднего положения, допустимый угол – 120°;</p> <p>* для рычагов управления минимальный допустимый ход – 50 мм, оптимальный ход для коротких рычагов (длиной до 200 мм) – от 150 до 200 мм, длиной свыше 200 мм – от 300 до 350 мм;</p> <p>* для <i>штурвалов</i> при работе без перехвата рук – угол поворота не более 60° в обе стороны от среднего положения, при работе с перехватом рук – не более 120°;</p> <p>* для ножных педалей оптимальный ход при движении стопой – от 15 до</p>

Номенклатура эргономических требований	Характеристика эргономических требований
Требования к органам управления	<p>60 мм, при движении всей ногой – до 100 мм.</p> <p>Направление перемещения и положение органов управления при реализации человеком-оператором управляющих воздействий типа «пуск», «включено», «увеличение», «плюс», «подъем», «открывание», «вперёд», «вправо», «вверх»:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• для <i>кнопок</i> – нажатое положение;</li> <li>• <i>клавиш</i> – нажатое положение;</li> <li>• <i>тумблёров</i> – перемещение снизу вверх, слева направо, от себя;</li> <li>• <i>рычагов</i> – перемещение снизу вверх, слева направо, от себя;</li> <li>• <i>поворотных переключателей</i> – перемещение по часовой стрелке;</li> <li>• <i>маховиков и штурвалов (кроме управляющих клапанами)</i> – перемещение по часовой стрелке;</li> <li>• <i>маховиков и штурвалов, управляющих клапанами</i>, – перемещение против часовой стрелки;</li> <li>• для <i>ножных педалей</i> – нажатое состояние.</li> </ul> <p>Направление перемещения и положение органа управления при реализации управляющих воздействий типа «стоп», «отключено», «уменьшено»,</p>

Номенклатура эргономических требований	Характеристика эргономических требований
Требования к органам управления	<p>«минус», «спуск», «закрывание», «назад», «влево», «вниз»:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• для кнопок – отпущенное положение;</li> <li>• для клавиш – отпущенное положение;</li> <li>• для тумблёров – перемещение сверху вниз, справа налево, на себя; для рычагов – перемещение сверху вниз, справа налево, на себя;</li> <li>• для поворотных переключателей – перемещение против часовой стрелки;</li> <li>• для маховиков и штурвалов (кроме управляющих клапанами) – перемещение против часовой стрелки;</li> <li>• для маховиков штурвалов, управляющих клапанами, – перемещение по часовой стрелке;</li> <li>• для ножных педалей – отжатое положение</li> </ul>
Требования к оборудованию на рабочем месте	Устанавливают адекватность систем связи между операторами характеру их деятельности, акустические характеристики средств коллективной и индивидуальной связи, удобство применения контрольно-измерительной и поверочной аппаратуры, ее компактность и степень автоматизации;

Номенклатура эргономических требований	Характеристика эргономических требований
Требования к оборудованию на рабочем месте	соответствие осветительной аппаратуры заданным нормам общего и локального освещения, требования к оборудованию (кондиционеры, вентиляторы, силовые установки и т.п.) в части удобства управления, профилактики, ремонта, транспортирования и ограничения шумов
Требования к инструменту	Устанавливают удобство и безопасность использования инструмента при проведении работ в заданных условиях деятельности (в труднодоступных местах)

## **5 ТРЕБОВАНИЯ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА «ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»**

### **5.1 Общие требования к обеспечению электрической безопасности проектируемого изделия**

Любое проектируемое изделие, которое функционирует за счет подачи электроэнергии, является объектом общего технического регламента по электрической безопасности (ТРБЭ). Этот регламент устанавливает минимально необходимые требования, которые необходимо предусмотреть конструктору при проектировании изделия с целью обеспечения электрической его безопасности и электрооборудования в соответствии с требованиями *п. 1 статьи 4* технического регламента по электрической безопасности (далее ТРБЭ) [10].

Электрическая безопасность изделия должна обеспечиваться конструкцией и техническими способами и средствами защиты. Части оборудования и отдельные агрегаты изделия, представляющие опасность поражения электрическим током обслуживающего персонала, должны иметь устройства, перекрывающие доступ к токоведущим частям (ограждения, кожухи и др.). Все металлические его части, которые могут оказаться под напряжением при повреждении, должны иметь заземляющие клеммы для присоединения заземляющего провода при эксплуатации изделия в соответствии с *п. 3 статьи 4*.

Дверцы, люки, открывающие доступ к токоведущим частям, должны иметь блокировку, которая позволит при их открывании полностью снять напряжение (обесточить изделие).

Части проектируемого изделия и отдельные его агрегаты, представляющие опасность от поражения электротоком при его эксплуатации, должны иметь различные сигнальные цвета согласно ГОСТ 12.4.026-2001 [11] и ГОСТ Р 50775-95 (МЭК 839-1-1-88) [12].



Электрическая безопасность устанавливается с учётом (*ст. 4 п. 5 ТРБЭ «Технические способы и средства защиты»*):

- а) номинального напряжения, рода тока (переменный и постоянный) и его частоты;
- б) вида электроснабжения;
- в) режима нейтрали электрической сети общего назначения;
- г) вида исполнения электроустройства и электрооборудования;
- д) условий эксплуатации электрооборудования и проектируемого изделия.

## **5.2 Принципы обеспечения электрической безопасности при проектировании изделия**

В соответствии со *статьей 13 п.1* изделие должно быть сконструировано таким образом, чтобы оно было пригодно к выполнению своих функций и могло быть отрегулировано и обслужено без всякого риска для персонала. Целью принимаемых мер согласно ТРБЭ должна быть ликвидация любого риска несчастных случаев, создания чрезвычайных ситуаций в течение ожидаемого срока эксплуатации изделия и его электрооборудования, включая циклы их сборки и разборки, даже если риски аварий возникают вследствие предвидимых аномальных ситуаций.

При выборе наиболее подходящих методов при проектировании должны предусматриваться следующие принципы, в порядке их перечисления (*ст. 13 п.2*):

- максимально возможная ликвидация или уменьшение степени рисков;
- принятие мер защиты от рисков, полная ликвидация которых невозможна.

При разработке конструкции должна быть предусмотрена как штатная, так и нештатная ее эксплуатация. Электрооборудование изделия должно быть спроектировано так, чтобы можно было предотвратить его нештатное использование, если такое использование может создать риск (*ст. 13 п.3*).

### 5.3 Меры защиты от воздействия электричества

Для обеспечения электрической безопасности должны быть предусмотрены технические меры, обеспечивающие в достаточной мере защиту от *поражения* обслуживающего персонала электрическим током (*ст. 14 п.1*):

- от опасностей электрического характера:
  - людей и животных, которые могут иметь место при прямых и не прямых контактах (если изделие работает на открытой местности),
  - имущества, порча которого может возникнуть при эксплуатации изделия и (или) его электрооборудования;
- опасного воздействия дуговых разрядов или излучения, обнаруживаемых опытным путем;
- накопившегося статического электричества.

С целью обеспечения электрической безопасности изделия конструктор должен предусмотреть отдельно или в сочетании друг с другом следующие технические способы и средства (*ст. 14 п.2*):

- защитное заземление;
- зануление;
- защитное отключение;
- изоляцию токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная);
- компенсацию токов замыкания на землю;
- оградительные устройства;
- предупредительную сигнализацию, блокировки, знаки безопасности;
- средства защиты и предохранительные приспособления.

### 5.4 Учет требований к защите от воздействия электричества при проектировании изделий

Защита от опасностей, вызванных внешним влиянием на электрооборудование изделия, должна предусматривать технические меры, чтобы:

- само изделие не подвергалось электрической опасности от воздействия электрооборудования;
- электрооборудование не могло стать опасным для людей, обслуживающих изделие или электрические схемы электрооборудования в предусмотренных условиях перегрузок [13].

Электрооборудование изделия должно быть изготовлено таким образом, чтобы:

- ограничивалось образование электромагнитных помех и обеспечивалась возможность надлежащей работы радио- и телекоммуникационных приборов;
- для аппаратов и приборов, которые имеют соответствующую стойкость к электромагнитным помехам, были созданы условия надлежащего их функционирования.

Максимальное значение электромагнитных помех, исходящих от проектируемого изделия и его электрооборудования, не должно оказывать влияние на работу:

- частных аудио- и телеприемников;
- установок АСУ различного назначения;
- передвижных радиоприборов;
- нестационарной радио- и телефонной аппаратуры;
- медицинских аппаратов и приборов;
- информационных систем и оборудования;
- электронных приборов и аппаратов;
- навигационных приборов для авиации и судоходства;
- телекоммуникационных сетей и приборов;
- светильников и ламп промышленного и бытового назначения.

Условия надлежащей работы электрического оборудования проектируемого изделия должны содержаться в инструкции по их эксплуатации (*ст. 15 пп. 1-3*).

## **6 ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ПРОЕКТИРУЕМОГО ИЗДЕЛИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ «О НИЗКОВОЛЬТНОМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ» И «О БЕЗОПАСНОСТИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ»**

### **6.1 Проектируемое изделие как объект низковольтного электрооборудования**

Проектируемое изделие относится к низковольтному электрооборудованию при условии, что оно функционирует от напряжения сети 380 В. Это условие является основанием для проведения оценки на соответствие требованиям специального технического регламента «О низковольтном электрооборудовании» [14] (далее ТРНЭО), разработанного на основании Федерального закона «О техническом регулировании» [15].

Под низковольтным электрооборудованием подразумевается любое электрооборудование (любое электротехническое или электронное оборудование, а также их комбинации различного назначения), предназначенное для применения при номинальном напряжении от 50 до 1000 В переменного тока и от 75 до 1500 В постоянного тока. Такой вид электрооборудования является потенциально опасным, что требует жесткой регламентации относящихся к нему требований и процедур подтверждения соответствия.

Если объектом ТРНЭО является электрооборудование низкого напряжения (далее – электрооборудование), то оно относится к макроотраслевым и его действие распространяется на ряд групп однородных объектов [16].

В ТРНЭО устанавливаются минимально необходимые требования к электрооборудованию низкого напряжения с учетом степени риска причинения вреда, обеспечивающие:

- безопасность излучений;
- биологическую безопасность;
- механическую безопасность;
- пожарную безопасность;

- термическую безопасность;
- электрическую безопасность;
- электромагнитную совместимость в части обеспечения безопасности работы приборов и оборудования.

Требования ТРНЭО распространяются на электрооборудование отечественного и зарубежного производства.

Так как регламент не включает требования, имеющие общий характер и составляющие содержание общих технических регламентов, то электрооборудование вместе с проектируемым изделием оценивается также на соответствие требованиям общего технического регламента «О безопасности машин и оборудования» [17].

Требования в отношении процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации электрооборудования, не оговоренные ТРНЭО, регулируются общими и иными специальными техническими регламентами (например, общий технический регламент «По электробезопасности»).

Действие ТРНЭО не распространяется (*п. 1.2 раздела 1*):

- на электрооборудование, предназначенное для работы во взрывоопасных средах;
- радиологическое оборудование;
- электрические части лифтов и подъемников;
- медицинское оборудование;
- специальное электрооборудование, предназначенное для судов, самолетов и железных дорог;
- оборонную продукцию;
- продукцию, сведения о которой составляют государственную тайну.

ТРНЭО не распространяется на электрооборудование, предназначенное для экспорта в третьи страны.

### **6.1.1 Идентификация продукции**

Электрооборудование, относительно которого выполняются процедуры подтверждения соответствия, должно быть идентифицировано (*п. 1.4 раздела 1 ТРНЭО*).

Идентификация изделия состоит:

- в определении принадлежности изделия и его электрооборудования к области распространения технического регламента по факторам риска согласно перечню «Промышленные электроагрегаты» (табл. 6.1);
- сравнении основных характеристик продукции, указанных в сопроводительных документах на нее и (или) маркированных, с фактическими характеристиками, например, такими как:

- наименование:

- изделия, тип, модель, модификация,
- изготовителя продукции или данные по происхождению изделия,

изделия,

- нормативный документ, по которому выпускается изделие (техническое условие);

- номинальные данные, указанные в сопроводительных документах;

- определении набора процедур подтверждения соответствия для электрооборудования конкретного вида из числа устанавливаемых ТРНЭО для прохождения процедуры подтверждения соответствия. Информация, позволяющая идентифицировать изделие, должна быть записана в сертификате соответствия, в том числе:

- номинальное напряжение или диапазон номинальных напряжений;

- условное обозначение:

- рода тока, если не указана номинальная частота (50 Гц),
- класса защиты от поражения электрическим током;

- степень защиты, обеспечиваемая оболочкой;

- конструктивное исполнение. Конструкция должна обеспечивать необходимый уровень безопасности и исключать возникновение дополнительного риска.

Электрооборудование проектируемого изделия, а также его составные части не должны допускать неправильного электрического соединения отдельных компонентов, должны обеспечивать безопасность компонентов при условии их использования по назначению и соответствующем уходе.

Т а б л и ц а 6.1. Группы электрооборудования

Тип электрооборудования	Номер группы
Электрические бытовые приборы 3-го класса защиты	0
Электробытовые сварочные агрегаты	
Аккумуляторы и батареи	
Двигатели до 1 кВт	
Контакты и пускатели	2
Приборы для ухода за кожей и волосами	
Домофоны	
Утюги, гладильные машины	
Кухонные машины	
Компьютер бытовой (ноутбук)	
НКУ	
Холодильники	3
Устройства зарядные	
Провода и кабели нагревательные	
Машины ручные электрические	
Стиральные машины	
Электрогазонокосилки	
Компьютер промышленный	
Электроагрегаты и электростанции	0
Электромагнитные реле (слаботочные)	
Бытовые штепсельные соединители: розетки, вилки	1
УЗО, автоматические выключатели, предохранители	
Кондиционеры, увлажнители	
Провода установочные	
Электрообогреватели	
Выключатели бытовые	
Электромагнитные реле (сильноточные)	
Вентиляторы и приборы для очистки воздуха	
Шнуры-соединители, удлинители, провода	
Машины уборочные: пылесосы, полотеры	

Тип электрооборудования	Номер группы
Измерительные приборы	1
Светильники	
Приборы для нагревания жидкостей	
Бытовая радиоэлектронная аппаратура	
Телевизоры	2
Плиты, мармиты, печи, тостеры и др.	
Провода неизолированные для воздушных линий	
Трансформаторы бытовые	
Машины переносные электрические	
Кабели силовые с пластмассовой изоляцией	
Насосы	
Электросушилки	
Радиоэлектронная аппаратура профессиональная	
Микроволновые печи	
Контакторы и пускатели	

Части электрооборудования и отдельные агрегаты изделия, представляющие опасность поражения электрическим током обслуживающего персонала, должны иметь устройства, закрывающие доступ к токоведущим частям, снабжаться предостерегающими надписями или иметь цветовое отличие ГОСТ Р. 50775-95 (МЭК 839-1-1-88).

Все электрооборудование (электродвигатели, преобразователи и т.д.), а также металлические части электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением при повреждении, должны быть заземлены (ГОСТ 12.1.030-81 [18]).

Дверцы, люки, открывающие доступ к токоведущим частям, должны иметь такую блокировку, чтобы при их открывании происходило полное снятие напряжения.

При необходимости изделие должно быть выполнено во взрывозащитном исполнении (ГОСТ 12.1.010-76 [19]).

В табл. 6.2 приводятся минимально необходимые (существенные) требования, относящиеся к низковольтному электрооборудованию.



Т а б л и ц а 6.2. Минимально необходимые (существенные)  
требования, относящиеся к низковольтному  
электрооборудованию

№ требо- вания	Содержание требования
1	На электрооборудовании и (или) в руководстве (инструкции) по эксплуатации указывается необходимая и достаточная информация для его безопасной установки, эксплуатации и утилизации
2	Электрооборудование имеет соответствующие условиям эксплуатации класс защиты от поражения электрическим током (0, 01, I, II, III) и степень защиты от попадания твердых предметов и влаги IP
3	Конструкция электрооборудования исключает возможность контакта пользователя с токоведущими частями (ГОСТ 24537-80 [20])
4	Электрическая прочность и сопротивление изоляции достаточны, а ток утечки не является чрезмерным для безопасной эксплуатации электрооборудования при нормальной и рабочей температуре, а также после воздействия влаги, уровень которой не превышает нормированных требований при эксплуатации продукции (ГОСТ 12.1.030-81)
5	Электрооборудование обеспечивает стабильность характеристик в течение всего срока службы при условии правильной эксплуатации и соответствующего сервисного обслуживания
6	Внутренняя проводка, присоединение к источнику питания, внешние гибкие шнуры и зажимы для внешних проводов обеспечивают надежную безопасную эксплуатацию электрооборудования
7	Доступные металлические части электрооборудования классов 01 и 1 постоянно и надежно заземлены

№ требо- вания	Содержание требования
8	Комплектующие изделия не нарушают безопасную эксплуатацию электрооборудования
9	Электрооборудование обладает соответствующей стойкостью к внешним воздействующим факторам, определяемым условиями его эксплуатации и хранения
10	Электрооборудование при эксплуатации обладает механической прочностью и устойчивостью. Движущиеся части электрооборудования расположены или ограждены так, что при нормальной эксплуатации обеспечена достаточная защита пользователя от травм
11	Электрооборудование имеет соответствующую условиям эксплуатации износостойкость, обеспечивающую его безопасное использование в соответствии с назначением
12	Электрооборудование чрезмерно не нагревается при нормальных условиях эксплуатации и является безопасным для пользователя. Материалы, применяемые в электрооборудовании, имеют достаточную теплостойкость, огнестойкость и крекингостойкость
13	Электрооборудование не является источником вредных излучений и выделений токсичных веществ. Нормирование осуществляется по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируется «Санитарными нормами и правилами выполнения работ в условиях промышленной частоты» [21] и ГОСТ 12.1.002-84 [22]
14	Виброакустическое воздействие, возникающее при эксплуатации электрооборудования, не выше допустимого уровня, оказывающего вредное влияние на человека и окружающую среду (СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [23], ГОСТ 12.1.003-83 [24] и в соответствии с [25])

## **6.2 Синтезированные минимально необходимые требования по безопасности электрооборудования при проектировании изделий**

Требования, относящиеся к любому электрооборудованию, которые должен обязательно предусматривать конструктор, проектирующий изделие, состоят в следующем:

- компоненты (комплектующие) электрооборудования должны соответствовать требованиям ТРНЭО;
- значения потребляемого тока при штатной нагрузке не должны превышать значений номинального тока более чем на 10 %;
- номинальное напряжение ручного электрооборудования не должно превышать 250 В;
- электрооборудование должно быть снабжено соответствующей маркировкой, расположенной в области, доступной пользователю. Маркировка должна отвечать требованиям долговечности, быть разборчивой и легко читаемой;
- в случае необходимости применять специальные меры предосторожности для предупреждения возникновения опасности при работе, установке, обслуживании, транспортировании или хранении электрооборудования.

Затем проводится выбор расширенной номенклатуры требований для электроустановки при проектировании изделий в зависимости от соответствующего набора показателей.

В качестве примера в табл. 6.3 дается выбор требований (показатели), относящихся к электрооборудованию.

Т а б л и ц а 6.3. Описание показателей и их условные коды  
для плазменной электроустановки

Условный код показателя	Название показателя	Описание показателя
01	Недоступность опасных электрических частей	<p>1. Наличие необходимой защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- от поражения электрическим током,</li> <li>- частей, находящихся под напряжением.</li> </ul> <p>2. Операции, выполняемые вручную (такие как установка напряжения питания или изменение вида питания, замена плавких частей вставок и элементов подсветки индикаторов, манипулирование выдвижными частями и т.п.), не должны нести в себе опасности поражения электрическим током из-за наличия остаточного напряжения электрооборудования, с которым может соприкоснуться оператор</p>
02	Требования к цепям электрооборудования и доступным его частям	<p>В цепях электрооборудования напряжение должно быть безопасным для касания его частей как в условиях штатной эксплуатации, так и после единичного повреждения. Отсутствует риск поражения электрическим током при касании человеком доступных частей электрооборудования или тех его частей, которые могут стать доступными</p>

Условный код показателя	Название показателя	Описание показателя
03	Требования к цепям с ограничением тока	Цепи с ограничением параметров тока конструктивно должны быть выполнены с условием невозможности превышения допустимых ограничений при эксплуатации электрооборудования в штатных условиях и в условиях единичного его повреждения
04	Безопасность сетевых источников питания	Сетевой источник питания ограниченной мощности, работающий от сети питания переменного тока, или аккумуляторный источник ограниченной мощности, который во время нагрузки питания заряжается от сети питания переменного тока, имеет в своем составе изолирующий трансформатор
05	Защитное заземление	Защитный вывод заземления должен быть легко доступен и соответствовать определенному типу маркировки. Проводники и клеммы защитного заземления не должны превышать расчетных значений сопротивления и тока электрооборудования
06	Защита от тока перегрузки	Защита в первичных цепях от тока перегрузки, короткого замыкания, замыкания на землю входит в состав электрооборудования

Условный код показателя	Название показателя	Описание показателя
07	Защитные блокировки	В местах, где разрешен доступ оператора в область, представляющую опасность при штатных условиях, должны быть установлены защитные блокировки. В тех случаях, когда это требование не может быть выполнено физически, должны быть разработаны инструкции с указаниями в них специальных мер безопасности
08	Электрическая изоляция	Изоляционные материалы должны обеспечивать достаточную электрическую, тепловую и механическую прочность в прогнозируемых условиях эксплуатации. Не должны использоваться для изоляции гигроскопичные материалы, а также материалы, содержащие асбест, натуральную резину
09	Зазоры и пути утечки	Размеры зазоров должны быть такими, чтобы выбросы напряжений, возникающие от переходных процессов, которые могут воздействовать на электрооборудование, и пиковое значение напряжения, которое может генерироваться в оборудовании, не приводили к пробоем зазора. Размеры путей утечки должны быть такими, чтобы

Условный код показателя	Название показателя	Описание показателя
09	Зазоры и пути утечки	для рабочего напряжения и степени загрязнения не было искрового перекрытия или не происходило нарушения (трекинга) изоляции
10	Электропроводка и соединения	<p>1. Площадь поперечного сечения внутренних проводов и соединительных кабелей должна соответствовать току, протекающему по этим проводам при работе оборудования в режиме нормальной нагрузки. При этом должна быть исключена возможность превышения максимальной допустимой температуры проводника с сохранением его работоспособности.</p> <p>2. Провода должны быть защищены от механического повреждения, обусловленного конструкцией оборудования (острые кромки, подвижные части, натяжение, прочность крепления и т.п.).</p> <p>3. Винтовые соединения должны обеспечивать надежный электрический контакт в течение всего срока службы оборудования</p>

Условный код показателя	Название показателя	Описание показателя
11	Подключение к сети переменного тока	Средства подключения (несъемные шнуры, клеммы, приборные и кабельные вводы) должны обеспечивать безопасное и надежное подключение к сети переменного тока и к защитному заземлению
12	Отключение от сети переменного тока	Постоянно подключенная аппаратура должна быть оснащена всеполюсным сетевым выключателем. Отключающее устройство или устройства должны обеспечивать возможность отключения электрооборудования от сети переменного тока при обслуживании
13	Физическая устойчивость	В штатных условиях эксплуатации электрооборудование и его отдельные блоки не должны терять физическую устойчивость до такой степени, чтобы подвергаться опасности пользователя и обслуживающий персонал. Устойчивость должна обеспечиваться также и при установке оборудования на ножки или подставку, входящие в комплект поставки изготовителем



Условный код показателя	Название показателя	Описание показателя
14	Конструкция оборудования	Не должно быть острых кромок или углов, представляющих опасность для пользователя. Должна быть исключена возможность ослабления в условиях эксплуатации всех органов управления (рукояток, кнопок, ручек, рычагов и др.).
15	Опасные подвижные части	Ослабление или отсоединение любого провода, винта, гайки, шайбы, пружины или других подобных частей приводит к возникновению опасности для жизни или здоровья граждан. Используемые вилки и розетки должны исключать возможность неправильного сопряжения. Опасные подвижные части оборудования, которые потенциально являются причиной травм, должны быть огорожены и защищены таким образом, чтобы обеспечить необходимую защиту персонала от возможных травм
16	Требования к тепловым режимам	В процессе предполагаемой эксплуатации оборудования ни одна из его частей не должна нагреваться до температуры выше 45 °С. Материалы, используемые в оборудовании, должны быть выбраны так, чтобы при работе под

Условный код показателя	Название показателя	Описание показателя
16	Требования к тепловым режимам	<p>нормальной нагрузкой температура не превышала безопасного значения.</p> <p>Изолирующий материал, поддерживающий детали, соединенные с сетью, должен быть устойчив к нагреву. Компоненты, работающие при высоких температурах, должны быть эффективно ограждены или отделены, чтобы не вызывать перегрева смежных материалов и компонентов</p>
17	Огнестойкость	<p>Должна быть уменьшена опасность воспламенения и распространения огня как внутри электрооборудования, так и вне его, путем использования соответствующих материалов, компонентов, конструкций и противопожарных кожухов, ограничивающих распространение огня</p>
18	Ток прикосновения (утечки)	<p>Электрооборудование должно быть разработано так, чтобы ни ток прикосновения, ни ток проводника защитного заземления не создавали опасность для жизни и здоровья граждан при воздействии возможных климатических факторов, которые могут появиться во время эксплуатации</p>

Продолжение табл. 6.3

Условный код показателя	Название показателя	Описание показателя
19	Воздействие влаги, температуры и других климатических факторов	Безопасность электрооборудования не должна нарушаться при воздействии влажности, которая может появиться во время эксплуатации
20	Условия неисправностей	Защита от поражения электрическим током должна быть обеспечена и в том случае, когда электрооборудование работает в условиях неисправностей. Когда электрооборудование работает в условиях неисправностей, то ни одна из его частей не должна нагреваться до такой температуры, чтобы появилась опасность возникновения пожара вблизи электрооборудования; снизилась его безопасность ниже предельного уровня из-за чрезмерного количества тепла, выделяемого оборудованием
21	Компоненты	1. Резисторы, короткое замыкание или обрыв которых вызывает нарушение требований безопасности при работе в условиях неисправностей, а также резисторы, шунтирующие промежутки между

Условный код показателя	Название показателя	Описание показателя
21	Компоненты	<p>контактами сетевых выключателей, должны иметь достаточно стабильное значение сопротивления в режиме перегрузки.</p> <p>2. Конденсаторы, короткое замыкание или обрыв которых при установке в электрооборудование вызывает нарушение требований безопасности в условиях неисправностей и создает опасность поражения электрическим током, должны выдерживать соответствующие испытания.</p> <p>3. Индуктивности, неисправность которых может ухудшить безопасность оборудования (например, изолирующий трансформатор), должны иметь маркировку с указанием имени производителя или торговой марки с обозначением типа или номера по каталогу. Имя производителя и обозначение типа могут быть заменены кодовыми номерами.</p> <p>4. Устройства защиты и выключатели должны применяться в соответствии с их номинальными значениями и выдерживать соответствующие испытания.</p>

Условный код показателя	Название показателя	Описание показателя
21	Компоненты	5. Электродвигатели должны быть сконструированы так, чтобы исключить при их длительной нормальной эксплуатации вероятность каких-либо электрических и механических неисправностей, приводящих к нарушению безопасности. Изоляция не должна повреждаться, а контакты и соединения при нагреве, вибрации и т.п. не должны нарушаться
22	Помехозащита и помехоустойчивость	1. Уровни помехозащиты должны обеспечивать защиту служб радиовещания и связи, а также возможность для другой аппаратуры работать должным образом на приемлемом расстоянии. 2. Параметры помехоустойчивости оборудования должны обеспечивать его функционирование в соответствии с назначением в окружающей электромагнитной обстановке
23	Акустический шум	Уровень акустического шума, создаваемого оборудованием, должен быть безопасным для пользователя. В спектре шума не должно содержаться тональных составляющих

## **7 ТРЕБОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СООТВЕТСТВИИ С ТЕХНИЧЕСКИМ РЕГЛАМЕНТОМ «ОБ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ» (ТРЭМС)**

Расширяющееся применение во всех сферах человеческой деятельности электротехнических, электронных и радиоэлектронных изделий, восприимчивых к воздействию электромагнитных помех, и повышение интенсивности электромагнитных помех в окружающей среде вызывают необходимость осуществления технического регулирования в области электромагнитной совместимости в соответствии с положениями Федерального закона «О техническом регулировании». В техническом регламенте «Об электромагнитной совместимости» [26] установлены обязательные для применения и исполнения требования электромагнитной совместимости технических средств в части ограничения электромагнитных помех, создаваемых техническими средствами, обеспечения устойчивости технических средств к электромагнитным помехам и ограничения электромагнитных помех в электрических сетях общего назначения (обеспечения качества электрической энергии), а также формы и схемы обязательного подтверждения соответствия технических средств и электрической энергии указанным требованиям [27].

### **7.1 Существенные требования электромагнитной совместимости для электрооборудования**

Технические средства, за исключением пассивных в электромагнитном отношении и не выполняющих прямой функции, должны быть изготовлены таким образом, чтобы:

- электромагнитные помехи, создаваемые техническим средством, не превышали уровня, обеспечивающего функционирование других технических средств в соответствии с назначением;

- технические средства имели достаточный уровень собственной устойчивости к электромагнитным помехам, обеспечивающий их функционирование в соответствии с назначением.

Электромагнитные помехи в электрических сетях общего назначения (качество электрической энергии) не должны превышать уровня, обеспечивающего функционирование в соответствии с назначением технических средств, получающих питание от этих сетей.

Существенные требования ТРЭМС устанавливаются в отношении электромагнитных помех следующих видов:

- Низкочастотных кондуктивных электромагнитных помех.
- Низкочастотных излучаемых электромагнитных помех.

**Низкочастотные кондуктивные электромагнитные помехи** рассматриваются в виде:

- установившегося отклонения напряжения электропитания;
- искажений синусоидальности напряжения электропитания;
- несимметрии напряжений в трехфазных системах электроснабжения;
- колебаний напряжения;
- провалов и прерываний напряжения электропитания;
- изменений частоты в системах электроснабжения;
- сигналов, передаваемых в системах электроснабжения;
- постоянных составляющих в сетях электропитания переменного тока;
- наведенных низкочастотных напряжений.

Низкочастотные излучаемые электромагнитные помехи могут проявляться в виде следующих полей:

- магнитных;
- электрических.

## **7.2 Соответствие электрооборудования существенным требованиям**

Электрооборудование должно рассматриваться как соответствующее существенным требованиям ТРЭМС, если оно удовлетворяет

требованиям национальных стандартов электромагнитной совместимости, сведения о которых опубликованы (*см. 4 п. 3 ТРЭМС*).

Для соответствия существенным требованиям ТРЭМС уровень электромагнитных помех (качество электрической энергии) в электрических сетях общего назначения должен удовлетворять требованиям национальных стандартов электромагнитной совместимости (*см. 4 п. 3 ТРЭМС*).

В тех случаях, когда электрооборудование не отвечает или отвечает лишь частично соответствующим национальным стандартам электромагнитной совместимости, или в случаях, когда указанные стандарты отсутствуют, электрооборудование должно рассматриваться как соответствующее существенным требованиям ТРЭМС, если подтверждение его соответствия осуществлено в форме декларирования соответствия с использованием процедуры экспертизы технической документации, осуществляемой компетентным органом в области электромагнитной совместимости (*см. 5 ТРЭМС*) [28].



## 8 МЕТОД ОЦЕНКИ ДОПУСТИМЫХ РИСКОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Вопросы оценки потенциальных рисков электрооборудования приобрели особую актуальность в связи с вступлением в силу Федерального закона «О техническом регулировании». Эти оценки используются в области сертификации и стандартизации на основе современной методологии анализа рисков при разработке технических регламентов.

Важным условием установления оценки риска является возможность его рассмотрения с различных позиций. Рассмотрим условно две группы экспертов, состоящих из методистов и специалистов по оборудованию. Эксперты первой группы могут корректно оценить риск при использовании изделия, исходя из формальных соображений, но не располагают необходимыми исходными данными. Эксперты второй группы могут вынести профессиональное суждение, но испытывают затруднения в средствах выражения в соответствии с принятой методологией оценки рисков [29].

В первую очередь рассмотрим *допустимый риск*, уровень которого нормы безопасности не устанавливают. Допустимый риск устанавливается обществом в зависимости от уровня социального, технического и экономического развития. В явном виде это выражается политикой технического регулирования, устанавливающей рамки, в которых уровню безопасности дозволено или допустимо отклоняться от его номинальных значений. Объективной мерой несоответствия в этом случае служит вероятность, определяемая на основе наблюдений. Следовательно, отмеченные выше трудности информационного свойства сохраняются.

Допустимый уровень рисков устанавливается экспертным путем после оценки уровня потенциальной опасности достаточно широкого или представительного класса продукции и выявления образцов, определяемых в качестве эталонных. Эталонные образцы формируются по степени соответствия требованиям технических регламентов.

При определении уровня риска  $R$  используется зависимость вида

$$R = f(p, H),$$

где  $p$  относится к вероятностным оценкам, а  $H$  – к показателям вида опасности (тяжести ущерба).

### **8.1 Общая схема оценки уровня потенциальной опасности изделия**

Изделие рассматривается в качестве модели с вероятностью  $p_1$  входа (исходных событий) и вероятности  $p_2$  выхода (конечных состояний) некоторых событий (несоответствий). Эти несоответствия (вероятности событий) устанавливаются на единой иерархической шкале тяжести ущерба  $H$  (последствий в аспекте безопасности пользователя).

В качестве вероятности  $p_1$  могут использоваться, например, представления о частоте появления отказа какого-либо элемента за определенный промежуток времени, а в качестве вероятности  $p_2$  – представления о появлении одного или нескольких видов опасностей, отнесенных к тому же времени. Решение зависимости вида

$$p_2 = f(p_1, L) \tag{1}$$

где  $L$  – оператор, характеризующий объект. По нему на основе теории надежности и системного анализа можно моделировать «дерево событий». Такие решения весьма эффективны на стадии проектирования с использованием данных о надежности элементов приборов, если таковые в действительности имеются. Вместе с тем они неоправданно сложны по требованиям необходимой, приблизительной точности в области технического регулирования продукции при всем многообразии структурных схем и их элементов даже для одного вида продукции [30].

Чтобы обойти сложности системного анализа, принимаем в качестве исходной вероятность на выходе объекта. Приведем алгоритм

оценки рисков с использованием представлений методики «дерева событий»:

- устанавливаются:
  - виды опасностей для всей группы продукции, например, электроопасность, термическая опасность и т.д.,
  - факторы риска для всей группы продукции, например, пробой изоляции, ток утечки, какие-либо нарушения правил эксплуатации («человеческий» фактор) и т.д.,
  - виды опасности и факторы риска для каждого вида продукции по отдельности;
- намечается шкала тяжести ущерба  $H$ , характеризующая сравнительную степень опасного воздействия, например, легкое ранение, сильный ожог, смерть и т. д. В соответствии с этой шкалой параллельно строится другая, сопряженная шкала  $H_b$  в условных единицах, не обязательно равномерных, например: легкое ранение – 100, смерть – 1000 и т.д. Кроме того, учитываются другие возможные виды ущерба, например, материального характера. И все это получает выражение в баллах на единой эквивалентной шкале (рис. 8.1);
- присваивается для конкретного вида продукции:
  - вероятность  $P(I_0)$  исходного события  $I_0$  появления какой-либо опасности за определенный период времени;
  - вероятность  $P(A_i)$  события  $A_i$ , появления одной из опасностей вида  $j = 1 - k$  при условии  $P(I_0)$ ;
  - для конечных состояний присваивается вероятность  $P(B_i)$  события  $B_i$  конечных состояний  $i = 1 - n$  на шкале  $H_b$  по степени тяжести ущерба при условии  $P(A_j)$ ;
  - по зависимости (1) дается суммарная оценка величины риска по всем видам опасностей;
  - на основе полученных оценок риска проводится ранжирование всех видов продукции по степени потенциальной опасности.

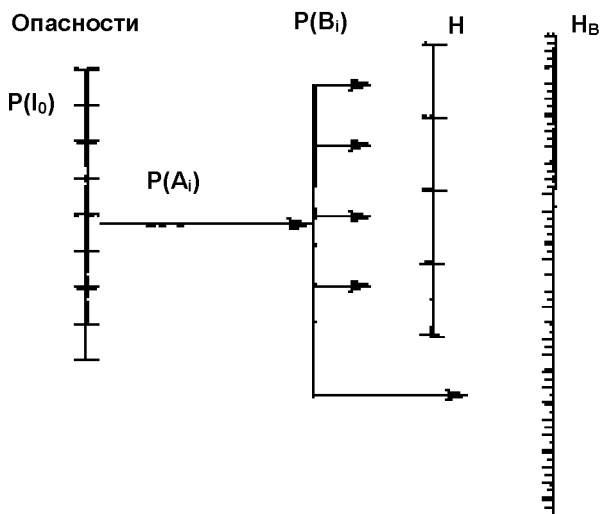


Рис. 8.1. Построение «Дерева событий»

Определение риска по приведенной выше методике не представляет большой сложности при наличии достаточной статистической информации и необходимого набора экспертов, состоящего, например, из трех или четырех групп специалистов разного профиля. В действительности, однако, не все так просто, так как ситуация, как уже отмечалось, связана с некоторой неопределенностью из-за отсутствия статистических данных и расчетов на надежность [31].

## 8.2 Методика экспертной оценки рисков

Ниже приводится методика, используемая при ограниченном количестве статистической информации и рассчитанная на специалистов по разным видам электрооборудования. Приводятся оценки эвристического свойства на основе представлений в системе технических, инженерных понятий. Неизбежная при этом потеря корректности методики, приведенной выше, компенсируется специфическим опытом экспертов и не исключает использования аналогий с заменой вероятностных (или статистических) характеристик оценками вероятности,

например, в баллах. Правомерность такого подхода для однородной продукции подкрепляется в некоторой степени идентичностью условий эксплуатации и общностью видов опасности, а отсутствие строгой доказательной базы – возможностью получения сопоставимых результатов.

Для каждого типа оборудования по виду опасности и всем факторам этого вида опасности в представлениях надежности технических систем присваиваются оценки негативного свойства по десятибалльной системе. Оценки суммируются по виду опасности для каждого типа оборудования по зависимости вида

$$r_j = \alpha_j \cdot \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (2)$$

где  $Q$  – факторы риска по виду опасности,

$\alpha$  – нормированные к единице «весовые» коэффициенты по виду опасностей,

$j$  – относится к виду опасности,

$i$  – к фактору риска.

Совокупную величину рисков по всем видам опасностей оборудования вычисляют по зависимости

$$R = \sum_{j=1}^{j=k} r_j \cdot T \cdot H, \quad (3)$$

где  $T$  – оценка «чувствительности» технологического процесса (при изготовлении оборудования),

$H$  – оценка тяжести последствий отказа оборудования.

Все оценки имеют свойства относительности либо по всему ряду приборов, либо по всем видам опасностей. Для разных изделий одно и то же отклонение от норм безопасности вызывает разные последствия тяжести ущерба  $H$ .

На «чувствительность» технологического процесса изделия оказывает влияние выбор самого технологического процесса и его нарушение.

Приведем последовательность действий по определению уровня потенциальной опасности на иерархической шкале рисков:

- устанавливаются типы оборудования;
- идентифицируются виды опасностей и сопутствующие им факторы;
- устанавливается оценка появления каждой опасности оборудования по отдельности. При этом каждому фактору вида опасности присваивается самостоятельная оценка и эти оценки суммируются;
- присваиваются:
  - оценки «чувствительности» технологического процесса Т и тяжести последствий Н для оборудования,
  - «весовые» коэффициенты  $\alpha_j$  вида опасности;
- устанавливается:
  - уровень потенциальной опасности в рисках по виду опасности для каждого объекта по зависимости (2),
  - суммарный уровень потенциальной опасности в рисках для объекта по всем видам опасностей по зависимости (3);
- проводится ранжирование значений уровней в рисках по всем изделиям.

В табл. 8.1 приведены экспертные оценки электрооборудования.

Т а б л и ц а 8.1. Форма таблицы экспертных оценок электроустановки

Класс	1	2	3	4	5	6	7	$\sum Q$	$\alpha$	r	$\sum r$	T	H	R
A														
B														
C														
D														
E														
F														
G														
H														

Рассмотрим некоторые опасности и факторы угрозы электрооборудования.

**А – Опасность поражения электрическим током** выражена:

- классом защиты от поражения электрическим током;
- возможностью контакта оператора с токоведущими частями электроустановки;
- условиями эксплуатации электрооборудования;
- длительностью непрерывной эксплуатации электрооборудования;
- частотой использования электрооборудования;
- сложностью электрических схем электрооборудования;
- человеческим фактором;
- наличием остаточных напряжений;
- условиями монтажа электрооборудования.

**В – Термическая опасность** возможна в результате:

- контакта оператора с нагретыми частями электрооборудования или при касании открытых контактов или оголенных проводов;
- нагрева как рабочего процесса в электрооборудовании;
- длительного времени эксплуатации;
- частоты использования электрооборудования;
- сложности монтажных схем электрооборудования;
- человеческого фактора.

**С – Пожарная опасность** возможна:

- из-за нагрева как рабочего процесса в электрооборудовании;
- сложности монтажных схем электрооборудования;
- нештатных условий эксплуатации электрооборудования;
- длительности непрерывной эксплуатации электрооборудования;
- частоты использования электрооборудования;
- наличия:
  - неметаллических материалов в электрооборудовании,
  - легковоспламеняющихся материалов;
- человеческого фактора.

**D – Механическая опасность** может наступить:

- вследствие наличия движущихся частей в электрооборудовании;
- контакта пользователя с электрооборудованием;
- частоты использования электрооборудования;
- человеческого фактора.

**E – Прочие физические факторы опасности:**

- электромагнитное излучение как рабочий процесс в электрооборудовании;
- повышенный уровень:
  - низкочастотного ультразвука,
  - постоянного высокочастотного шума;
- повышенная ионизация воздуха.

**F – Выброс токсических веществ** возможен при возникновении опасности **C**.

**G – Факторы химической опасности** могут проявиться при чрезмерном нагреве изоляции и загрязнении воздуха рабочей зоны продуктами ее разрушения.

**H – Психофизиологическими факторами опасности** являются:

- перегрузки:
  - физические,
  - нервно-психические;
- перенапряжение зрительного и слухового анализаторов.

### **8.3 Правила оценок**

Для всех факторов риска по всем видам опасностей для «чувствительности» технологического процесса Т и для тяжести последствий Н вводится десятибалльная шкала оценок негативного свойства (чем выше опасность, тем выше оценка) [32].

#### ***8.3.1 Процедура проведения экспертизы***

Дипломник в зависимости от приобретенного за время обучения опыта и специфики знаний сам проставляет себе «весовые» коэффи-



циенты, которые учитываются лишь как предпочтения в правилах обработки экспертных оценок.

Все оценки усредняются при использовании не слишком жестких правил с возможной отбраковкой (или без нее) «выпадающих» оценок. По каждой оценке предварительно изучается степень согласия руководителя дипломного проекта, и при необходимости в качестве экспертов могут выступать консультанты по различным разделам дипломного проекта. Правило отбраковки распространяется по отношению к оценкам экспертов от более высокой к более низкой «весовой» категории экспертов. При этом в «корзине» отбраковки может оказаться оценка любого эксперта независимо от его «весовой» категории.

Для проектируемого изделия составляется таблица экспертных оценок (табл. 8.1) при следующих условных обозначениях: А, В, С, D, E, F, G, H – виды опасностей; 1-7 – факторы риска Q по виду опасностей; IQ – сумма факторов риска по виду опасности;  $g = c_x \cdot 2Q$  – оценка факторов риска по виду опасности;  $R = Zr \cdot T \cdot H$  – совокупная величина рисков по всем видам опасностей проектируемого изделия.

Предварительно по каждому фактору вида опасности, а также по значениям T и H конструкции экспертные оценки группируются по столбцам (табл. 8.2 составлена в качестве примера для опасности вида А и группы в составе четырех экспертов). Здесь Э1-Э4 – эксперты, m – усредненная величина оценки по столбцам с учетом возможной отбраковки «выпадающих» оценок.

Т а б л и ц а 8.2. Формат таблицы экспертных оценок по каждому фактору риска

Оценка	1	2	3	4	5	6	7	T	H
А									
Э1									
Э2									
Э3									
Э4									
m									

Риски, понимаемые как количественная мера уровня потенциальной опасности конструкции, как бы по умолчанию не признаются единицей измерения в том смысле, как это принято в системе физических измерений. Предполагается определенная осторожность в отношении результатов экспертизы.

Практически это означает соблюдение пространственных и временных условий при установлении количественной меры риска. Например, едва ли заслуживает доверия соответствие оценок, хотя и установленных в одной и той же системе единиц, но проведенных разными группами экспертов по разным методикам в разное время и при различиях экономической и производственной конъюнктуры.

Кроме того, некорректно устанавливать оценки по отдельности, они должны устанавливаться всегда в совокупности изделий с учетом условий их производства и эксплуатации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технический регламент «О безопасности машин и оборудования» [Текст]: утв. Постановлением Правительства Рос. Федерации от 15.09.2009. № 753.

2. **Свиткин, М.З.** Менеджмент качества и обеспечение качества продукции на основе международных стандартов ИСО [Текст] / М.З. Свиткин, В.Д. Мацута. – СПб., 2001. – 400 с.

3. **Розова, Н.К.** Управление качеством [Текст] / Н.К. Розова. – М.: Экономика и управление, 2003. – 390 с.

4. **Версан, В.Г.** Интеграция управления качеством продукции: новые возможности [Текст] / В.Г. Версан. – М., 1994. – 320 с.

5. **Бойцова, В.В.** Управление качеством продукции [Текст] / В.В. Бойцова, А.В. Гличева. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 464 с.

6. **Р 2.2.2006-05.** Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [Текст] от 29.08. 2005.

7. **Азгальдов, Г.Г.** Теория и практика оценки качества товаров [Текст] / Г.Г. Азгальдов. – М.: Экономика, 1992. – 248 с.

8. **Мытыщева, Г.С.** Эргономические показатели в оценке качества продукции [Текст] / Г.С. Мытыщева. – СПб, 2004. – 170 с.

9. **Гиссин, В.И.** Управление качеством [Текст] / В.И. Гиссин. – М.: Экономика и управление, 2003. – 390 с.

10. **Стандарты России. ГОСТ Р 12.4.026-2001<sup>\*</sup>.** ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний. [Текст]: утв. 10.09.2001. Госстандарт России. Постановление № 387-ст. Начало действия 01.01.2003.

11. **Стандарты России. ГОСТ Р. 50775-95 (МЭК 60839-1-1-1988).** Система тревожной сигнализации [Текст]. Принят и введ. в действие Постановлением Госстандарта России от 22. 05.1995. № 255.

12. **Электробезопасность на промышленных предприятиях [Текст]: справочник / под ред. Р.В. Сабарно – Киев: Техника, 1985. – 287 с.**

13. Специальный технический регламент «О низковольтном электрооборудовании» [Текст] // Вестн. техн. регулирования. Вып. 3 (4), 2004. – С. 46-56.

14. Российская Федерация. Законы. «О техническом регулировании» [Текст]: федер. закон: [принят Гос. Думой 15.12.2002: одобрен Советом Федерации 18.12.2002]. (в ред. Федерального закона от 01.05.2007. № 65-ФЗ).

15. **Тимко, В.Я.** О разработке технических регламентов на низковольтное электрооборудование [Текст] / В.Я. Тимко // Сертификация. Вып. 2, 2003. – С. 28-34.

16. **Тимко, В.Я.** Разработка технического регламента на низковольтное электрооборудование [Текст] / В.Я. Тимко // Сертификация. Вып. 10, 2003. – С. 28-34.

17. **Стандарты России. ГОСТ 12.1.030-81.** ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление [Текст]. – Переизд. (январь 1996 г.) с изм. № 1, утв. в марте 1987 г. (ИУС № 7-87).

18. **Стандарты России. ГОСТ 12.1.010-76\* 1999** (СТ СЭВ 3517-81). ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования [Текст].

19. **Стандарты России. ГОСТ 24537-80.** ССБТ. Кожухи ограждающие. Конструкция и размеры [Текст].

20. Санитарные нормы и правила выполнения работ в условиях промышленной частоты [Текст]. № 5802-91.

21. **Стандарты России. ГОСТ 12.1.002-84.** ССБТ Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах [Текст]. – Переизд. сентябрь 1999 г.

22. **СН 2.2.4/2.1.8.562-96.** Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки [Текст].

23. **Стандарты России. ГОСТ 12.1.003-83.** ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [Текст].

24. Методические указания по проведению измерений и гигиенической оценки шумов на рабочих местах [Текст]: утв. Министерством здравоохранения.

25. **Кармашев, В.С.** Директива 89/366/ЕС и отечественный технический регламент «По электромагнитной совместимости» [Текст] / В.С. Кармашев // Стандарты и качество. Вып. 3, 2003. – С. 39-41.

26. **Кармашев, В.С.** Разработка проекта технического регламента «По электромагнитной совместимости» [Текст] / В.С. Кармашев // Стандарты и качество. Вып. 3, 2003. – С. 29-31.

27. **Кармашев, В.С.** Положения директивы 89/366/ЕС и отечественный технический регламент «По электромагнитной совместимости» [Текст] / В.С. Кармашев // Стандарты и качество. Вып. 3, 2004. – С. 30-36.

28. **Грозовский, Г.И.** Метод оценки допустимых рисков для электрооборудования [Текст] / Г.И. Грозовский, Г.Я. Колесникова // Сертификация. Вып. 3, 2003. – С. 16-18.

29. **Миттаг, Х.** Статистические методы обеспечения качества [Текст] / Х. Миттаг, Х. Ринге; пер. с нем. – М., 1995. – 550 с.

30. **Кумэ, Х.** Статистические методы повышения качества [Текст] / Х. Кумэ; пер. с англ. – М., 1990. – 605 с.

31. **Адлер, Ю.П.** Новые направления в статистическом контроле качества [Текст] / Ю.П. Адлер. – М., 1995. – 490 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>1 ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА И СООТВЕТСТВИЯ ПРОЕКТИРУЕМОГО ИЗДЕЛИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА «О БЕЗОПАСНОСТИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ» НА СТАДИЯХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА.....</b>	<b>3</b>
1.1 «Петля качества» для оборудования.....	3
1.2 Обеспечение качества изделия в рамках маркетинга.....	4
<b>2 КАЧЕСТВО И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СОГЛАСНО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГЛАМЕНТУ «О БЕЗОПАСНОСТИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ» ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКЦИИ.....</b>	<b>9</b>
2.1 Требование к качеству при проектировании и разработке конструкции.....	9
2.1.1 Обеспечение требований безопасности при проектировании.....	13
2.1.2 Требования по применению материалов и веществ.....	15
2.1.3 Требования по снижению рисков механических опасностей.....	15
2.1.3.1 Требования по устойчивости.....	15
2.1.3.2 Требования по предотвращению разрушения.....	15
2.1.3.3 Требования по защите от падающих и выбрасываемых предметов.....	15
2.1.3.4 Требования по защите от травмирующих поверхностей и кромок деталей.....	16
2.1.3.5 Требования по защите от движущихся частей и упругих элементов.....	16
2.1.3.6 Требования безопасности при изменении скорости движения.....	16
2.1.4 Требования к средствам и процессам управления для обеспечения безопасности.....	17
2.1.4.1 Требования по безопасности при пуске (включении) или останове (выключении).....	17
2.1.4.2 Требования по безопасности при аварийном останове.....	18
2.1.5 Требования по учёту эргономических принципов при проектировании машин.....	18
2.1.6 Требования по защите персонала от шума.....	18
2.1.7 Требования по ограждениям и защитным устройствам...	18
2.1.7.1 Требования к неподвижным защитным ограждениям.....	19
2.1.7.2 Требования к подвижным защитным ограждениям.....	19

2.1.8 Требования по электробезопасности.....	20
2.1.9 Защита от экстремальных температур.....	20
2.1.10 Требования по пожаробезопасности.....	21
2.1.11 Требования по взрывобезопасности.....	21
2.1.12 Требование по защите от излучений.....	21
2.1.13 Требования по защите от используемых или выделяющихся агрессивных сред и вредных веществ при работе машин или оборудования...	22
2.2 Требования безопасности изделия при его изготовлении.....	22
2.3 Требования безопасности при транспортировании и хранении продукции.....	23
2.4 Послепроизводственная деятельность.....	24
2.5 Управление качеством и обеспечение безопасности согласно техническому регламенту «О безопасности машин и оборудования» на стадии эксплуатации.....	25
2.5.1 Управление качеством на стадии эксплуатации.....	25
2.5.2 Требования безопасности при эксплуатации изделия...	30
<b>3 РАЗРАБОТКА НОМЕНКЛАТУРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРУЕМОГО ИЗДЕЛИЯ.....</b>	<b>32</b>
<b>4 ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ И ЭСТЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРУЕМОГО ИЗДЕЛИЯ.....</b>	<b>47</b>
4.1 Эргономические и эстетические показатели проектируемого изделия и требования по обитаемости.....	47
4.2 Порядок выбора состава эргономических требований, требований по обитаемости и эстетических требований.....	53
<b>5 ТРЕБОВАНИЯ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА «ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ» .....</b>	<b>71</b>
5.1 Общие требования к обеспечению электрической безопасности проектируемого изделия.....	71
5.2 Принципы обеспечения электрической безопасности при проектировании изделия.....	72
5.3 Меры защиты от воздействия электричества.....	73
5.4 Учет требований к защите от воздействия электричества при проектировании изделий.....	73
<b>6 ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ПРОЕКТИРУЕМОГО ИЗДЕЛИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ «О НИЗКОВОЛЬТНОМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ» И «О БЕЗОПАСНОСТИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ».....</b>	<b>75</b>
6.1 Проектируемое изделие как объект низковольтного электрооборудования.....	75
6.1.1 Идентификация продукции.....	76

6.2 Синтезированные минимально необходимые требования по безопасности электрооборудования при проектировании изделий.....	82
<b>7 ТРЕБОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СООТВЕТСТВИИ С ТЕХНИЧЕСКИМ РЕГЛАМЕНТОМ «ОБ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ» (ТРЭМС) .....</b>	<b>93</b>
7.1 Существенные требования электромагнитной совместимости для электрооборудования.....	93
7.2 Соответствие электрооборудования существенным требованиям.....	94
<b>8 МЕТОД ОЦЕНКИ ДОПУСТИМЫХ РИСКОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....</b>	<b>96</b>
8.1 Общая схема оценки уровня потенциальной опасности изделия.....	97
8.2 Методика экспертной оценки рисков.....	99
8.3 Правила оценок.....	103
8.3.1 Процедура проведения экспертизы.....	103
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....</b>	<b>106</b>



Учебное издание

***Несоленов Геннадий Федорович***  
***Вашуков Юрий Александрович***  
***Морозов Владимир Васильевич***  
***Барфоломеева Вера Витальевна***

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Учебное пособие*

Редактор Т. К. К р е т и н и н а  
Компьютерная верстка Т. Е. П о л о в н е в а

Подписано в печать 09.11.2010. Формат 60x84 1/16

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Печ. л. 7,0.

Тираж 50 экз. Заказ .

Самарский государственный  
аэрокосмический университет.  
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

---

Издательство Самарского государственного  
аэрокосмического университета.  
443086, Самара, Московское шоссе, 34.