

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет “ЛЭТИ”

ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
В ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТАХ

Учебное пособие

Санкт-Петербург
Издательство СПбГЭТУ “ЛЭТИ”
2014

УДК 614.8(075.8)

ББК 30н.я73

В 74

Авторы: **Н. В. Блажко, В. А. Буканин, О. В. Демидович,
А. Н. Иванов, А. И. Маловский, В. Н. Павлов, А. О. Трусов.**

В 748 Вопросы обеспечения безопасности в выпускных квалификационных работах : учеб. пособие. СПб. : Изд-во СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2014. 80 с.

ISBN 978-5-7629-1485-7

Приводится информация о вопросах, которые могут быть включены в дополнительный раздел выпускной квалификационной работы “Безопасность жизнедеятельности” для бакалавров и специалистов и “Специальные вопросы обеспечения безопасности” для магистров.

Предназначены для бакалавров, специалистов и магистров дневного и открытого факультетов СПбГЭТУ, обучающихся по всем основным образовательным программам.

УДК 614.8(075.8)

ББК 30н.я73

Утверждено
редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

Рецензенты: кафедра безопасности жизнедеятельности СПбГПУ;
д-р. техн. наук, проф. О. Н. Русак (СПбГЛТУ)

ISBN 978-5-7629-1485-7

© СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2014

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время обучение в университете бакалавров и специалистов ведётся по дисциплине “Безопасность жизнедеятельности”, а для магистров некоторых направлений подготовки – по дисциплинам “Специальные вопросы проектирования безопасной приборной техники” и “Системы обеспечения безопасности технических средств управления”.

Выпускная квалификационная работа (ВКР) является завершающим этапом обучения и должна показать, как студент научился проводить расчёт обеспечения условий безопасной жизнедеятельности; использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда; оценивать условия и последствия принимаемых организационно-управленческих решений, идти на оправданный риск при принятии решений, использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; владеть методами профилактики производственного травматизма, профессиональных заболеваний, основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий, применения современных средств поражения и мерами по ликвидации их последствий.

Выпускник университета должен соответствовать самым высоким требованиям, которые предъявляются к нему обществом. Владая необходимыми компетенциями, он будет чувствовать себя уверенно везде, в том числе и работая в совместных с зарубежными исполнителями проектах или за границей. Решаемые в рамках выполнения ВКР задачи по приоритетным вопросам безопасности, которые ведущие организации часто ставят на первое место, считаются нужными и, несомненно, важными.

В данном учебном пособии поясняются цели разработки вопросов безопасности жизнедеятельности (БЖД) для бакалавров и специалистов или специальных вопросов обеспечения безопасности (СВОБ) для магистров, а также приводится информация из нормативных и других документов, которая может быть использована для лучшего понимания проблем, качественного написания и представления материала по дополнительным разделам ВКР.

Предлагаемый объём дополнительного раздела в бакалаврской работе составляет от трёх до пяти страниц, в дипломном проекте или работе специалиста – от 10 до 12 страниц и в магистерской диссертации – от 8 до 14 страниц машинописного текста в зависимости от выбранного варианта задания.

МОТИВАЦИЯ РАССМОТРЕНИЯ ВОПРОСОВ БЕЗОПАСНОСТИ В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ РАЗДЕЛЕ

Темы выпускных квалификационных работ достаточно разнообразны. Каждая из конкретных “разработок” направлена на то, чтобы обладать новизной и дать положительный результат для общества, признать исполнителя работы как специалиста в своей области знаний, а организации – как лидера, надёжного партнёра или исполнителя для потенциального заказчика и потребителя данной разработки. Студенту может быть поручено проектирование изделия, технологического процесса или создание программного продукта. К технологическим процессам можно отнести информационную и инфокоммуникационную технологии или технологии общения и межкультурной коммуникации. Имеются темы, связанные с теоретическим исследованием новой проблемы, написанием текста, выводом формул и переводом материала на иностранный язык или с него, которые требуют в качестве основного инструмента только ручку, а для вывода и представления результатов – персональную электронно-вычислительную машину (ПЭВМ) и принтер. Часть тем связана с экспериментальными исследованиями.

Решение выбранной задачи, которую придётся делать в процессе проведения ВКР или после её завершения (реализуя предложенные в работе решения), связано с определённым риском (сочетание вероятности нанесения ущерба и тяжести этого ущерба). С рисками, способными оказать отрицательное действие на достижение поставленной цели, сталкиваются на всех стадиях жизненного цикла (разработка, исследование и испытание, эксплуатация и утилизация). Основными видами риска являются технический риск (опасность нанесения ущерба обществу или третьим лицам вследствие нарушения работы изделия, программного обеспечения, хода производственного процесса или др.) и профессиональный риск (вероятность повреждения организма, либо утраты здоровья или смерть человека, связанные с исполнением обязанностей по трудовому договору или контракту и в иных установленных законом случаях).

Любое предлагаемое новое решение (изделие, технология, программный продукт и др.) может создать новые опасности и тем самым увеличить риск. В связи с этим оценка риска (основанная на результатах анализа риска процедура проверки, не превышен ли допустимый риск) *должна проводиться на этапе выполнения любой работы*, в данном случае ВКР.

Для того чтобы удовлетворять требованиям безопасности и безвредности для пользователей той страны, где они будут использоваться, многие виды продукции должны иметь сертификаты соответствия по обеспечению электробезопасности, пожаро- и взрывобезопасности, биоэлектромагнитной совместимости, виброакустической, технико-эстетической, химической, биологической и других видов совместимости, а также безопасности для других систем, находящихся в их окружении (электромагнитная совместимость или др.). Чтобы добиться этого, разработчик должен заложить соответствующие степени жёсткости испытаний по каждому виду опасности для последующей проверки подтверждения соответствия указанным требованиям.

В связи с интеграцией России в международное экономическое пространство, с выполнением международных договоров на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, а также с экспортом разработок за границу, требования к продукции, технологии и программному продукту значительно возрастают. Если “разработка” будет некачественной и представлять определённую опасность для здоровья человека, а это выявится в процессе работы у заказчика, особенно в каких-то особых случаях (в штатном режиме, при отклонении параметров за допустимые пределы в случае аварии), и последнему будет нанесён материальный и моральный ущерб, разработчик окажется в затруднительном положении со многими вытекающими отсюда негативными последствиями.

Если говорить о риске ухудшения здоровья, то согласно методическим рекомендациям МР 2.2.9.2311-07 “Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности” можно отметить следующее.

- Основными обуславливающими развитие производственно-профессионального стресса (стрессового состояния) трудовыми нагрузками являются:

- при умственной нагрузке – длительный и ненормированный рабочий день с работой в сменном режиме, служебные командировки, работа в состоянии дефицита времени, длительность сосредоточенного внимания, плотность сигналов и сообщений в единицу времени, высокая степень сложности задания, выраженная ответственность, наличие риска для жизни;

- при зрительной нагрузке – высокая точность выполняемой работы, необходимость высокой координации сенсорных и моторных элементов зри-

тельной системы, т. е. координации зрения с системой органов движения, время работы с оптическими приборами и время работы непосредственно с экраном видеодисплейных терминалов (ВДТ) и персональных электронно-вычислительных машин;

- при физической нагрузке – динамические и статические мышечные нагрузки, связанные с подъёмом, перемещением и удержанием различного по массе груза, значительные усилия, прикладываемые к органам управления и ручным инструментам, многократно повторяющиеся движения рук различной амплитуды, выполнение глубоких наклонов корпуса, длительное поддержание физиологически нерациональных рабочих поз.

- Характерными особенностями всех современных видов трудовой деятельности являются недостаточный уровень общей двигательной активности (гипокинезия) и пребывание в физиологически нерациональных рабочих позах (неудобная, фиксированная, вынужденная).

- Особенностью развития состояния профессионального стресса является сочетание неблагоприятных факторов трудовой нагрузки с психологическими и организационными. Психологические факторы связаны с организацией работы: степенью широты и свободы принимаемых решений, уровнем влияния и контроля над собственной рабочей ситуацией, возможностью выбора путей и сроков выполнения задания и контроля над ним. Организационная структура и складывающиеся на работе межличностные взаимоотношения являются самыми сильными факторами, которые могут вызвать производственный стресс.

- Допустимые трудовые нагрузки обеспечивают изменения (колебания) физиологических показателей различных функциональных систем организма в динамике рабочей смены в пределах физиологических норм напряжения организма.

- Длительное и интенсивное воздействие неблагоприятных факторов трудового процесса, превышающих нормируемые (допустимые) значения и соответствующих вредному классу 3 согласно Р 2.2.2006-05 “Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда”, формирует профессиональный стресс.

- Формирование производственно-профессионального стресса включает стадии последовательного перехода функционального состояния от напряжения к утомлению, к перенапряжению и к переутомлению. Анализ фи-

физиологических особенностей этих состояний позволяет оценить их с точки зрения функциональных уровней, внутри- и межсистемных связей в центральной нервной, нейрогуморальной, сердечно-сосудистой, нервно-мышечной системами, а также со степенью нервно-эмоциональной напряжённости трудовой деятельности.

- Выраженная нервно-эмоциональная напряжённость труда (классы 3.2, 3.3) приводит к “изнашиванию” адаптационных механизмов организма и функциональной недостаточности гипофизарно-надпочечниковой системы, гиперактивации процессов свободнорадикального окисления, нарушению липидного обмена. Это проявляется в превышающем средние популяционные значения увеличении индекса атерогенности и в его нарастании с увеличением стажа работы, что указывает на повышенный риск развития атеросклероза и других заболеваний сердечно-сосудистой системы.

- Длительное перенапряжение от воздействия интенсивных нервно-эмоциональных нагрузок способствует развитию производственно-обусловленных заболеваний: атеросклероза, ишемической болезни сердца, гипертонической болезни, невротических расстройств и т. д.

Перенапряжение, развивающееся под влиянием сверхнормативных и продолжительных физических нагрузок, способствует формированию профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы. Учёт факторов формирования профессионального стресса лежит в основе методики расчёта риска развития указанных патологий.

В методических рекомендациях МР 2.2.9.2311-07 приводятся методы расчёта риска развития профессионального хронического стресса при воздействии стресс-факторов трудового процесса. Там же даются рекомендации по организации режимов труда и отдыха работников умственного вида деятельности с различной напряжённостью труда, работников зрительно-напряжённого труда (пользователи ВДТ и ПЭВМ), работников физического труда, а также мероприятия по коррекции неблагоприятного функционального состояния работников умственного труда при воздействии производственных стресс-факторов, профилактические мероприятия для предупреждения развития стресса работников зрительно-напряжённого труда и стресс-воздействия у работников физического труда и организационно-психологические меры, направленные на профилактику профессионального стресса.

Если в начале дополнительного раздела ВКР ставится цель оценить технический и профессиональный риск, то в конце его после анализа опасных и вредных факторов и выработки защитных мероприятий необходимо провести оценку риска развития профессионального хронического стресса при воздействии стресс-факторов трудового процесса, особенно для направлений подготовки и специальностей, напрямую не связанных с техникой, к примеру на гуманитарном факультете (ГФ) или факультете экономики и менеджмента (ФЭМ).

ФАКТОРЫ РИСКА, ПОДЛЕЖАЩИЕ РАССМОТРЕНИЮ

Чтобы оценить риск “разработки”, необходимо идентифицировать возможные опасности и стресс-факторы. На основе ГОСТ 12.0.003–74* “Опасные и вредные производственные факторы. Классификация” определяются все потенциально возможные опасные и вредные факторы, которые должны быть учтены и по которым должны быть приняты меры по защите. Идентификация опасностей – самый ответственный процесс для разработчика. Если какой-то фактор не выявлен уже на первом этапе, это может сказаться на безопасности в дальнейшем, особенно в чрезвычайных ситуациях (ЧС).

Практически везде имеются опасные факторы, определяющие электрическую и пожарную опасности, которые должны быть проанализированы подробно с разработкой соответствующих мер защиты. Многие современные технологические процессы используют лазерное излучение. В этом случае необходимо определить класс лазера, выявить соответствующие этому классу опасности и предусмотреть меры защиты. Часто при выполнении технологии (в том числе и исследований) используются новые химически опасные вещества, которые хранятся в определённых ёмкостях и затем применяются для различных целей. Нарушение герметизации и неправильное использование при выполнении технологического процесса могут привести к серьёзным последствиям. Во избежание этого должны быть определены классы опасности, спрогнозированы последствия при нештатной ситуации и предусмотрены меры защиты. Иногда можно встретить вещества, которые ещё даже не имеют в России предельно допустимых концентраций или ориентировочно безопасных уровней (ОБУВ), хотя всё новые нормативы по ОБУВ постоянно разрабатываются и каждый год публикуются. Вполне возможно разработчикам придётся искать информацию о них в зарубежных нормах.

Имеются и многочисленные вредные факторы – физические, химические, биологические и психофизиологические, которые тоже должны быть проанализированы. Описать все возможные примеры вредных факторов и их воздействий, которые имеются в действительности и могут быть оценены в разделе БЖД или СВОБ по конкретной разработке, невозможно. Необходимо анализировать каждый случай отдельно.

РАССМАТРИВАЕМЫЕ ВОПРОСЫ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ

Для разрабатываемых (используемых) изделия, технологии, программного продукта или выполняемой научной работы в первую очередь ставится задача оценить технический и профессиональный риски, чтобы не допустить негативного воздействия этих вредных и опасных факторов, оценить условия труда и, если риск превышает определённое значение, разработать мероприятия по созданию условий для безвредной, безопасной и эффективной работы человека.

Эти вопросы достаточно объёмны и в профессиональной деятельности решаются с помощью технических и организационных методов защиты. Разрабатываются технические требования, необходимые для обеспечения безопасности по отдельным факторам, разделы обеспечения безопасности в технических описаниях или в инструкциях по эксплуатации и многое другое.

Понимая, что в дополнительном разделе ВКР все вопросы невозможно рассмотреть по объективным причинам, основному исполнителю работы – студенту и его руководителю предлагается выбрать из возможных вариантов заданий один или несколько узловых вопросов, которые являются наиболее значимыми и подходят под разрабатываемую в рамках ВКР конкретную практическую задачу. Этот вариант задания согласовывается с консультантом от кафедры безопасности жизнедеятельности, который оказывает студенту методическую помощь при написании раздела.

Раздел “Безопасность жизнедеятельности” или раздел “Специальные вопросы обеспечения безопасности” выполняются в виде расчётного индивидуального задания, связанного с тематикой работы. Его целями являются систематизация и расширение знаний по изученной ранее дисциплине БЖД, привитие практических навыков в решении задач профессиональной деятельности и демонстрация знаний, умений и компетенций перед руководите-

лем, рецензентом и членами государственной аттестационной комиссии. Для выполнения этой части работы потребуется обращение к некоторым законодательным и нормативным документам, сведения о которых приведены в тексте учебного пособия, в списке рекомендуемой литературы или могут быть найдены исполнителем самостоятельно. Крайне нежелательно брать материалы из сомнительных источников, имеющихся в сети Интернет.

Таким образом, выпускник университета получает дополнительные знания по конкретной разработке, изучая самостоятельно ГОСТ, санитарно-эпидемиологические правила и нормативы, правила, руководства, технические регламенты и своды правил. На основании личного опыта авторы настоящего издания отмечают, что хорошо и самостоятельно написанный раздел БЖД или СВОБ с использованием новых нормативных документов своей новизной часто привлекает внимание специалистов и руководителей организаций, которые давно работают, но в силу своей занятости лишены возможности повышать свою квалификацию по вопросам безопасности жизнедеятельности.

Результатом изучения дополнительных нормативных и справочных материалов, а также самостоятельной работы над разделом, является повышение профессионального уровня, и будущий бакалавр, специалист или магистр будут увереннее себя чувствовать в сложных ситуациях профессиональной деятельности, чем человек, обладающий меньшими знаниями, а значит, иметь бóльшую возможность продвижения по службе.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ “БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ” ДЛЯ БАКАЛАВРОВ И СПЕЦИАЛИСТОВ

Общие требования к разделу

В связи с ограниченным объёмом выпускной квалификационной работы и малым временем, который даётся бакалавру на подготовку, последним вместе с его руководителем могут быть выбраны для анализа один или несколько конкретных вопросов, которые в дальнейшем согласовываются с консультантом. Раздел БЖД в ВКР специалиста должен быть более содержательно наполненным и широким по кругу рассматриваемых вопросов.

На защите выпускной квалификационной работы оцениваются профессиональные компетенции, определённые в федеральных государственных образовательных стандартах, основными из которых являются следующие:

- способность использования основ защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий, а также применения современных средств поражения и основных мер по ликвидации их последствий;
- способность ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности;
- способность к общей оценке условий безопасности жизнедеятельности;
- способность организовать мероприятия по охране труда и технике безопасности в процессе эксплуатации и технического обслуживания устройств и систем, использовать принципы механизации и автоматизации процессов производства, выбора и эксплуатации оборудования и оснастки, методы и приёмы организации труда, обеспечивающие эффективное, экологически и технически безопасное производство;
- владение навыками в организации и техническом оснащении рабочих мест, в разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, в оценке рисков и определении мер по обеспечению экологической и технической безопасности разрабатываемых материалов, техники и технологий;
- способность владеть основными методами профилактики производственного травматизма и профессиональных заболеваний;
- умение организовать и осуществить систему мероприятий по охране труда и технике безопасности в процессе эксплуатации, технического обслуживания и ремонта оборудования;
- способность идти на оправданный риск при принятии решений;
- способность применять знание подходов к управлению качеством, разрабатывать интерфейсы “человек – ЭВМ”;
- способность проводить расчёт обеспечения условий безопасной жизнедеятельности;
- способность оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемой техники;
- способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и природной среды от опасностей;

- готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики;
- способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях;
- способность анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учётом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов;
- способность определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска и др.

На рис. 1 в виде структурной схемы приведены варианты возможных заданий и вопросов, охватывающие все основные разделы курса БЖД.

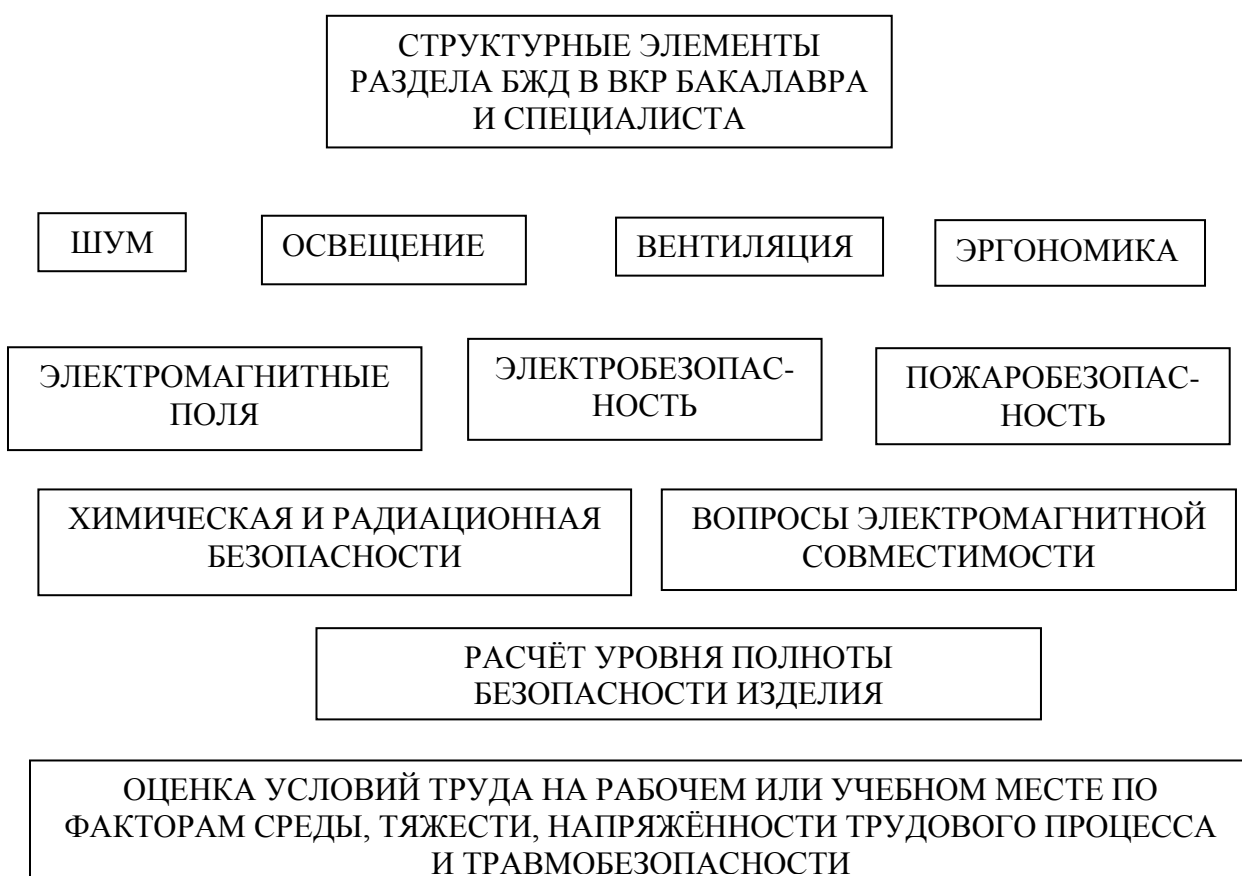


Рис. 1. Структурные элементы раздела БЖД

Возможными вариантами заданий по конкретным опасным или вредным факторам, которые будут выбраны в качестве основных для последующего рассмотрения, могут быть следующие:

Шум:

- разрабатываемого оборудования;
- используемого готового оборудования.

Расчёт эффективности снижения шума в рабочих помещениях акустическими экранами (ГОСТ 31287–2005).

Составление шумовой карты рабочего места (ГОСТ Р 52797.1–2007).

Расчёт-прогноз иммиссии шума от устанавливаемого технического средства в помещении (ГОСТ Р 52797.3–2007).

Расчёт требований по иммиссии шума изделием для обеспечения санитарных норм для заданного вида деятельности.

Освещение.

Расчёт защитного угла и выбор светильников для ограничения блескости (ГОСТ ИСО 8995–2002).

Расчёт необходимого количества светильников для обеспечения требований по освещённости рабочего места (по коэффициенту использования точечным методом).

Расчёт расположения светильников для обеспечения равномерности освещённости в помещении.

Вентиляция.

Расчёт расхода приточного воздуха.

Расчёт расхода вытяжного воздуха.

Расчёт концентрации химических веществ в воздухе рабочей зоны.

Эргономика.

Обоснование/расчёт удобочитаемости текста на экране видеодисплейного терминала (ГОСТ Р ИСО 9241-3–2003).

Расчёт размеров и конструктивных характеристик рабочего места (ГОСТ Р ИСО 14738–2007).

Обоснование соответствия средства отображения информации коллективного пользования визуальным требованиям (ГОСТ Р 52870–2007).

Обоснование/анализ компоновки индикаторов и органов управления изделия/установки.

Обоснование/анализ типа (конструкции) индикаторов и органов управления изделием.

Расчёт характеристик средств отображения информации (СОИ), необходимых для представления заданного объёма информации.

Электробезопасность:

- эксплуатации разрабатываемого изделия;
- эксплуатации готового изделия;
- настройки и ремонта изделия.

Расчёт минимальных зазоров для основной изоляции изделия с учётом ожидаемых условий эксплуатации (ГОСТ Р МЭК 60065–2005 и др.).

Составление комплекса мер по обеспечению электробезопасности эксплуатации изделия.

Расчёт системы зануления изделия.

Расчёт параметров аварийного повреждения изоляции изделия, при котором может произойти срабатывание устройства защитного отключения (УЗО).

Выбор комплекса мер, обеспечивающих недоступность опасных частей изделия.

Расчёт напряжения прикосновения к корпусу изделия в аварийном режиме при наличии выбранной системы защиты.

Расчёт (анализ) опасности поражения человека электрическим током при возможной неисправности изделия в предполагаемых условиях эксплуатации.

Классификация условий эксплуатации и хранения изделия.

Расчёт требуемой полноты безопасности изделия (ГОСТ Р МЭК 61508-2–2007).

Расчёт устойчивости к провалам и прерываниям напряжения питающей сети (ГОСТ Р 51317.4.11–2007).

Пожаро- и взрывобезопасность.

Определение категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасностям. Расчёт критериев. (Технический регламент о требованиях пожарной безопасности и Свод правил СП 12.13130.2009).

Расчёт избыточного давления взрыва (газ / легковоспламеняющаяся жидкость / пыль).

Расчёт удельной пожарной нагрузки.

Расчёт интенсивности теплового излучения.

Расчёт / выбор средства защиты от токов перегрузки / короткого замыкания изделия.

Расчёт температуры нагрева элемента изделия в номинальном и в аварийном режимах работы схемы.

Расчёт эффективности отвода тепла от элементов схемы в корпусе прибора.

Расчёт опасности взрыва опасной среды от искрения при возникновении повреждения элемента схемы.

Расчёт необходимого сечения токоведущих жил (проводников печатных плат / монтажных проводов изделия / шнура питания изделия).

Составление комплекса технических мер по обеспечению пожаробезопасности эксплуатации изделия.

Обоснование необходимости, выбор средств сигнализации и пожаротушения и расчёт их необходимого количества в помещении.

Расчёт параметров повреждения электрической изоляции изделия, при которых возможно возникновение пожара.

Расчёт элементов системы, работающей под избыточным давлением:

- толщины стенок сосудов, шлангов;
- предохранительных устройств.

Электромагнитные поля (ЭМП).

Расчёт энергетической экспозиции при воздействии ЭМП на персонал, обслуживающий оборудование:

- в номинальном режиме эксплуатации;
- в аварийном режиме.

Расчёт допустимого времени нахождения в зоне действия ЭМП.

Расчёт параметров экрана, обеспечивающего необходимое ослабление ЭМП.

Расчёт напряжённости магнитного поля от двух проводников с током.

Расчёт безопасного расстояния от источника ЭМП.

Классификация используемого лазера по степени опасности генерируемого излучения (СП 5804–91).

Расчёт безопасного расстояния для наблюдения отражённого излучения используемого лазера.

Химическая и радиационная безопасность.

Определение класса опасности токсичных отходов технологического процесса (СП 2.1.7.1386–03).

Расчёт / оценка риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Р 2.1.10.1920–04).

Расчёт глубины распространения облака опасного химического вещества (ОХВ) в результате аварии.

Расчёт допустимого времени нахождения в зоне действия источника ионизирующего излучения (ИИ).

Расчёт эффективности защитного экрана от действия ИИ.

Оценка условий труда и риска профессиональных заболеваний.

Составление санитарно-гигиенической характеристики условий труда работника / классификация (Р 2.2.2006–05).

Гигиеническая оценка тяжести и напряжённости трудового процесса работника (Р 2.2.2006–05).

Оценка травмобезопасности рабочего места.

Оценка риска развития профессионального хронического стресса при воздействии стресс-факторов трудового процесса (МР 2.2.9.2311–07).

Эти же варианты могут быть выбраны и магистрами при написании дополнительного раздела в магистерской диссертации.

Особенности написания раздела для технических направлений

Целью разработки раздела БЖД является поиск конкретных инженерных решений, направленных на обеспечение безопасной и безвредной деятельности человека на производстве и в быту. При этом разрабатываемые мероприятия могут касаться как инженерного продукта, так и средств и условий его проектирования и изготовления. Указанные решения и средства следует ориентировать на обеспечение безопасности в повседневных (нормальных), в аварийных и в чрезвычайных условиях. Основой для достижения цели является решение задачи на базе требований нормативно-технической документации (стандарты, нормы, правила).

При проведении работ исследовательского плана следует акцентировать внимание на обеспечение их безопасности.

Задачами раздела являются:

- выявление опасных и вредных факторов, воздействующих на человека;
- выбор и расчёт характеристик средств защиты человека от действия выявленных факторов.

Особенности раздела БЖД по направлениям и специальностям подготовки “Радиотехника”, “Радиоэлектронные системы и комплексы”, “Конструирование и технология электронных средств”, “Инфокоммуникационные технологии и системы связи” связаны с исследуемыми и разрабатываемыми системами, направленными:

- на создание и обеспечение функционирования устройств и систем, основанных на использовании электромагнитных колебаний и волн и предназначенных для передачи, приёма и обработки информации, получения информации об окружающей среде, о природных и технических объектах, а также для воздействия на природные или на технические объекты с целью изменения их свойств;

- на создание радиоэлектронных, электронно-вычислительных, наноэлектронных и микроволновых электронных средств, технологических процессов производства, технологических материалов и технологического оборудования, методов и средств настройки и испытаний, контроля качества и обслуживания электронных средств, методов конструирования электронных средств, разработки технологических процессов;

- на создание условий для обмена информацией на расстоянии по проводной, радио, оптической системам, её обработки и хранения.

К примеру, при исследовании и разработке систем телевидения изучаются основные характеристики зрения, форма и спектр телевизионного сигнала, характеристики и параметры телевизионного изображения, цвет и его восприятие, основы колориметрии, преобразователи “свет–сигнал”, светочувствительные матрицы, преобразователи “сигнал–свет”: кинескопы, жидкокристаллические и плазменные панели, системы цифрового вещательного телевидения и др.

Эти вопросы могут быть интересными и при рассмотрении раздела безопасности жизнедеятельности с позиций электробезопасности человека в высокочастотных цепях, защиты от электромагнитных полей высокой и сверхвысокой частот, создания средств отображения информации, удовлетворяющих эргономическим требованиям, а также требованиям и методам

испытаний с целью проверки систем на конструктивную, информационную и эксплуатационную совместимости, как записано, например для охранных телевизионных систем в ГОСТ Р 51558–2000.

Особенности раздела БЖД по направлениям и специальностям подготовки “Электроника и наноэлектроника” связаны с теоретическими и экспериментальными исследованиями, математическим и компьютерным моделированием, проектированием, конструированием, технологией производства, использованием и эксплуатацией материалов, компонентов, электронных приборов, устройств, установок вакуумной, плазменной, твёрдотельной, микроволновой, оптической, микро- и наноэлектроники различного функционального назначения.

К примеру, некоторые технологические процессы требуют использования чистых помещений. Как должны быть организованы система вентиляции, особенно если подпор воздуха идёт снизу, и сама работа, чтобы люди, в особенности женщины, не получали простудных заболеваний? Это одна из задач, которая должна быть решена с помощью проектирования самой вентиляции или разработкой организационных мероприятий (используемая рабочая одежда и пр.).

Особенности раздела БЖД по направлениям и специальностям подготовки “Информатика и вычислительная техника”, “Прикладная математика и информатика”, “Программная инженерия”, “Информационные системы и технологии”, “Компьютерная безопасность” связаны:

- с ЭВМ, системами и сетями, автоматизированными системами обработки информации и управления, системами автоматизированного проектирования и информационной поддержкой изделий, программным обеспечением автоматизированных систем;
- с использованием математики, программирования на ЭВМ, информационно-коммуникационных технологий и автоматизированных систем управления;
- с индустриальным производством программного обеспечения для информационно-вычислительных систем различного назначения;
- с исследованием, разработкой, внедрением и сопровождением информационных технологий и систем;
- с разработкой и эксплуатацией средств и систем защиты информации компьютерных систем, доказательным анализом и обеспечением защи-

щённости компьютерных систем от вредоносных программно-технических и информационных воздействий в условиях существования угроз в информационной сфере.

Вопросы, которые можно рассмотреть в дополнительном разделе БЖД, связаны с безопасностью работы на ЭВМ, эргономикой программного обеспечения и рабочих мест.

Эргономические требования и принципы, эргономика взаимодействия человек–система, руководства по удобству применения программного обеспечения изложены в государственных стандартах серий ГОСТ Р ИСО 9241, ГОСТ Р ИСО 9355, ГОСТ Р ИСО 10075, ИСО 11064, ГОСТ Р ИСО 15534, ГОСТ Р ИСО 15536, ГОСТ Р 55241, ГОСТ 29.05, ГОСТ Р ИСО 13406-1–2007, ГОСТ Р ИСО 13849-1–2003, ГОСТ Р ИСО 14915-1–2010, ГОСТ Р 50923–96, ГОСТ Р 50948–2001, ГОСТ Р 50949–2001, ГОСТ Р 52324–2005, ГОСТ Р 52870–2007, ГОСТ Р 53454.1–2009 и других стандартах, а по информационным технологиям – в стандартах ISO/IEC 9995, ISO/IEC 13066 и др.

Особенности раздела БЖД по направлениям и специальностям подготовки “Системный анализ и управление” связаны с проектированием сложных систем, ресурсов, процессов и технологий и управлением ими. Наряду с другими вопросами в дополнительном разделе БЖД можно рассмотреть вопросы, связанные с функциональной безопасностью систем электрических, электронных, программируемых электронных согласно требованиям комплекса стандартов ГОСТ Р МЭК 61508.

Основными целями при разработке программного обеспечения, связанного с безопасностью, являются создание архитектуры, удовлетворяющей требованиям к безопасности программного обеспечения (ПО) в отношении уровня полноты безопасности, анализ и оценка требований к ПО со стороны аппаратных средств, выбор подходящего набора инструментальных средств.

Основными функциями безопасности программного обеспечения являются следующие:

- позволяющие достичь безопасного состояния и поддерживать его;
- связанные с обнаружением, оповещением и обработкой ошибок аппаратных средств программируемой электроники;
- связанные с обнаружением, оповещением и обработкой ошибок датчиков и устройств;

- связанные с обнаружением, оповещением и обработкой ошибок в самом программном обеспечении (самоконтроль ПО);
- связанные с периодическим тестированием функций в режиме реального времени;
- связанные с периодическим тестированием функций в автономном режиме;
- имеющие интерфейсы между ПО и программируемыми электронными системами и т. д.

Особенности раздела БЖД по направлениям и специальностям подготовки “Электроэнергетика и электротехника” связаны с производством, передачей, распределением, преобразованием, применением электрической энергии, управлением потоками энергии, разработкой и изготовлением элементов, устройств и систем, реализующих эти процессы.

При проектировании некоторого оборудования должны приниматься во внимание стандарты, непосредственно к нему относящиеся. В частности требования безопасности к электротермическому оборудованию и генераторам для их питания, приведены в ГОСТ 12.2.007.9–93 (МЭК 519-1–84), ГОСТ 12.2.007.9.1–95 (МЭК 519-3–88), ГОСТ Р 50014.3–92 (МЭК 519-3–88) и ГОСТ 12.2.007.10–87. В книге В. А. Буканина “Обеспечение безопасности при проектировании и эксплуатации индукционных электротермических установок” (СПб.: ОАО «Искусство России», 2011) достаточно подробно изложены особенности обеспечения такой безопасности.

Часто результатом разработки является проект лабораторного стенда для использования в учебных и научных лабораториях, представленный в виде силовой части (какой-либо электромеханический объект, например, электромеханический преобразователь электрической энергии, электродвигатель с преобразователем частоты, полупроводниковый преобразователь электрической энергии) и системы управления на базе микропроцессорных устройств управления. В этом случае с точки зрения обеспечения безопасности для подобных разработок актуальны вопросы обеспечения механической безопасности, вопросы электробезопасности, а также вопросы функциональной безопасности.

Если результатом разработки является математическая модель объекта и системы управления (например, печь сопротивления с контуром регулирования температуры, частотно-регулируемый привод подачи токарного стан-

ка, автоклав с автоматической системой управления) и рассматриваются вопросы отработки системой управляющих и возмущающих воздействий (например, для регулируемого электропривода управляющим воздействием может быть задание частоты вращения, возмущающим воздействием может быть изменение механического момента нагрузки), то предлагается более детально проанализировать предельные / аварийные режимы работы системы. Для этого следует определить перечень параметров режима работы объекта и рассчитать их предельно допустимые значения (для электропривода – предельную частоту вращения, для автоклава – предельно допустимое давление), реализовать в математической модели нелинейные блоки, позволяющие ограничить значение управляющих воздействий безопасным, реализовать в модели системы управления защиту от чрезмерных величин возмущающих воздействий и т. д.

Особенности раздела БЖД по направлениям и по специальностям подготовки “Биотехнические системы и технологии” связаны с областью технических систем и технологий, в структуру которых включены любые живые системы и которые связаны с контролем состояния живых систем и управлением им, с обеспечением жизнедеятельности систем, а также с поддержанием оптимальных условий трудовой деятельности человека.

С каждым годом такое оборудование становится все более совершенным, применение новых технологий и разработанных инженерами устройств позволяет еще более успешно бороться с существующими заболеваниями. Однако с ростом эффективности оборудования опасность использования электрических медицинских изделий остается все также актуальной, поэтому особое внимание разработчик обязан уделять безопасности использования новых технологий и новых устройств для осуществления различной медицинской деятельности. Разработчик медицинской техники должен учитывать безопасность не только пациента, но и персонала, выполняющего необходимые манипуляции с помощью создаваемого оборудования. Очень важно, чтобы выполнялись нормы, приведённые в нормативных документах. Основным документом, регламентирующим требования по безопасности электрического медицинского оборудования, является ГОСТ Р 50267.0–92 “Изделия медицинские электрические”. В данном стандарте описываются основные требования безопасности и испытания, которые проводятся с образцами медицинского оборудования на соответствие данным требованиям. В случае,

если существует возможность нанесения вреда здоровью от взаимодействия с создаваемым оборудованием и в стандарте мероприятия по борьбе с данными опасностями не представлены, следует искать такие мероприятия в нормативных документах, описывающих более частные случаи.

При номенклатурной классификации медицинских изделий (кроме медицинских изделий для диагностики *in vitro*) по классам в зависимости от потенциального риска применения выделяют четыре класса: класс 1 – с низкой степенью риска; класс 2а – со средней степенью риска; класс 2б – с повышенной степенью риска и класс 3 – с высокой степенью риска. При классификации медицинских изделий каждое из них может быть отнесено только к одному классу. При этом должны учитываться их функциональное назначение и условия применения, а также такие критерии, как длительность применения; инвазивность; наличие контакта с человеческим телом или взаимосвязи с ним; способ введения в тело человека (через анатомические полости или хирургическим путём); применение для жизненно важных органов и систем (сердце, центральная система кровообращения, центральная нервная система); применение источников энергии.

При классификации медицинских изделий для диагностики *in vitro* каждое медицинское изделие может быть отнесено только к одному из следующих классов: класс 1 – с низким индивидуальным риском и низким риском для общественного здоровья; класс 2а – с умеренным индивидуальным риском и/или низким риском для общественного здоровья; класс 2б – с высоким индивидуальным риском и/или умеренным риском для общественного здоровья; класс 3 – с высоким индивидуальным риском и/или высоким риском для общественного здоровья.

Одной из основных задач номенклатурной классификации является идентификация изделий при информационном обмене для осуществления государственных функций по регистрации медицинских изделий, контролю производства, обращения, состояния и использования медицинских изделий на территории Российской Федерации, прежде всего – для контроля безопасности медицинских изделий.

Раздел БЖД квалификационной работы бакалавра в случае разработки новых или модернизации существующих медицинских аппаратов и систем должен содержать:

- структурную схему взаимодействия медицинской техники с человеком (пациентом и оператором);
- краткое описание ожидаемого функционирования техники;
- анализ вредных и опасных факторов при нормальном функционировании или в случае нарушений;
- выявление основных поражающих факторов и описание мероприятий по защите от них и по профилактике их возникновения;
- заключение о возможности безопасного использования медицинской техники.

В случае разработки новых и модернизации старых медицинских технологий и методик раздел БЖД должен содержать:

- краткое описание технологии, ожидаемого результата ее использования;
- перечисление видов взаимодействия человека (оператора и пациента) с техникой, необходимой для выполнения данной технологии;
- анализ вредных и опасных факторов при нормальном выполнении методики (технологии) и в случае возникновения аварийных режимов и ошибок оператора;
- мероприятия по обеспечению безопасности выполнения манипуляций по заданной технологии (методике) и профилактике возникновения ошибок оператора и аварийных режимов;
- заключение о возможности использовании данной технологии (методики) в медицинской практике.

Особенности раздела БЖД по направлениям и специальностям подготовки “Приборостроение” связаны с созданием и эксплуатацией приборов, предназначенных для получения, регистрации и обработки информации об окружающей среде, о технических и биологических объектах. В данном случае раздел БЖД пишется с учётом общих требований, изложенных ранее, и выделением для рассмотрения одного или нескольких наиболее существенных стресс-факторов.

Особенности написания раздела “Безопасность жизнедеятельности” для гуманитарного и экономического направлений

В разделе БЖД в ВКР бакалавра по направлению подготовки “Реклама и связи с общественностью” должны быть отражены следующие вопросы:

- при проведении мероприятий по повышению имиджа организации, продвижению товаров и услуг на рынок, при разработке мер по улучшению имиджа организации, товаров и услуг, а также при разработке, подготовке к выпуску, производстве и распространении рекламной продукции, включая текстовые и графические, рабочие и презентационные материалы в рамках традиционных и современных средств рекламы, – проведение рекламных действий, доказывающих, что товары и услуги в первую очередь обладают современными требованиями по безопасности, доказательства соответствия продукции требованиям нормативных документов по электробезопасности, пожаро- и взрывобезопасности, электромагнитной совместимости и других нормативов;

- при участии в формировании эффективных внутренних коммуникаций, создании благоприятного психологического климата в коллективе, мотивации сотрудников на активную деятельность и развитие организации – аудит системы управления охраной труда в организации, оценка условий труда по факторам среды, тяжести и напряжённости труда, аттестация рабочих мест;

- при выполнении различных видов работ по рекламе и связям с общественностью – проведение необходимых мероприятий по охране труда, личного здоровья и здоровья коллег, мероприятий по безопасности в случае возникновения пожара и других чрезвычайных ситуаций.

В разделе БЖД в ВКР бакалавра по направлению подготовки “Лингвистика” должны быть отражены следующие вопросы: при выполнении различных видов работ по организации деловых переговоров, конференций, симпозиумов, семинаров, выполнении функций посредника в сфере межкультурной коммуникации – проведение необходимых мероприятий по охране труда, личного здоровья и здоровья коллег, мероприятий по безопасности в случае возникновения пожара и других чрезвычайных ситуаций.

В разделе БЖД в ВКР бакалавра по направлению подготовки “Инноватика” должны быть отражены следующие вопросы:

- при организации пусконаладочных работ и приёмосдаточных испытаний – обеспечение безопасности этих работ;

- при проведении технологического аудита – аудит системы управления охраной труда;

- при подготовке информационных материалов об инновационных организации, продуктах, технологии – информационные материалы о состоянии безопасности;
- при формировании баз данных и разработке документации – формирование баз данных и наличие нормативной документации по безопасности жизнедеятельности;
- при подготовке материалов к аттестации и сертификации новой продукции – доказательства соответствия продукции требованиям нормативных документов по электробезопасности, пожаро- и взрывобезопасности, электромагнитной совместимости и других нормативов;
- при выполнении структурного и системного моделирования жизненного цикла проекта – моделирование вопросов безопасности на всех стадиях жизненного цикла, начиная от разработки и кончая утилизацией;
- при разработке и внедрении систем качества – разработка и внедрение качества проведения работ по охране труда и здоровья.

В разделе БЖД в ВКР бакалавра по направлениям подготовки “Менеджмент” и “Управление качеством” можно рассмотреть состояние дел по вопросам обеспечения безопасности, включая защиту в чрезвычайных ситуациях, в той организации, которая выбрана в качестве примера для рассмотрения основной проблемы. Обычно организации готовят годовые отчёты о своей работе, причём некоторые из них должны быть выставлены в сети Интернет. Там можно посмотреть, как решают вопросы БЖД топ-менеджеры, уже знакомые с проблемами БЖД.

Если найти материалы не удастся, то в разделе БЖД можно рассмотреть другие вопросы, в частности:

- оценку условий труда и возможных заболеваний при выполнении конкретной работы тем специалистом, который будет в дальнейшем использовать разработку (в крайнем случае, оценку можно провести для самого себя);
- разработать документированные процедуры по всему комплексу безопасности жизнедеятельности в организации или по его отдельным аспектам;
- разработать требования к управлению БЖД в организации на основе последних законодательных и нормативных документов (если этого ещё не сделано).

В связи с появлением ГОСТ Р 54934–2012/OHSAS 18001:2007 “Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования”, введённому в действие с начала 2013 г., должен поменяться подход в области безопасности труда и охраны здоровья (БТиОЗ) в условиях растущих правовых требований, совершенствования экономической политики и других мер, направленных на поддержку передового опыта в области БТиОЗ, а также в условиях возрастающей озабоченности заинтересованных сторон вопросами БТиОЗ. Заинтересованность в достижении и демонстрации весомых результатов отражается в политике организации и целях в области безопасности труда и охраны здоровья и проявляется с помощью снижения риска в области БТиОЗ за счёт своих процессов управления.

Чтобы оценить показатели деятельности в этой области, многие организации проводят анализ или аудит менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Однако проведение таких анализов и аудитов само по себе может быть недостаточно для обеспечения уверенности организации в том, что её деятельность не только соответствует правовым требованиям и собственной политике в области БТиОЗ в настоящее время, но и в дальнейшем будет им соответствовать. Анализы и аудиты для обеспечения их результативности должны проводиться в рамках действующей в организации структурированной системы менеджмента.

Успех данной системы зависит от приверженности идее БТиОЗ на всех уровнях и во всех функциональных структурах организации и, в особенности, от приверженности ей высшего руководства. Система такого типа даёт организации возможность разработать политику в области БТиОЗ; определить цели; создать механизмы для достижения обязательств, содержащихся в политике; осуществлять необходимые мероприятия для улучшения своей деятельности; продемонстрировать соответствие системы современным требованиям.

Таким образом, раздел БЖД в ВКР может быть посвящён организационным мероприятиям, направленным на обеспечение БЖД со стороны руководства, на основе положений Трудового кодекса РФ и государственных стандартов ГОСТ Р 54934–2012/OHSAS 18001:2007, ГОСТ Р 12.0.230–2007, ГОСТ Р 12.0.007–2009, ГОСТ Р 12.0.008–2009 или ГОСТ Р 12.0.009–2009 по проблемам управления охраной труда в организации. Элементы системы менеджмента БТиОЗ могут быть согласованы или интегрированы с соответ-

ствующими элементами других систем менеджмента, таких, как система менеджмента качества, система экологического менеджмента, системы защиты информации или системы финансового менеджмента.

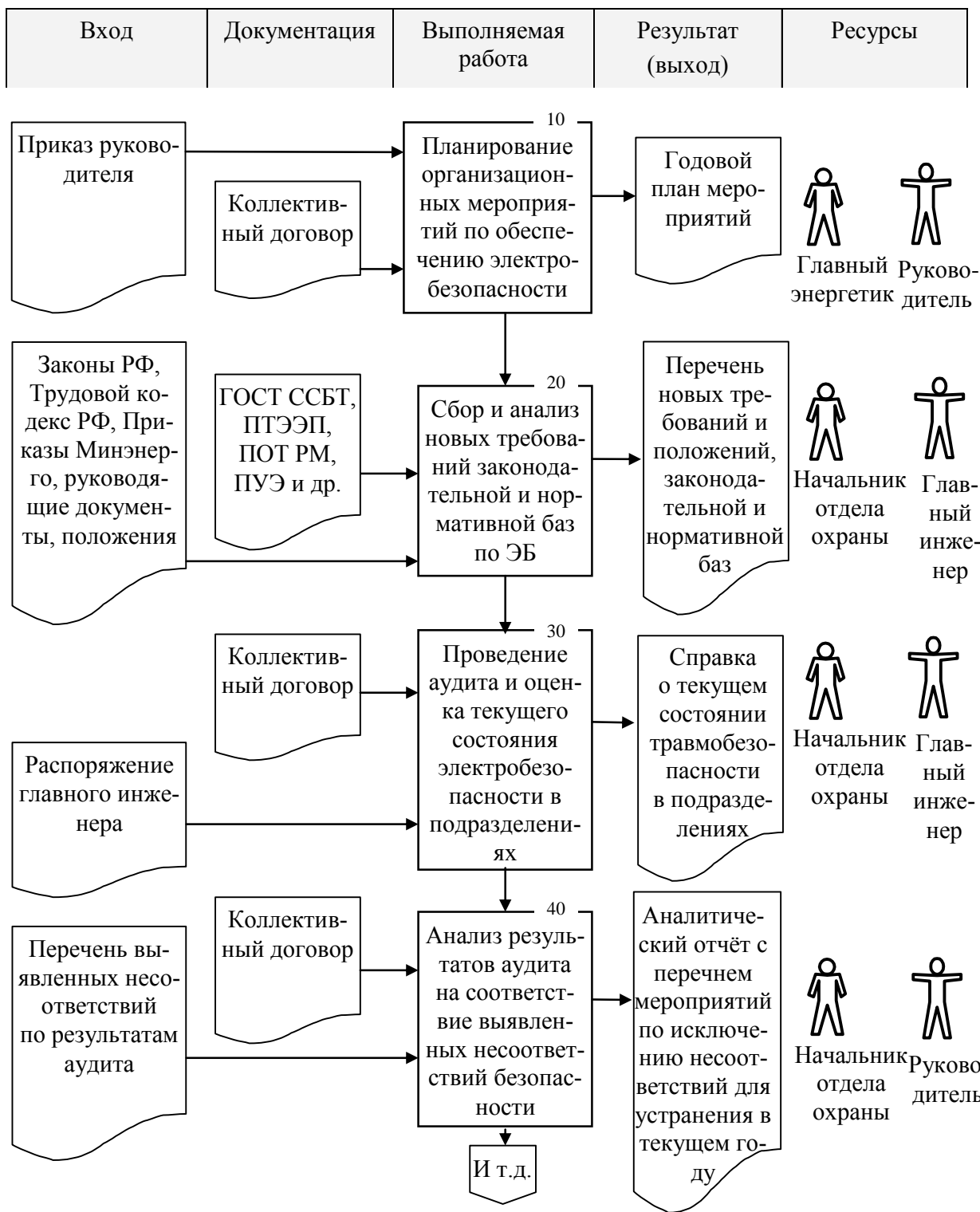
В разделе БЖД “Стадии документированной процедуры системы качества безопасности жизнедеятельности, характерных для организации (или предприятия)”, описываются стадии одного из разделов БЖД или в целом весь комплекс обеспечения БЖД, которые могут быть включены в документированную процедуру для организации.

Основными разделами БЖД применительно к организации могут быть следующие: общее планирование деятельности в области безопасности жизнедеятельности; технологии мониторинга и аттестации рабочих и учебных мест; углубленное обучение в области безопасности жизнедеятельности отдельных групп персонала; обеспечение БЖД при организации питания и отдыха; планирование и обеспечение специальных мероприятий безопасности жизнедеятельности на период чрезвычайной ситуации; обеспечение БЖД подготовкой инфраструктуры организации (здания, помещения, оборудование); финансовое обеспечение процессов безопасности жизнедеятельности и другие.

В качестве примера (начала) организации работ по электробезопасности в табл. 1 и на структурной схеме рис. 2 приведены стадии документированной процедуры.

Таблица 1

Работы, мероприятия	Ответственный	Реализующий	Соисполнитель	Информирующий (емый)
Планирование организационных мероприятий по обеспечению электробезопасности	Главный инженер	Главный энергетик	Начальник отдела охраны труда	Руководитель
Сбор и анализ новых требований законодательной и нормативной базы по электробезопасности	То же	То же	То же	То же
Проведение аудита и оценивание текущего состояния электробезопасности в подразделениях	Начальник отдела охраны труда	- « -	Руководитель подразделения	- « -
Анализ результатов аудита на соответствие выявленных несоответствий безопасности	Главный инженер	- « -	Аналитический центр	- « -



Условные обозначения



Исполнитель



Ответственный за мониторинг

Рис. 2. Структурная схема документированной процедуры

Раздел БЖД в ВКР может быть посвящён также оценке условий труда в соответствии с Р 2.2.2006–05 “Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда” от 29 июля 2005 г. по факторам производственной среды, тяжести и напряжённости работы с заполнением соответствующих таблиц, а также по оценке травмобезопасности.

Применительно к дополнительному разделу ВКР специалиста для рассматриваемого объекта исследований или для разработки проводится идентификация опасных и вредных факторов и оцениваются технический и профессиональный риски от воздействия этих факторов на всех этапах жизненного цикла. Проводятся необходимые расчёты и намечаются защитные мероприятия в соответствии с соответствующими требованиями нормативных документов. Оценивается безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Раздел БЖД специалиста технического направления, как правило, должен состоять из следующих подразделов: “Характеристика условий применения”, “Анализ опасных и вредных факторов”, “Основные требования к системе с позиций безопасности” и “Защита в чрезвычайных ситуациях”.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ “СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ” ДЛЯ МАГИСТРОВ

Раздел желательно выполнить в виде научного исследования по вопросам безопасности.

Некоторые из магистрантов технических направлений подготовки обучались по дисциплинам “Специальные вопросы проектирования безопасной приборной техники” и “Системы обеспечения безопасности технических средств управления”, некоторые – изучали специальные вопросы безопасности применительно к конкретным разработкам, выполняемым в рамках других дисциплин. Таким образом, полученные знания они могут применить и при написании дополнительного раздела СВОБ.

При проектировании безопасных систем, включая исследование (как первый или начальный этап проектирования), одной из основных задач является оценка риска негативных событий и для самой системы, и для человека. Создавая что-то новое, человек тем самым создаёт условия для возникновения негативных последствий как в условиях стандартного применения системы, так и в его непредвиденных и незапланированных условиях.

Нормативные документы на изделие, разработку или исследование которого проводит магистрант, предписывают, что технические средства, предназначенные для систем, должны обладать конструктивной, информационной и эксплуатационной совместимостью, быть удобными и безопасными в эксплуатации, а сама система – обладать функциональной безопасностью.

Возможными вариантами заданий по конкретным опасным или вредным факторам, которые будут выбраны в качестве основных для последующего рассмотрения, могут быть факторы, которые рассмотрены ранее, или в добавление к ним следующие:

- Разработка комплекса мероприятий по обеспечению безопасности разрабатываемого устройства или технологического процесса (для различных этапов его жизненного цикла).
- Разработка программ и методик испытаний изделий и технологических установок на подтверждение соответствия требованиям безопасности (по отдельным нормируемым параметрам электро-, пожаро-, взрывобезопасности, климатической и механической устойчивостей / прочности к внешним воздействующим факторам, электромагнитной совместимости (ЭМС) и др.).
- Анализ и оптимизация мероприятий по повышению функциональной безопасности изделий, связанных с безопасностью.
- Анализ факторов, характеризующих условия труда (тяжесть, напряжённость, стресс-факторы) работников, выполняющих исследования, испытания, настройку, эксплуатацию устройств и технологических установок.
- Разработка предложений по оптимизации параметров устройств или технологических установок, влияющих на условия труда.

В дополнительном разделе СВОБ к ВКР применительно к разработке могут быть предложены следующие задания:

- Классификация и характеристики электромагнитной обстановки (ГОСТ Р 51317.2.4–2000 ГОСТ Р 51317.2.5–2000).
- Испытания на помехоустойчивость. Виды необходимых испытаний (ГОСТ Р 51317.4.1–2000).
- Программы и методики испытания технических средств измерения и контроля промышленных процессов на устойчивость к помехам и управления такими средствами (по ГОСТ 29073–91).
- Программы и методики необходимых испытаний изделия на помехоэмиссию.

- Обеспечение требования устойчивости к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в жилых, коммерческих и производственных зонах (ГОСТ Р 51317.6.1–2006, ГОСТ Р 51317.6.2–2006).
- Влияние требований функциональной безопасности на степени жёсткости испытаний и критерии качества функционирования в условиях помех (ГОСТ Р 51317.1.2–2007).
- Обеспечение требования ограничения помехоэмиссии от технических средств, применяемых в жилых, коммерческих зонах и производственных зонах (ГОСТ Р 51317.6.3–99, ГОСТ Р 51317.6.4–99).
- Оборудование информационных технологий. Обеспечение требования устойчивости к электромагнитным помехам и к ограничению создаваемых помех (ГОСТ Р 51318.22–2006, ГОСТ Р 51318.24–99).
- Обеспечение требования электромагнитной совместимости к источникам электропитания устройств телемеханики (ГОСТ Р 51179–98).
 - Особенности обеспечения помехоустойчивости аналоговых цепей.
 - Особенности помехоустойчивости цифровых цепей.
 - Фильтрация помех.
 - Подавление импульсных помех.
 - Разделение цепей как средство обеспечения ЭМС.
 - Ограничение эмиссии помех в коммутационных устройствах.
 - Заземление как средство обеспечения ЭМС.
 - Экранирование как средство обеспечения ЭМС.
 - Защита микропроцессора от импульсных помех.
 - Средства повышения помехоустойчивости кабелей.
 - Средства обеспечения грозозащиты изделия.
 - Особенности применения варисторов для защиты от помех.
 - Особенности применения проходных конденсаторов для защиты от помех.
 - Особенности применения ферритов для защиты от помех.
- Обеспечение устойчивости изделия к отклонениям параметров сети питания и недостаточного качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения (по ГОСТ Р 54149–2010, ГОСТ Р 51317.4.11–2007).
- Влияние гармоник потребляемого тока на обеспечение ЭМС.

После разделов “Характеристика условий применения” и “Анализ опасных и вредных факторов, характерных для разработки” в разделе “Основные требования к исследуемой (разрабатываемой) системе с позиций совместимости и безопасности” проводится исследование риска воздействия негативных факторов, выбранных для рассмотрения и записанных в техническом задании к дополнительному разделу ВКР; указываются основные требования по проектированию системы в соответствии с техническими регламентами, ГОСТ, ПУЭ, СанПиН, СНиП и т. д., а также степени жёсткости испытаний по электромагнитным, механическим, климатическим факторам, по которым должна быть испытана система, чтобы эти негативные факторы себя не проявили при эксплуатации.

На всех этапах жизненного цикла приборов, устройств и систем всех видов (далее – изделий) должны быть обеспечены условия, при которых они не представляют опасности для человека. С этой целью при их проектировании и конструировании используется определённая концепция (политика) и учитываются некоторые общие принципы, позволяющие обеспечить необходимый уровень полноты безопасности.

В отличие от общих вопросов, рассматриваемых в дисциплине “Безопасность жизнедеятельности”, в специальных дисциплинах упор делается на особые вопросы обеспечения безопасности, которые являются более конкретными и которым разработчики изделий должны уделить повышенное внимание. Эти вопросы связаны с общетехническими вопросами обеспечения безопасности при проектировании и конструировании изделий применительно к специальности; особенностями взаимодействия системы “человек–машина” и факторами, влияющими на условия эксплуатации; с особенностями обеспечения электрической, пожаро- и взрывобезопасности; электромагнитной, механической, виброакустической, климатической и технико-эстетической совместимостей, а также принятия разработчиками изделий решений о степени жёсткости испытаний и о методиках их проведения.

Необходимо отметить, что в целом риск представляет некий баланс между безопасностью и выгодностью для потребителя, эффективностью произведённых затрат, требованиями, которым должна удовлетворять продукция, и др. Не всегда сразу приходит понимание того, что на вопросы безопасности, в том числе на эргономические аспекты, следует затрачивать большие усилия, поскольку это сильно удорожает изделие. Часто потреби-

тель идёт на то, чтобы приобрести более дешёвый вариант, хотя менее надёжный и безопасный, чем удовлетворяющий всем критериям безопасности, но более дорогой. Необходимо уяснить и помнить правило, что дополнительные затраты всегда окупаются в процессе эксплуатации, и имеются не только социальный, но и экономический эффекты.

Для создания безопасной системы можно было бы использовать положения ГОСТ ИСО/ТО 12100-2–2002 “Безопасность оборудования. Основные понятия, общие принципы конструирования” (хотя это и не совсем может подходить к разрабатываемой системе), а именно:

- устранить или сократить риск, сделав безопасными конструкцию и собранные части установки изначально;
- принять все необходимые меры защиты от риска, который не может быть устранён;
- информировать потребителя об остаточном риске, который может быть вследствие недостаточности принятых мер защиты, с указанием необходимости проведения специального обучения, а также необходимости в обеспечении необходимыми средствами индивидуальной защиты;
- при надлежащих условиях использования сократить до минимума все возможные неудобства.

Общими проблемами безопасности, которые должны быть решены для любых систем, являются следующие:

- Исключение острых кромок, углов, выступающих частей, неровных поверхностей и отверстий, которые могут вызвать травму.
- Обеспечение безопасности изделий ограничением шума, вибрации, электромагнитных полей и других энергетических полей в результате оптимального проектирования.
- Учёт правил проектирования и конструирования механических нагрузок.
- Учёт данных о свойствах материалов (механических свойств, коррозии, старения, истирания, износа, неоднородности и токсичности материала).
- Применение безопасных технологий, процессов и энергосбережения.
- Соблюдение принципов эргономики и инженерной психологии. Все элементы взаимодействия системы «человек–машина», например органы управления, сигнальные и цифровые индикаторы, следует проектировать таким образом, чтобы обеспечить ясное и однозначное взаимодействие между

оператором и установкой. Это позволит уменьшить стрессовые нагрузки и физические усилия операторов пультов управления, а также возможные ошибки на всех стадиях работы системы.

- Соблюдение принципов безопасности при проектировании систем управления (должны быть исключены ошибки в конструкции или в расположении органов системы управления; предусмотрены меры, позволяющие оператору вмешиваться в работу системы управления: например, требуются визуальный блок индикации и однозначное представление на нём сбоя в случае использования электронных схем; требуется использование надёжных элементов системы управления, способных противостоять ударам, вибрации, переохлаждению, нагреву, влажности, пыли, агрессивным материалам или среде, статическим и переменным электромагнитным полям, а также использование элементов с определённым характером отказов, дублирование критических элементов, использование автоматического контроля и т. д.)

- Предотвращение электрической опасности (защита от поражения электрическим током, короткого замыкания и электрической перегрузки).

- Предотвращение опасности возникновения пожара и взрыва (защита от воспламенения и искровых разрядов).

- Информация потребителю (должна входить в комплект поставки системы и ясно определять её основное назначение, а также указания, требуемые для обеспечения безопасного применения). Эта информация не должна скрывать недостатки конструкции, но должна предупреждать потребителя об остаточном риске, который не может быть исключён или существенно снижен при проектировании, и против которого устройства защиты полностью или частично неэффективны; должна охватывать вопросы транспортирования, ввода в эксплуатацию, использования (и, если необходимо, вывода из эксплуатации), демонтажа и утилизации.

- Сигналы и устройства предупреждения (визуальные и звуковые сигналы могут быть использованы о предупреждении об опасности, должны подаваться до наступления опасного события, быть однозначными, чёткими и отличимыми от других сигналов и легко узнаваемыми). Они должны быть спроектированы так, чтобы их проверка была простой, а информация потребителю должна предписывать такую проверку регулярной. Разработчики должны учитывать риск насыщения сигналами предупреждения, особенно когда они подаются слишком часто, и, поэтому, как правило, игнорируются.

- Маркировка, знаки, или пиктограммы, предупреждающие надписи для однозначной идентификации (наименование и адрес изготовителя, обозначения серии и типа, серийный номер); для соответствия обязательным требованиям (например, при работе во взрывоопасной атмосфере); для безопасного использования (необходимость использования средств индивидуальной защиты, данные, относящиеся к регулировке защиты, периодичность проверки и др.). Надписи должны быть на языке страны, где используется установка; хорошо понимаемые знаки (пиктограммы) предпочтительнее надписей; маркировка должна соответствовать принятым стандартам.

- Сопроводительные документы, в частности руководство по эксплуатации.

Уделите внимание защите “разработки” в чрезвычайных ситуациях. Если она предназначена для исключения ЧС или для смягчения их последствий, тогда напишите об этом. Но в любом случае изделие, технология, программный продукт не должны создавать ЧС и быть устойчивыми в условиях ЧС хотя бы ограниченно. Рекомендуется рассмотреть требования по надёжности (критерии долговечности, ремонтпригодности и др.), механической устойчивости, например к землетрясениям, одиночным ударам, вибрации и т. д. (выбор степени жёсткости испытаний), и к негативным воздействиям сети питания (провалы, выбросы, прерывания напряжения питания), магнитных полей промышленной частоты (наводки от сети питания при несимметрии или наличии уравнивающих токов в нулевом проводе) и импульсных магнитных полей, например от разряда молний или от других импульсов (выбор степени жёсткости испытаний).

Дополнительный раздел “Специальные вопросы обеспечения безопасности” для направлений “Менеджмент” и “Управление качеством” может быть посвящён организационным вопросам безопасности, проводимым руководителями организаций и связанным с разработкой методов и средств повышения безопасности и экологичности технологических процессов, с повышением качества работы по охране и безопасности труда, охране здоровья работников в целом. Приветствуются работы, направленные на разработку проектов политики безопасности в организации, на составление документированных процедур по процессам, связанным с обеспечением безопасности, на составление известных по результатам обучения на своей кафедре контрольных карт Шухарта, диаграмм Парето, Исикавы и т. д. (не в смысле про-

дукции, а для изучения возможных проблемных вопросов, отображения их на диаграммах и обеспечения технологии поиска истинных причин рассматриваемой проблемы безопасности с целью эффективного её разрешения).

Могут быть использованы те же подходы, что и для построения диаграммы Исикавы: сбор и систематизация всех причин; группировка этих причин; их ранжирование и анализ получившейся картины.

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПО ФАКТОРАМ РИСКА

Электробезопасность

Высокое напряжения сети электропитания является одним из значимых опасных факторов, который имеется практически в любой разработке электротехнического, электронного и радиоэлектронного устройств или при выполнении большинства видов работ, связанных с эксплуатацией вновь разрабатываемого или готового (покупного) устройства, а также при его настройке или ремонте.

Устройство должно быть безопасным при ремонте и эксплуатации, т. е. в любых эксплуатационных ситуациях должна быть исключена возможность поражения обслуживающего персонала и посторонних лиц электрическим током, травмирования электрической дугой.

Требования безопасности, записанные в Правилах устройства электроустановок (ПУЭ), государственных стандартах, Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП), обеспечиваются разработчиком принятием соответствующих схемных решений и выбором конструкции устройства, а пользователем – соблюдением необходимых мер безопасности в процессе эксплуатации.

Опасность поражения электрическим током возникает при прикосновении человека к токоведущим частям (прямое прикосновение или прямой контакт) или к нетоковедущим проводящим электрический ток частям изделий, случайно оказавшимся под напряжением при снижении сопротивления изоляции или при замыкании на них одной из токоведущих частей (непрямое прикосновение или косвенный контакт). В изделиях, использующих напряжение выше 1000 В, дополнительная опасность возникает при опасном при-

ближении к токоведущим частям вследствие электрического пробоя воздушного промежутка “человек – токоведущая часть”.

Электробезопасность изделия должна обеспечиваться основной защитой (основной изоляцией, использованием малого сверхнизкого напряжения, защитным корпусом), а на случай выхода из строя основной защиты, т. е. повреждения изоляции, пробоя со стороны высокого напряжения на сторону низкого напряжения или повреждения корпуса – дополнительной защитой.

Необходимость применения тех или иных средств защиты от поражения человека электрическим током устанавливается ПУЭ и государственными стандартами.

Требуется на основании анализа предполагаемых условий эксплуатации изделия и возможных неисправностей выявить ситуации, при которых возникает опасность поражения человека электрическим током, и обосновать выбор необходимых технических способов и средств защиты. При этом приводятся ссылки на нормативные документы, в соответствии с которыми должна быть обеспечена защита от поражения электрическим током.

Электрическая изоляция как вид основной защиты служит для того, чтобы уменьшить до допустимого значения ток, протекающий через тело человека при случайном прикосновении к проводящему корпусу, и токи утечки между токоведущими частями или токоведущей частью и землёй. Выбор изоляции изделия и его частей зависит от значения рабочего напряжения, возможности доступа к изделию посторонних лиц и неэлектротехнического персонала, а также от условий эксплуатации. Для разрабатываемого изделия должны быть указаны требуемые значения электрической прочности изоляции и значения её сопротивления.

Покрытие токоведущих частей лаком, эмалью и другими аналогичными материалами не является достаточным для защиты от поражения током при непосредственном прикосновении к этим частям и для защиты от переброса электрической дуги от токоведущих частей изделия на другие металлические части.

Конструкция корпуса, кожуха (оболочки) изделия – основное средство обеспечения недоступности токоведущих частей. В зависимости от предполагаемых условий эксплуатации при разработке изделия должно быть предусмотрено выполнение той или иной степени защиты (код IP). Оболочки должны соединяться с основными частями изделия в единую конструкцию,

закрывать опасную зону и сниматься только при помощи инструмента. Не допускается, чтобы винты (болты) для крепления токоведущих и движущихся частей изделия и для крепления его оболочки были общими. Конструкция и материалы вводных устройств должны исключать возможность случайного прикосновения к токоведущим частям, короткого замыкания проводников посторонними металлическими предметами и замыкания проводников на корпус или между собой.

Дополнительные требования обеспечения недоступности токоведущих частей напряжением выше 1000 В регламентированы ПУЭ пп. 1.1.35, 2.2.28–2.2.30, 4.2.26, 4.2.57–4.2.67, 4.2.86–4.2.93.

Блокировка (электрическая, механическая и электромагнитная) предотвращает ошибочные действия оператора и исключает возможность доступа к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

Сигнализация (обычно автоматическая), надписи и таблички применяются для указания на включённое состояние той или иной части изделия, наличие напряжения, режим работы, запрет доступа внутрь изделия без принятия соответствующих мер и т. п.

Сигнализация должна выполняться в соответствии с требованиями, изложенными в ГОСТ 12.4.026–76*, и размещаться в местах, удобных для обзора. Для световых сигналов должны применяться цвета в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0–75* п. 3.8.2.

Маркировка и расцветка используются в целях улучшения распознавания частей по их функциональному назначению (ПУЭ п. 1.1.28). Маркировка заключается в нанесении условного обозначения на соответствующий элемент (блок, клемма, штепсельный разъём, привод). Отличительная окраска производится для открытых токоведущих частей (ПУЭ п. 1.1.29) и для наружной изоляции проводников (ГОСТ 12.2.007.0–75* п. 3.9.5).

Зануление или защитное заземление должны обеспечивать защиту людей от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетокведущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, т. е. при замыкании токоведущей части на корпус приёмника электроэнергии (ГОСТ 12.1.030–81). Необходимость их выполнения устанавливается ПУЭ разд. 1.7 в зависимости от уровня напряжения, используемого в изделии и условий эксплуатации, определяющих опасность поражения электрическим током. Способ защиты (защитное заземле-

ние или зануление) выбирается в зависимости от рода тока и режима нейтрали питающей электрической сети. Защитное отключение рекомендуется применять, если безопасность не может быть обеспечена устройством заземления или зануления либо если оно трудновыполнимо.

Проектирование всего комплекса мер по обеспечению электробезопасности эксплуатации изделия может оказаться слишком объёмным для выпускной квалификационной работы (особенно бакалаврской), поэтому для разработки могут быть предложены отдельные вопросы обеспечения электробезопасности, например:

- Расчёт минимальных зазоров для основной изоляции изделия с учётом ожидаемых условий эксплуатации (ГОСТ Р МЭК 60065–2005 и др.).
- Расчёт системы зануления изделия.
- Расчёт параметров аварийного повреждения изоляции изделия, при котором может произойти срабатывание УЗО.
- Выбор комплекса мер, обеспечивающих недоступность опасных частей изделия.
- Расчёт значения напряжения прикосновения к корпусу изделия в аварийном режиме при наличии выбранной системы защиты.
- Расчёт (анализ) опасности поражения человека электрическим током при возможной неисправности изделия в предполагаемых условиях эксплуатации.
- Классификация условий эксплуатации и хранения изделия.

Под системой понимается совокупность изделий, имеющих между собой электрические или функциональные связи. Электроустановкой называется совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования, предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования её в другой вид энергии.

Безопасность установки для обслуживающего персонала должна обеспечиваться в любых возможных нормальных и аварийных эксплуатационных ситуациях.

По условиям безопасности электроустановки подразделяются:

- на электроустановки выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью;
- электроустановки выше 1 кВ с изолированной нейтралью;

- электроустановки до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью;
- электроустановки до 1 кВ с изолированной нейтралью.

Выбор режима нейтрали производится в зависимости от предъявляемых к системе технических требований и условий обеспечения безопасности.

Принципы обеспечения условий безопасности в системе имеют отличия от принципов, применяемых к отдельным изделиям. В связи с тем, что отдельные части изделий, входящих в неё, могут иметь между собой гальваническую связь, интенсивность процессов, влияющих на условия безопасности, определяется эквивалентными параметрами всех изделий и линий связи между ними (активным и индуктивным сопротивлениями токоведущих частей, сопротивлением изоляции и ёмкостью относительно корпуса).

В соответствии с ПУЭ в качестве мероприятий по обеспечению безопасности установок (в дополнение к мероприятиям по обеспечению электробезопасности отдельных изделий) используются следующие:

- контроль изоляции сети;
- защита от замыканий на землю;
- защитное отключение;
- разделительные и понижающие трансформаторы.

Контроль изоляции позволяет своевременно обнаружить повреждения изоляции и принять меры к их устранению, улучшая этим условия электробезопасности в сетях постоянного тока и в сетях переменного тока, изолированных от земли (при небольшой ёмкости относительно земли).

В сетях напряжением до 1 кВ, изолированных от земли, применяют устройства автоматического контроля эквивалентного сопротивления изоляции и (при целесообразности) пофидерный контроль. В сетях с глухим заземлением нейтрали напряжением до и свыше 1000 В обычно применяют пофидерный контроль изоляции с использованием трансформаторов тока нулевой последовательности, позволяющий выявить и, при необходимости, отключить участок сети, на котором произошло снижение сопротивления изоляции.

Разделительные трансформаторы осуществляют защитное разделение сетей. Это техническое мероприятие предназначено для выполнения многих функций, повышающих условия безопасности в электроустановках. Разделительные трансформаторы позволяют гальванически развязать защищаемый участок от остальной сети. При этом за счёт увеличения сопротивления изо-

ляции и уменьшения ёмкости напряжение прикосновения при однополюсном прикосновении значительно уменьшается. Если в сети есть приёмники электроэнергии, характеризующиеся низким сопротивлением изоляции, то их также следует питать через разделительный трансформатор. Это позволяет сохранить высоким сопротивление изоляции всей сети и обеспечить эффективный её контроль. При питании ответственных приемников от четырёхпроводной сети с глухим заземлением нейтрали разделительные трансформаторы дополнительно к улучшению условий безопасности повышают помехозащищённость и препятствуют выносу опасных потенциалов через нулевой провод.

Защита от опасности перехода высокого напряжения на сторону низкого напряжения при повреждении изоляции между обмотками понижающих трансформаторов обеспечивается заземлением одного из выводов или средней точки вторичной обмотки.

Для защиты от поражения током при прикосновении к токоведущим частям участков системы, допускающих временное снятие рабочего напряжения, применяются устройства защитного отключения. Если перерывы в питании приёмников недопустимы, то в сети с изолированной нейтралью и небольшой ёмкости сети относительно земли следует применять защитное шунтирование.

При проектировании электроустановки следует учитывать, что все занулённые корпуса электротехнических изделий оказываются связанными в единую систему через нулевой провод. Здесь возможны режимы, когда опасные потенциалы возникают на корпусах как неисправных, так и исправных приёмников электроэнергии. Основные требования по обеспечению правильного функционирования системы зануления приведены в ПУЭ и ГОСТ 12.1.019–2009.

При разработке проекта необходимо на основании анализа состава, условий эксплуатации системы и возможных неисправностей выявить ситуации, при которых возникает опасность поражения человека электрическим током, и обосновать выбор необходимых технических способов и средств защиты.

Процессы монтажа, наладки и регулировки, испытаний, а также экспериментальные исследования характеристик изделий связаны с применением переносного электроинструмента, контрольно-измерительных при-

боров, стандартного и нестандартного лабораторного оборудования, требующих в основном питания от сети напряжением 220 В и частотой 50 Гц. Во время проведения работ, как правило, часть защитных оболочек (кожухов) снята, блокировки отключены и, следовательно, имеется возможность доступа (прикосновения) к токоведущим частям изделия, находящимся под напряжением.

Переносные электроинструменты (в том числе для пайки соединений) имеют легкоповреждаемые в процессе эксплуатации шнуры питания.

Металлический корпус контрольно-измерительного прибора, как правило, соединён с одним из полюсов измерительной цепи и, следовательно, эквипотенциален той точке электрической схемы, относительно которой производится измерение. Возможны режимы, когда в процессе измерений между корпусами приборов возникают опасные разности потенциалов.

В процессе эксплуатации оборудования возможны повреждения электрической изоляции. Замыкания токоведущих частей на корпус изделия приводят к появлению на последнем опасных напряжений, а замыкания между обмотками трансформатора питания создают опасность поражения током при прикосновении человека к токоведущим частям, ранее считавшимися безопасными.

В связи с этим необходимо при подготовке работ предусмотреть технические мероприятия по предотвращению опасного воздействия электрического тока на человека.

Безопасность работ может обеспечиваться отдельно или в сочетании друг с другом следующими техническими способами и средствами, заложенными в конструкцию используемого электроинструмента, приборов, лабораторного оборудования и питающей сети:

- оградительными устройствами, в том числе оболочками, кожухами, обеспечивающими недоступность токоведущих частей для прикосновения;
- изоляцией токоведущих частей (рабочей, дополнительной, усиленной, двойной);
- защитным заземлением;
- занулением;
- использованием малых напряжений;
- защитным отключением;
- разделением сетей (разделительным трансформатором);

- уравниванием потенциалов;
- предупредительной сигнализацией, блокировками, знаками безопасности;
- индивидуальными средствами защиты и предохранительными приспособлениями.

Выбор мер для обеспечения безопасности производится исходя из особенностей места проведения работ; вида питающей электрической сети (в том числе режима нейтрали) и значения напряжения в электроустановке; параметров имеющегося в распоряжении электроинструмента, приборов и оборудования, степени защиты их оболочек; доступности для прикосновения токоведущих частей с опасными напряжениями; возможной специфики отдельных режимов при проведении измерений и испытаний.

При разработке проекта необходимо на основании анализа условий проведения работ, режимов измерений и возможных неисправностей оборудования выявить ситуации, при которых возникает опасность поражения человека электрическим током, и обосновать выбор необходимых технических способов и средств защиты.

Процесс выполнения многих выпускных квалификационных работ связан с проведением расчётов, моделированием процессов или конструированием изделий на ПЭВМ либо посвящён написанию и отладке оригинального программного продукта.

ПЭВМ и её периферийные устройства требуют, как правило, питания от сети напряжением 220 В и частотой 50 Гц. На рабочем месте могут находиться средства оргтехники, настольный светильник и другие устройства, также питающиеся от сети 220 В.

В процессе эксплуатации возможны повреждения защитных оболочек, изоляции токоведущих частей устройств и шнуров питания, создающие опасность прикосновения человека либо непосредственно к оголённым токоведущим частям, либо к металлическим нетокведущим частям устройств, оказавшимся под напряжением вследствие повреждения изоляции. В связи с этим при подготовке рабочего места необходимо предусмотреть технические меры защиты от опасного воздействия электрического тока на человека.

Безопасность работ может обеспечиваться отдельно и в сочетании друг с другом следующими техническими способами и средствами, заложенными в конструкцию устройств и питающей сети:

- оградительными устройствами, в том числе оболочками, кожухами, обеспечивающими недоступность токоведущих частей для прикосновения;
- изоляцией токоведущих частей (рабочей, дополнительной, усиленной, двойной);
- защитным заземлением или занулением;
- использованием малых напряжений;
- защитным отключением;
- использованием разделяющих трансформаторов;
- предупредительной сигнализацией, блокировками, знаками безопасности, а также строительными мероприятиями, снижающими опасность поражения электрическим током.

Выбор мер для обеспечения электробезопасности производится исходя из наличия в помещении условий, создающих повышенную или особую опасность поражения людей электрическим током, вида питающей электросети (напряжения, частоты, режима нейтрали), допустимости аварийного отключения электропитания и конструктивных особенностей используемых устройств, например:

- степень защиты оболочки,
- класс защиты устройства,
- наличие доступных для прикосновения металлических нетоковедущих частей, на которых может появиться опасное напряжение вследствие эксплуатационных повреждений.

При написании раздела необходимо на основании анализа условий проведения работ, состава оборудования и возможных неисправностей выявить ситуации, при которых возникает опасность поражения человека электрическим током, и обосновать выбор необходимых технических способов и средств защиты.

Обеспечение электробезопасности медицинских изделий имеет некоторые особенности по сравнению с обычными производственными или домашними изделиями. Общие технические требования и методы испытаний для них представлены в ГОСТ 12.2.025–76.

Изделия в зависимости от степени защиты от поражения электрическим током подразделяются на четыре типа:

- Н – имеющие нормальную степень защиты;
- В – имеющие повышенную степень защиты;

- ВF – имеющие повышенную степень защиты и изолированную рабочую часть;
- CF – имеющие наивысшую степень защиты и изолированную рабочую часть.

Изделия класса III должны быть рассчитаны на питание от внешнего источника с переменным напряжением, не превышающим 24 В, или с постоянным напряжением, не превышающим 50 В, и не должны иметь внешних или внутренних цепей с более высоким напряжением.

Изделия с внешним питанием, рассчитанные для использования в помещениях, не предназначенных для медицинских целей, и имеющие рабочую часть, предназначенную для электрического контакта с телом пациента, должны изготавливаться по классу II или III.

Изделия типов ВF и CF должны иметь рабочую часть, изолированную от доступных для прикосновения металлических частей.

Изделия с внешним питанием, рассчитанные для использования в помещениях, не предназначенных для медицинских целей, и имеющие рабочую часть, предназначенную для электрического контакта с телом пациента, должны изготавливаться по классу II или III.

Изделия без рабочей части должны изготавливаться по типу Н или В. По типу Н допускается изготавливать изделия, находящиеся при эксплуатации вне пределов досягаемости пациента (лабораторные изделия, стерилизаторы и др.).

Изделие с рабочей частью, не имеющей электрического контакта с сердцем, а также подключаемые к ним изделия, должны изготавливаться по типу В, ВF или CF.

Изделия с рабочей частью, не имеющей электрического контакта с сердцем, предназначенные для лечебного воздействия на пациента постоянным электрическим током или током низкой частоты, должны изготавливаться по типу ВF или CF.

Изделия с рабочей частью, имеющей электрический контакт с сердцем, а также подключаемые к ним изделия, должны изготавливаться по типу CF.

При испытаниях таких изделий предъявляются повышенные по сравнению с промышленными устройствами требования к допустимым токам утечки, электрической прочности и электрическому сопротивлению изоляции.

Имеются некоторые особенности обеспечения электробезопасности для индукционных электротермических установок и радиочастотных радиотехнических систем. В частности принципиальные электрические схемы для анализа вопросов электробезопасности высокочастотной индукционной установки, значительно отличаются от обычно используемых электрических схем одного рода тока или двойного рода тока, в которых имеется звено выпрямленного постоянного тока. Здесь следует говорить о системе тройного рода тока, электрические контуры которой имеют гальваническую связь между собой (рис. 3).

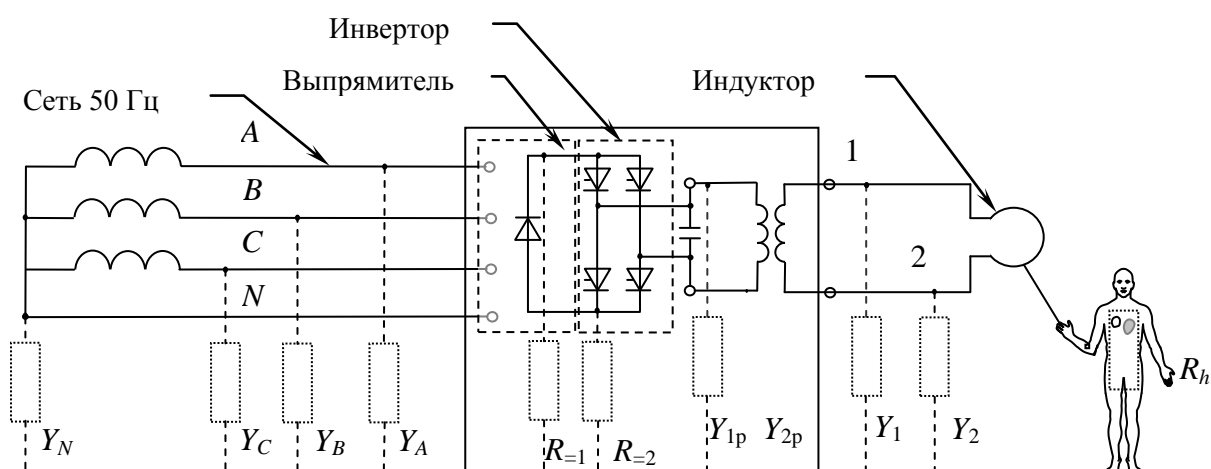


Рис. 3. Одна из характерных эквивалентных схем высокочастотной установки для анализа вопросов безопасности

Обычно имеется преобразователь частоты, представляющий собой отдельное устройство, который подключается к сети 50 Гц. Переменный ток промышленной частоты преобразуется в постоянный ток с помощью выпрямителей по определённым схемам выпрямления. Выпрямленный ток с помощью инвертора преобразуется в высокочастотный ток. Имеются разработки индукционных установок, в которых один мощный выпрямитель питает несколько инверторов, поэтому сеть постоянного тока может быть достаточно протяжённой. На условия безопасности и системы контроля электрической изоляции могут сильно влиять токи утечки на стороне выпрямленного напряжения из-за особенностей систем двойного рода тока. Учитывая опыт негативного воздействия токов утечек от тиристорных выключателей, которые из-за неидеальности тиристоров приводили к электрическому удару при ка-

сании индуктора после отключения питания от сети этими выключателями, необходимо принимать во внимание данное обстоятельство и пытаться оценить эти токи утечки. Индукционная катушка может быть соединена непосредственно с источником питания или со вторичной обмоткой трансформатора.

Таким образом, случайный прямой или косвенный контакт возможен с тремя частями электрической цепи: высокочастотной, на стороне промышленной частоты и в контуре выпрямленного тока.

В индивидуальном задании на расчёт условий электробезопасности человека может быть указаны условия, при которых необходимо оценить риск, и при недопустимом риске выбрать защиту с учётом неопределённости в состоянии нормирования высокочастотных токов и информации о токах утечки диодов, транзисторов или тиристоров. Такие задачи могут быть предложены магистрам для научного исследования.

Отдельной задачей, которую может решить в своём дополнительном разделе бакалавр, является нахождение тока, протекающего через тело человека, при прямом прикосновении к высокочастотной части индуктора без электрической изоляции.

Для оборудования обработки информации, включающего все виды электрического, электронного и телекоммуникационного оборудования, в том числе локальные компьютерные сети, существуют специальные требования к использованию заземления (в случае системы TN – зануления) и уравнивания потенциалов для целей электромагнитной совместимости и передачи сигналов без искажений (ГОСТ Р 50571.21–2000 (МЭК 60364-5-548–96)).

При выполнении зануления и уравнивания потенциалов (соединение всех проводящих элементов в здании: корпусов оборудования, металлических элементов, к примеру, труб центрального отопления, канализации, водоснабжения и т. д.) применять систему TN-C не рекомендуется из-за появления падения напряжения и уравнивательных токов в случае неисправности (рис. 4, а).

Ток нагрузки, вызванный несимметричной нагрузкой в трёхфазных сетях, и токи короткого замыкания, протекающие по нейтральному проводнику, делятся между PEN-проводником, сторонними проводящими частями, экранами и оболочками кабелей, а также проводниками, предназначенными для обмена информацией, вызывая появление помех. Неоднократно по этой

причине было замечено низкочастотное дрожание изображение мониторов, расположенных вблизи прохождения силовых питающих кабелей. Уравнительный ток силой 5 А, протекающий по нулевому проводу, способен создать индукцию стороннего поля более 400 нТл и тем самым вызвать нестабильность или исказить изображения мониторов, выполненных на базе электронно-лучевой трубки.

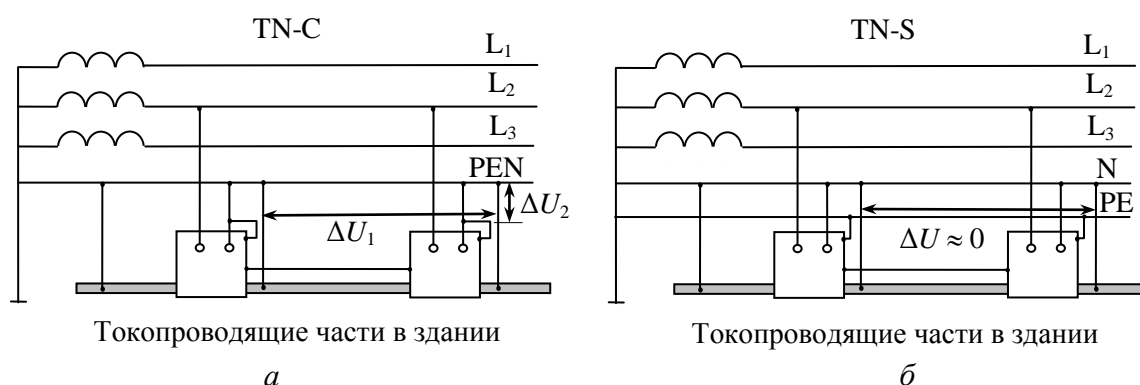


Рис. 4. Особенности зануления и уравнивания потенциалов:
 а – появление уравнительных токов в системе TN–С;
 б – отсутствие уравнительных токов в системе TN–S

Ток замыкания будет протекать по PEN-проводнику и создавать падение напряжения $\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2$.

Система TN–S более устойчива к образованию уравнительных токов в связи с тем, что ток нейтрального проводника протекает только по нулевому рабочему проводнику, не вызывая падения в защитном PE-проводнике, и, следовательно, ΔU (рис. 4, б).

Перед студентом может быть поставлена задача оценить падение напряжения и ток, протекающий по нулевому проводу, оценить риск одновременного прикосновения к корпусам двух системных блоков ПЭВМ.

Пожаро- и взрывобезопасность

Пожаро- и взрывобезопасность должна обеспечиваться в соответствии с Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности, Нормами пожарной безопасности НПБ 247–97, Правилами пожарной безопасности в Российской Федерации, некоторыми строительными нормами и правилами, а также государственными стандартами. Далее кратко излагаются вопросы, которые могут быть рассмотрены в дополнительном разделе ВКР.

Расчётно-экспериментальный метод определения вероятности возникновения пожара в электронных изделиях. Вероятность возникновения i -го аварийного пожароопасного режима в составной части изделия (отказа комплектующих элементов и возникновения короткого замыкания (КЗ), перегрузки, повышения переходного сопротивления и т. п.) по НПБ 247–97 определяют на основании данных о надёжности.

При наличии соответствующих справочных данных по надёжности комплектующих элементов изделия вероятность может быть определена через общую интенсивность отказов изделия с введением коэффициента, учитывающего долю пожароопасных отказов (короткого замыкания, обрыва цепи, отказа контактного соединения и др.), определяемого по формуле $Q = N_H/N_э$, где N_H , $N_э$ – диапазоны пожароопасных и возможных в эксплуатации значений характерного электрического параметра (тока, мощности, сопротивления и др.).

Аварийный пожароопасный режим испытания изделия характеризуется величиной пожароопасного диапазона электротехнического параметра, при котором возможно появление признаков возгорания. Например, характерный пожароопасный режим – короткое замыкание (КЗ); характерный электрический параметр этого режима – ток КЗ.

Пожароопасный диапазон определяется в ходе испытаний. Для этого находят максимальные и минимальные пожароопасные значения характерного параметра и его граничные значения, возможные в процессе работы.

Оценка пожарной опасности электротехнических изделий. Производится по алгоритму, приведённому в ГОСТ Р МЭК 60695-1-1–2003.

Пожарная опасность свойственна любой электрической цепи. Выбором материалов, компонентов и самой конструкцией оборудования пожарный риск следует снижать настолько, чтобы он не был существенным даже в аварийных режимах, при неправильной эксплуатации или при ошибках, допущенных в производстве продукции. Предпочтительно, чтобы изделия не становились источником возгорания, но если оно всё же произошло, то пожарная опасность ограничивалась бы лишь самим изделием и пожар не распространился за пределы оболочки изделия. В случае, когда изделия сами подвергаются пожарной опасности от внешнего источника, важно, чтобы они не способствовали распространению пожара в большей степени, чем строительные материалы или конструкции, являющиеся источником возгорания.

Пожарная опасность изделий зависит от их технических характеристик, условий эксплуатации, обслуживания (с учётом количества и квалификации персонала), окружающей среды, в которых они применяются, а также от возможного ущерба имуществу вследствие пожара, включая сами изделия. Оценка пожарной опасности изделия должна включать в себя описание изделия, а также характеристики окружающей среды и условий эксплуатации.

Пожарную опасность оценивают поэтапно, а именно:

- определяют назначение изделий (например, принадлежность к определённому типу электротехнической продукции) и характеризуют обстановку, в которой данные изделия применяют;
- идентифицируют сценарии пожара, касающиеся данного изделия;
- выбирают критерии пожарной опасности;
- интерпретируют результаты.

Определение принадлежности места размещения оборудования к пожароопасным или взрывоопасным зонам. Базируется на расчётных значениях параметров, связанных с пространственными и временными характеристиками существования в них пожароопасных материалов и взрывоопасных смесей (ПУЭ, ГОСТ Р 51330.9–99). Классификация зон – это метод анализа и классификации окружающей среды, в которой может присутствовать взрывоопасная газовая смесь, проводимый с целью выбора электрооборудования и устройства электроустановок, эксплуатация которых в присутствии данной смеси должна быть безопасной. Классификацию проводят с учётом разделения взрывоопасных газовых смесей по категориям и по группам.

На практике очень трудно гарантировать эксплуатацию промышленных объектов, связанных с переработкой горючих материалов, таким образом, чтобы в воздухе отсутствовали горючие газы и в электрооборудовании не возникали источники воспламенения. Поэтому при наличии взрывоопасной газовой смеси следует использовать электрооборудование, конструкция которого до минимума снижает вероятность возникновения источника воспламенения. Одновременно необходимо учитывать то обстоятельство, что если вероятность возникновения взрывоопасной газовой смеси мала, то требования по взрывозащите к конструкции электрооборудования могут быть менее жёсткими.

Для установления класса взрывоопасной зоны должны быть определены источники и интенсивность утечек. Так как взрывоопасная газовая смесь

может возникнуть только при смешивании горючего газа или пара с воздухом, необходимо установить наличие любого из горючих материалов в рассматриваемой зоне. В первую очередь должно быть установлено, находится ли горючий газ или пар (также горючие жидкости и твёрдые вещества, которые могут образовать газ или пар) внутри технологического оборудования, которое не может быть полностью закрытым. Кроме этого, должно быть выявлено технологическое оборудование, содержащее внутри взрывоопасную газовую смесь, и определены источники утечки горючих веществ, в результате которых взрывоопасная газовая смесь может образоваться снаружи.

Если тот или иной элемент оборудования является источником утечки горючего материала в атмосферу, необходимо определить степень утечки согласно приведённым в государственном стандарте определениям на основании частоты и длительности утечки. Установив степень утечки, необходимо определить её интенсивность и другие факторы, влияющие на класс и размеры зоны.

Требования к электрооборудованию в пожароопасных зонах (ПУЭ, гл. 7.4). В пожароопасных зонах применяется электрооборудование общего назначения. При этом степень защиты оболочки электрооборудования должна соответствовать классу пожароопасной зоны. При выборе электрооборудования, устанавливаемого в пожароопасных зонах, необходимо учитывать также условия окружающей среды (химическую активность, атмосферные осадки и т. п.) (п. 7.4.11 ПУЭ).

Требования к электрооборудованию во взрывоопасных зонах (ПУЭ, гл. 7.3). Выбор и установка электрооборудования для взрывоопасных зон производятся на основе классификации взрывоопасных зон и взрывоопасных смесей.

Определение соответствия используемых конструкционных материалов требованиям ограничения возгораемости. Параметры, требования, методы испытаний, классификация. Огнестойкость – это способность конструкций выдерживать высокие температуры в условиях пожара и выполнять свои эксплуатационные функции. Возгораемость – это способность материала гореть при его нагреве или при контакте с источником огня. Все материалы и конструкции по их способности к возгораемости подразделяются на три группы: негоряемые, трудногоряемые и горяемые. Требования к используемым материалам формулируются исходя из требований функциональной

пожарной опасности объекта (здания), приведённых в Техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности. Класс функциональной пожарной опасности зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков – классификационная характеристика зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков, определяемая назначением и особенностями эксплуатации указанных зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков, в том числе особенностями осуществления в указанных зданиях, сооружениях, строениях и пожарных отсеках технологических процессов производства.

Части из неметаллических материалов, на которых располагаются токоведущие элементы, должны обладать стойкостью к воспламенению и распространению горения при воздействии пламени. Классификация материалов по возгораемости должна соответствовать ГОСТ Р 50377 (V-1, V-2, HF-1). Класс материала должен соответствовать назначению детали в изделии.

Предел огнестойкости строительной конструкции оценивается в соответствии с ГОСТ 30247.0–94 и обозначается одной или несколькими прописными буквами латинского алфавита и цифрами, показывающими время упорности в минутах.

Предельные состояния строительных конструкций по огнестойкости:

- *R* – потеря несущей способности вследствие обрушения конструкции или возникновения предельных деформаций;
- *E* – потеря целостности в результате образования в конструкциях сквозных трещин или отверстий, через которые на необогреваемую поверхность проникают продукты горения или пламя;
- *I* – потеря теплоизолирующей способности вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции до предельных для данной конструкции значений определяют назначение изделий (например, принадлежность к определённому типу электротехнической продукции) и характеризуют обстановку, в которой данные изделия применяют.

Методы испытаний материалов приведены в ГОСТ Р МЭК 60950–2002.

Проверка соответствия используемых конструкционных и электроизоляционных материалов требованиям теплостойкости. Параметры, требования, методы испытаний. Детали электронных изделий из неметаллических материалов, используемые для наружных частей, частей, удерживающих токопроводники и поддерживающих соединения в определённом положении, должны быть теплостойкими. Теплостойкость конструкционных и электро-

изоляционных материалов определяется по ГОСТ 27570.0 при температуре (75 ± 2) °С для наружных частей и (125 ± 2) °С – для частей, удерживающих токоведущие части в определённом положении. Испытания могут быть проведены вдавливанием шарика в материал по ГОСТ Р 50377.

Допустимое превышение температуры элементов. Требования, способы обеспечения. При нормальной и при аварийной работах электронных изделий ни один из элементов конструкции не должен иметь температуру выше допустимых значений, установленных ГОСТ 12.2.006, а для изделий вычислительной техники – ГОСТ Р 50377.

Проверка соответствия используемых конструкционных и электроизоляционных материалов требованиям трекинговостойкости. Параметры, требования, методы испытаний. Соединительные детали между токоведущими частями электронных изделий, выполненные из изоляционных материалов, должны быть стойкими к образованию токопроводящих мостиков. Если изделие эксплуатируется в сверхжестких условиях, то указанные материалы должны соответствовать КИТ 250. Испытания электроизоляционных материалов на трекинговостойкость должны проводиться по ГОСТ 27473.

Испытания материалов на стойкость к воздействию накаливаемых элементов. Параметры, требования, методы испытаний. Части электронных изделий из неметаллических материалов должны обладать стойкостью к воздействию накаливаемых элементов.

Наружные части из неметаллических материалов и частей из изоляционных материалов, удерживающих токопроводники в определённом положении (кроме контактных соединений), должны выдерживать воздействие накаливаемых элементов, имеющих температуру 550 °С.

Части из неметаллических материалов, удерживающие в определённом положении электрические соединения, по которым проходит ток 0,5 А или более, должны обладать стойкостью к воздействию накаливаемых элементов, имеющих температуру 750°С, если электронные изделия работают под надзором.

Части электронных изделий из неметаллических материалов, удерживающие электрические соединения, должны обладать стойкостью к воздействию накаливаемых элементов, имеющих температуру 850 °С, если электронные изделия находятся постоянно под напряжением и без надзора.

Испытания на стойкость к воздействию накаливаемых элементов должны проводиться нагретой проволокой по ГОСТ 27483 и нагретой спиралью по ГОСТ 28913.

Испытание нагретой спиралью проводят на образцах твёрдых электроизоляционных материалов с целью имитации теплового воздействия перегруженных оголённых проводников. Испытанию подвергают оболочки изделия, находящиеся на расстоянии менее 13 мм от проводников, нагреваемых при аварийных режимах до температуры, достаточной для воспламенения.

Испытания нагретой проволокой должны проводиться по ГОСТ 27483.

Электромагнитная совместимость

К специальным задачам обеспечения безопасности изделий, требующих отдельного решения, относятся вопросы электромагнитной совместимости. В данном случае ЭМС – это способность изделий функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам (ТС). Электромагнитные помехи, т. е. любые электромагнитные явления, которые могут ухудшить качество функционирования установки, в большинстве случаев являются неотъемлемой частью окружающей среды и поэтому должны быть учтены при анализе безопасности. Объектом внимания является электромагнитная эмиссия от источника помехи (помехоэмиссия), т. е. генерирование источником помехи электромагнитной энергии, которая может излучаться в пространство в виде электромагнитных полей или распространяться по проводам кондуктивным путём. Исходя из определения ЭМС, при анализе вопросов безопасности изделий должны рассматриваться два основных вопроса, а именно, помехоустойчивость самого изделия и помехоэмиссия от него. В качестве уровня ЭМС, т. е. установленного уровня электромагнитной помехи, используемого для определения предельных значений помехоэмиссии и помехоустойчивости, принимают уровень, который может быть превышен электромагнитной помехой с малой вероятностью. Электромагнитная совместимость обеспечивается только в том случае, если уровни помехоэмиссии и помехоустойчивости контролируются так, чтобы в конкретном месте размещения суммарный уровень помехоэмиссии был ниже уровня помехоустойчивости каждого компонента, аппарата или системы, размещённых в этом месте.

В электромагнитном окружении при работе самих изделий могут встретиться *кондуктивные низкочастотные электромагнитные (ЭМ) помехи* (установившиеся отклонения, колебания, провалы и прерывания напряжения системы питания, искажения синусоидальности напряжения питания, несимметрия напряжений в трёхфазных системах энергоснабжения, отклонение частоты, наведённые низкочастотные напряжения, постоянные составляющие напряжения в сетях электропитания переменного тока и напряжения сигналов, передаваемых в системах энергоснабжения), *кондуктивные высокочастотные ЭМ-помехи* (введённые или наведённые напряжения и токи, представляющие собой непрерывные колебания, однонаправленные переходные процессы или колебательные переходные процессы), *излучаемые низкочастотные* (электрические и магнитные поля) и *высокочастотные помехи* (электрические, магнитные поля и ЭМП, вызываемые непрерывными колебаниями и переходными процессами), а также *электростатические разряды*.

Недопустимыми помехами считаются большие по уровням кондуктивные помехи, передаваемые в питающую сеть, как правило, от источников питания (ламповых генераторов, тиристорных и транзисторных генераторов), а также излучаемые помехи (электромагнитные поля) от разных излучающих электромагнитную энергию систем и силовых кабелей. Таким образом, в центре внимания разработчиков должны находиться вопросы воздействия на работу изделия некачественной электроэнергии от систем питания и внешних электромагнитных полей от других источников ЭМП, а также вопросы негативного воздействия изделия на сеть электропитания и другие электротехнические и электронные устройства, находящиеся в электромагнитном окружении рядом с ним.

В настоящее время в России выпущены и действуют многочисленные стандарты по ЭМС. Если говорить о вопросах помехоустойчивости, то согласно требованиям ГОСТ Р 51317.1.2–2007 (МЭК 61000-1-2–2001) “Совместимость технических средств электромагнитная. Методология обеспечения функциональной безопасности технических средств в отношении электромагнитных помех” для обеспечения функциональной безопасности, т. е. отсутствия недопустимого риска причинения вреда, связанного с нарушением функционирования изделия (включая возможное предсказуемое неправильное его использование) при воздействии электромагнитных помех, необхо-

димо провести оценку возможного их влияния на общий риск и выполнить проектирование, установку и монтаж так, чтобы риск, связанный с возможным воздействием ЭМ-помех, был снижен до допустимого значения.

В отношении ЭМ-помех должны быть:

- разработана концепция для понимания назначения проектируемого изделия и условий его эксплуатации;
- оценены возможный риск и степень опасности нарушения функционирования изделия и его элементов;
- разработаны условия, обеспечивающие функциональную безопасность, и необходимые мероприятия по её обеспечению;
- проведены непосредственное проектирование и разработка изделия с требуемым уровнем безопасности (в особенности систем, связанных с безопасностью);
- выполнена валидация, т. е. подтверждение установленного уровня функциональной безопасности, на месте размещения изделия;
- организованы эксплуатация и техническое обслуживание с установленным уровнем функциональной безопасности;
- проведена модификация с оценкой возможных изменений конструкции и характеристик изделия или технологического процесса на безопасность;
- организовано проведение мониторинга безопасности с регистрацией отказов и влияния этих отказов на безопасность для последующего анализа.

Основными этапами обеспечения функциональной безопасности изделия в отношении электромагнитных помех являются:

- определение конструкции и функции изделия;
- определение электромагнитной обстановки в зоне размещения;
- установление требований безопасности;
- анализ надёжности;
- проведение испытаний на ЭМС;
- изменение конструкции или правил установки и монтажа для снижения риска до допустимого;
- проведение валидации для демонстрации того, что изделия функционирует в соответствии с установленными требованиями;

- разработка инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию для обеспечения требуемой функциональной безопасности в течение срока жизненного цикла.

Основные требования функциональной безопасности изделия должны сводиться к следующим:

- внешние ЭМ-помехи не должны вызвать отказов в работе, а вместе с отказами по другим причинам приводить лишь к допустимому риску;

- внутренние ЭМ-помехи не должны влиять на любые элементы изделия, в особенности на электрические и электронные системы, связанные с безопасностью;

- при выборе критериев для определения результатов испытаний на помехоустойчивость должны анализироваться риски отказов, которые могут вызвать временное восстанавливаемое без вмешательства или с вмешательством оператора или невозстанавливаемое прекращение выполнения определённых функций на период работы изделия в критических электромагнитных условиях.

Если разработчик предполагает, что имеется вероятное критическое влияние той или иной помехи на функциональную безопасность, он должен подумать и о необходимых средствах защиты.

К примеру, если выявлено, что на систему безопасности изделия могут воздействовать радиочастотные ЭМП от другого оборудования, расположенного в электромагнитном окружении, то при проектировании можно предусмотреть защитный электромагнитный экран или кожух; поставить фильтры; предусмотреть эквипотенциальное соединение или заземление, использование принципов избыточности (дублирование и параллельное соединение элементов); печатные платы проектировать с использованием многослойных печатных схем, в которых имеются заземлённые слои и развязывающие конденсаторы, экранирование проводов и т. д.

Необходимые технические решения по снижению электромагнитных помех определяются конкретно для каждого случая на основе имеющегося опыта или в результате исследований. Например отделение линий электрического питания от информационных линий, ставит целью минимизировать перекрёстные помехи информационных линий, индуцируемые сильным током системы питания. Линии, обеспечивающие электрическое питание, отделяются от линий, переносящих информацию. Необходимо также помнить, что

электрическое поле, которое может индуцировать на информационных линиях помехи (всплески напряжения), уменьшается с увеличением расстояния. Пространственное разделение групповых линий (линии с дублирующими сигналами отделяются друг от друга) приводит к снижению перекрёстных помех, индуцируемых током систем питания. Для уменьшения чувствительности систем, связанных с безопасностью, от ЭМП, которые могут наводиться на системы питания или на сигнальные линии либо возникнуть в результате воздействия статических разрядов, используются такие методы, как экранирование и фильтрация.

Ошибки по общей причине (вызванные излучением) могут быть обнаружены антивалентным компаратором. Для обнаружения одинаковых индуцированных напряжений в групповых линиях передачи сигналов вся дублируемая информация передаётся с антивалентными сигналами (например, логические 1 и 0).

Чтобы обнаружить отказы в датчиках систем, связанных с безопасностью, для контроля работоспособности датчика может использоваться независимый эталонный датчик. При этом все входные сигналы в подводящие временные интервалы проверяются этим датчиком для обнаружения отказов в работе проверяемого датчика.

Согласно ГОСТ Р 51317.1.2–2007 (МЭК 61000-1-2–2001) при наличии потенциального риска причинения вреда от электромагнитных помех изделие в целом или отдельные его составляющие должны быть испытаны после изготовления либо в лабораторных условиях, либо в производственных условиях. Это особенно важно для элементов и функций, связанных с безопасностью. Изготовителям изделия необходимо сопоставить объём и сложность испытаний, в том числе и дополнительных, на помехоустойчивость для обеспечения функциональной безопасности с рисками и с последствиями отказов от помех, а также учитывать имеющийся опыт функционирования того или иного изделия в условиях значительных электромагнитных помех при определении степени жёсткости испытаний и составлении планов испытаний.

Для обеспечения безопасности разработчики и изготовители установки должны установить степени жёсткости испытаний, основанные на максимально возможных уровнях помех для конкретных условий эксплуатации. Кроме этого, для гарантии рекомендуется выбрать более высокие степени жёсткости испытаний, предусматрив некий “фактор безопасности”, и провес-

ти две серии испытаний на помехоустойчивость, а именно, испытания элементов, не связанных с безопасностью, и элементов, связанных с безопасностью, но с бóльшей степенью жёсткости, чем первые.

При проведении испытаний на конкретную помеху желательно определить её уровень, при котором произойдёт нарушение в работе как аппаратных, так и программных средств, и возникнет угроза безопасности. Это может потребоваться для определения коэффициента запаса помехоустойчивости. В некоторых случаях, например при испытании на электростатические разряды и пробой, подобное можно сделать только для экспериментального образца (поскольку он может выйти из строя без возможности последующего восстановления), но это может быть оправданно с целью снижения последующих дополнительных затрат.

После проведения проверки функциональной безопасности и испытаний должен быть подготовлен отчёт о влиянии помех на функциональную безопасность. В нём кроме общих пунктов, касающихся типа оборудования, места его размещения и других вопросов, должны быть включены данные о критичных электромагнитных помехах, об элементах конструкции, условиях установки и монтажа, элементах технического обслуживания с учётом старения оборудования, которые в дальнейшем могут быть учтены другими разработчиками и потребителем.

Для большинства изделий можно было бы рекомендовать проведение испытаний на устойчивость к электромагнитным помехам следующих видов:

- магнитные поля промышленной частоты по ГОСТ 50648–95;
- импульсные электромагнитные поля по ГОСТ 50649–94;
- радиочастотные ЭМП по ГОСТ Р 51317.4.3–2006;
- кондуктивные помехи, наведённые радиочастотным электромагнитными полями по ГОСТ Р 51317.4.6–99 (МЭК 61000-4-6–96);
- статические разряды по ГОСТ Р 51317.4.2–99;
- микросекундные импульсные помехи по ГОСТ Р 51317.4.5–99 (МЭК 61000-4-5–95);
- наносекундные импульсные помехи по ГОСТ Р 51317.4.4–2007;
- кондуктивные помехи 0...150 кГц по ГОСТ Р 51317.4.16–2000;
- провалы, кратковременные прерывания и изменение напряжения электропитания по ГОСТ Р 51317.4.11–2007, колебания напряжения питания по ГОСТ Р 51317.4.14–2000.

Степень жёсткости испытаний выбирается исходя из уровней возможных электромагнитных помех на месте эксплуатации изделия и с учётом последствий отказов в работе, а также затрат, связанных с установлением необходимой помехоустойчивости, которые могут быть значительными. В связи с этим требования помехоустойчивости следует устанавливать с осторожностью.

Результаты проведения испытаний на ЭМС изделия в целом или отдельных его элементов, к примеру системы управления и защиты, должны быть классифицированы по критериям ухудшения качества функционирования или прекращения выполнения запланированных функций. Могут быть рекомендованы следующие критерии качества функционирования:

- *A* – нормальное функционирование в соответствии с требованиями, установленными изготовителем, заказчиком испытаний или пользователем;
- *B* – временное прекращение выполнения функции или ухудшение качества функционирования, которые исчезают после прекращения воздействия помехи и не требуют вмешательства оператора для восстановления работоспособности;
- *C* – временное прекращение выполнения функции или ухудшение качества функционирования, восстановление которых требуют вмешательства оператора;
- *D* – прекращение выполнения функции или ухудшение качества функционирования, которые не могут быть восстановлены из-за повреждения элементов или программного обеспечения либо из-за потери данных.

Обеспечение защиты от внешних воздействующих факторов

Внешние воздействия на изделия (климатические и механические) имеют разную физическую природу и изменяются в широких пределах.

Климатические воздействия по физической природе подразделяются:

- на температурные воздействия (кратковременные и длительные);
- воздействия влаги (кратковременные и длительные);
- воздействие соляного тумана;
- воздействие атмосферного давления;
- воздействие солнечной радиации;
- воздействия пыли;
- воздействия плесневых грибков.

Указанные климатические внешние воздействия являются объективными факторами – условиями, в которых осуществляются эксплуатация, хранение и транспортировка изделий.

Механические воздействия на изделия по характеру физической природы можно подразделить:

- на вибрации, которые вызывают ускорения;
- удары, т. е. механические нагрузки и деформация конструкции.

Вибрации подразделяются на кратковременные и на длительные; удары – на линейные и на центробежные.

Анализируя критичность влияния внешних воздействий на изделие, можно среди всех внешних воздействий выявить:

- воздействия, вызывающие обратимые изменения;
- воздействия, вызывающие обратимые отказы;
- воздействия, вызывающие непосредственные накапливающиеся разрушения;
- воздействия, вызывающие необратимые накапливающиеся изменения;
- воздействия, вызывающие необратимые отказы.

Климатические и механические характеристики определяют следующие показатели работы изделия:

- механическую прочность, жёсткость и добротность конструкции, надёжность функционирования деталей, сборочных единиц и блоков изделия при воздействии внешних механических факторов, обеспечение устойчивости при воздействии на него вибрации и ударов, линейных и угловых ускорений;
- устойчивость конструкции к воздействию комплекса климатических факторов (тепла, влаги, соляного тумана, радиации, биологических факторов и т. п.);
- длительность срока службы в условиях эксплуатации.

Имеется серия стандартов, которые определяют методы испытаний на стойкость к внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий, начиная с общих требований (ГОСТ 30630.0.0–99) и кончая частными требованиями, к примеру по отдельным составляющим (определение динамических характеристик конструкции, испытание на воздействие вибрации или случайной широкополосной вибрации с использованием

цифровой системы управления испытаний), испытания на транспортирование и хранение (ГОСТ Р 51909–2002) или воздействие агрессивных и других специальных сред (ГОСТ Р 51802–2001). Термины и определения по внешним воздействующим факторам приведены в ГОСТ 26883–86.

Изделия изготавливаются в различном климатическом исполнении: УХЛ – умеренно-холодный климат, Т – тропический и т. д. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды приведены в ГОСТ 15150–69 “Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды”.

Основное внимание в испытаниях на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий уделяется методам испытаний на воздействие влажности в соответствии с ГОСТ Р 51369–99.

Выделяют следующие виды климатических испытаний:

- испытание на повышенную температуру;
- испытание на пониженную температуру;
- испытание на изменение температур;
- испытание на воздействия инея и росы;
- испытание на воздействие повышенной влажности воздуха;
- испытание на внешнее воздействие воды;
- испытание на воздействие солнечного излучения;
- испытание на воздействие пыли;
- испытание на воздействие атмосферного давления;
- испытание на воздействие повышенного гидростатического давления;
- испытание на воздействие соляного тумана;
- испытание на ветроустойчивость;
- испытание на герметичность;
- испытание на биологические воздействия.

Методы испытаний определены в ГОСТ Р 51369–99, ГОСТ Р 51372–99, ГОСТ Р 51802–2001 и др.

Определяют следующие виды испытаний на механические воздействия:

- испытание на определение наличия и отсутствия резонансных частот конструкций;
- испытание на виброустойчивость и вибропрочность;
- испытание на ударную прочность и устойчивость;
- испытание на воздействие линейных нагрузок;
- испытание на воздействие акустического шума.

На месте установки изделия на него могут воздействовать негативные внешние факторы в виде вибрационных и ударных нагрузок различной природы, включая техногенные и природные, к примеру землетрясения. Изделие должно сохранять свои параметры в пределах норм, установленных в техническом задании, стандартах и технических условиях на конкретную серию или его тип. Общие требования в части стойкости к механическим факторам для многих изделий заложены в ГОСТ 17516.1–90 “Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам”.

Для большинства видов изделий группы механического исполнения – М1 или М2, т. е. оно может размещаться непосредственно на строительных конструкциях (например, на фундаментах) предприятий при внешних источниках, создающих вибрации с частотой не более 35 Гц, и без источников ударных воздействий, расположенных в том же помещении, или М3 с источниками ударных воздействий, расположенных в том же помещении (к примеру, прессовое оборудование, молоты или другие ударные механизмы).

Для оборудования М1 и М2 из внешних воздействующих факторов нормируется только синусоидальная вибрация, уровень которой является заметным. Номинальные значения максимальной амплитуды виброускорения составляет 5 м/с^2 (или 0,5 g) для диапазонов частот 0,5...35 Гц и 0,5...100 Гц для групп исполнения М1 и М2 соответственно. Кроме синусоидальной вибрации, такой же, как и для М1, для оборудования М3 определены номинальные значения пиковых ударных ускорений (максимальная амплитуда ускорений 30 м/с^2 , или 3 g) и длительность действия ударного ускорения (2...20 мс) ударов многократного действия, уровень которых считается незначительным. При технико-экономическом обосновании по согласованию между заказчиком и разработчиком могут устанавливаться более высокие требования по стойкости к отдельным видам внешних воздействующих факторов, которые выбираются по соответствующим таблицам ГОСТ 17516.1–90.

Для стационарных изделий, работающих в районах сейсмической активности, предъявляются требования по стойкости (устойчивости или прочности) к синусоидальной вибрации в течение 1 мин исходя из интенсивности землетрясения и уровня установки изделия над нулевой отметкой. Выбор группы изделий и дополнительных требований проводится по таблицам обязательного приложения 6 ГОСТ 17516.1–90. Требования по испытаниям заложены в ГОСТ 17516.2–90 “Изделия электротехнические. Методы испытания на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам”.

Также методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий определяются в соответствии с ГОСТ Р 52862–2007 (МЭК 60068-2-65–2003) (испытания на воздействие акустического шума (вибрация, акустическая составляющая)) и ГОСТ Р 52762-2007 (МЭК 60068-2-75–1997) (испытания на воздействие ударов по оболочке изделий).

Акустический шум может вызвать значительную вибрацию компонентов комплектных изделий, которая может отличаться от вибрации, вызванной внешним механическим воздействием. Особенно чувствительными к акустическому воздействию являются относительно лёгкие изделия, размеры которых сравнимы с длиной акустической волны в рассматриваемом частотном диапазоне и для которых значение массы, приходящейся на единицу поверхности, невелико (например, дисковые антенны или солнечные батареи, электронные устройства и печатные платы, электропроводка, оптические элементы и др.). Испытательные уровни звука являются достаточно высокими и могут нанести вред человеческому слуху.

Испытания на воздействие акустической вибрации (акустического шума) проводят с целью определения способности образца работать и сохранять работоспособность при воздействии нормированного высокоинтенсивного акустического шума. При этом в части методов возбуждения звука могут применяться различные виды режимов испытаний: акустическое поле в реверберационной испытательной камере (для отдельно взятых оболочек, например, кожуха обтекателя ракеты или газоохладителя атомного реактора высокого давления), испытания методом бегущей волны (внешние устройства воздушных летательных аппаратов и др.), испытания методом объёмного резонанса или методом стоячей волны.

Жёсткость акустических испытаний определяется общим уровнем звукового давления (от 120 до 170 дБ) и продолжительностью испытаний (от 60 до 2 с).

ГОСТ Р 52762–2007 устанавливает три метода испытаний для определения способности образца для испытаний выдерживать удар по оболочке нормированных жёсткостей и подтверждения способности сохранять необходимый уровень работоспособности и безопасности изделия при воздействии на оболочку установленного числа ударов и их жёсткости.

Степень жёсткости испытаний определяется значением уровня энергии удара (от 0,14 до 50 Дж) и числом ударов. Для испытаний могут быть использованы маятниковый копёр, пружинное ударное устройство и вертикальное ударное устройство.

Вопросы эргономики

Согласно ГОСТ Р ИСО 6385–2007 “Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем” эргономические принципы используются для проектирования оптимальной рабочей среды с точки зрения её комфортности, безопасности и здоровья персонала, включая повышение профессионального мастерства, приобретение дополнительных профессиональных навыков для достижения необходимой технологической результативности и экономической эффективности.

В процессе проектирования должны быть рассмотрены основные связи между персоналом и изделием. Человек должен рассматриваться как главный составной элемент и неотъемлемая часть разрабатываемой системы.

Основными целями эргономического проектирования изделий являются исключение дискомфорта, обеспечение безопасности обслуживающего персонала и повышение производительности его труда за счёт обеспечения информационной, биофизической, энергетической, пространственно-антропометрической и технико-эстетической совместимостей.

В соответствии с положениями ГОСТ Р ЕН 614-1–2003 “Безопасность оборудования. Эргономические принципы конструирования. Часть 1. Термины, определения и общие принципы” при применении эргономических принципов в конструировании рабочей системы важно учитывать человеческие способности, умения, ограничения и потребности, когда рассматривают взаимодействие между оператором, рабочим оборудованием и рабочими усло-

виями. Эргономичная рабочая система повышает безопасность, производительность и эффективность труда, улучшает условия работы и жизни человека и уменьшает вредное воздействие на его здоровье.

Конструирование рассматривает в основном взаимодействие оператора и рабочего оборудования, а также разделение функций и работ между оператором и рабочим оборудованием. Целью является конструирование рабочей системы, которая согласуется со способами, с ограничениями и потребностями человека. Поэтому необходим анализ рабочего задания в процессе конструирования.

Изделие должно конструироваться с учётом размеров тела предполагаемой группы операторов. При этом следует учитывать следующее:

- размеры тела взрослых, детей и пожилых людей, особенно для бытовых изделий (статические и динамические, в соответствующей одежде и/или со средствами индивидуальной защиты);
- пространство для движения тела и его частей;
- безопасные расстояния;
- доступные размеры (при работе, ремонте и техническом обслуживании) с использованием, например антропометрических шаблонов, макетов или компьютерных моделей.

При конструировании изделия необходимо учитывать следующие принципы:

- ручки и педали оборудования должны соответствовать по форме и функциям анатомии руки или ноги, а также размерам тела группы операторов. Ручки для ручного рабочего оборудования должны быть сконструированы так, чтобы оператор мог правильно за них взяться и выполнить предусмотренное движение;
- часто применяемые органы управления, ручки и педали должны быть расположены так, чтобы они были легко доступны оператору в нормальной рабочей позе. Другие важные органы управления, например аварийные устройства, должны быть расположены так, чтобы оператор мог их легко достать; реже используемые органы управления необязательно должны быть в пределах досягаемости, если только этого не требует рабочее задание;
- высота и другие функциональные размеры должны соответствовать данным оператора и виду выполняемой им работы и подгоняться или подбираться, например регулированием;

- вид, расположение и регулируемость места для сидения должны предусматриваться с учётом размеров оператора, его позы и выполняемых им функций;

- должно быть предусмотрено достаточное пространство для движения частей тела, участвующих в работе, чтобы рабочее задание можно было выполнить в удобной позе и удобными движениями; изменения позы должны быть лёгкими.

Поза тела оператора при работе не должна наносить вреда здоровью.

При конструировании оборудования необходимо учитывать следующие принципы:

- Неестественные позы, например искривленные или согнутые, а также однообразная деятельность, ведущая к утомлению, должны быть исключены. Должна быть предусмотрена возможность для изменения позы.

- Оборудование должно быть сконструировано так, чтобы позволить оператору выбирать рабочие позы, чередующиеся с сидением, стоянием и хождением. Сидение в общем случае предпочтительнее стояния.

- Должны быть предусмотрены основная необходимая поза и соответствующие опоры для тела. Опоры должны быть выполнены по размерам и положению так, чтобы избегать неустойчивого положения тела. Позы должны соответствовать прилагаемым усилиям. Технические вспомогательные средства должны быть предусмотрены так, чтобы обеспечить требуемое воздействие и избежать физических перегрузок. Чтобы эти требования реализовать для ручного рабочего оборудования, важно расположить рукоятки управления так, чтобы избежать их перехвата в процессе работы.

Рабочее оборудование должно быть сконструировано так, чтобы движения тела или его частей соответствовали естественным ритмам и способам выполнения работы. Особенно следует обратить внимание на то, чтобы оператор не делал частых или длительных движений с сильным поворотом суставов.

При конструировании рабочего оборудования нужно учитывать следующие принципы:

- при использовании рабочего оборудования следует избегать неподвижных поз оператора;

- движения, требующие высокой точности, должны выполняться с минимальным приложением усилий;

- для ручных движений, требующих высокой точности, следует применять вспомогательные средства (например, подъёмники, направляющие, фиксаторы и т. д.);
- следует избегать приложения усилий, при которых требуется вращение или неудобное положение суставов рук и ладони;
- рабочее оборудование следует конструировать так, чтобы избегать повторяющихся (однообразных) движений, которые могут привести к нанесению ущерба, болезни или травмам.

Требования рабочего оборудования к физическим усилиям оператора при их приложении должны быть рациональными. При обращении с органами управления усилия зависят от массы, формы, величины, распределения массы и положения органов управления; от длительности и частоты применения усилий; от позы оператора (сидячая или стоячая) и от направления движения; от правил и методов работы, а также от способностей данной группы операторов (например, пола, возраста, состояния здоровья, строения тела и тренированности).

При конструировании рабочего оборудования нужно учитывать следующие принципы:

- в случае если требуемое усилие не может быть обеспечено соответствующей мускульной группой, необходимо применять механические вспомогательные средства;
- избегать длительного статического напряжения мышц (как, например, работа рук над головой). Масса ручного инструмента может при длительном воздействии вызвать существенное утомление мышц, поэтому её воздействие следует устранять, например подвешиванием или использованием рычагов;
- для уменьшения прилагаемого усилия необходимо компенсировать силу тяжести;
- органы управления, рукоятки и педали рабочего оборудования должны быть сконструированы так, чтобы прилагаемое усилие было минимальным и не вызывало вредного воздействия на здоровье или на безопасность оператора;
- с учётом требований к работе с ручным рабочим оборудованием масса его должна быть распределена так, чтобы было достигнуто соответствующее равновесие;

- в зависимости от требуемых усилий, размера, формы и положения органов управления необходимо избегать неравномерной нагрузки тела и его частей. Чем чаще и продолжительнее воздействие, тем больше оно должно выполняться в сидячем положении оператора.

С повышением уровня автоматизации технических систем уменьшаются требования к физическим возможностям оператора и увеличиваются требования к его умственным способностям (восприятие и обработка информации). Рабочее оборудование должно быть сконструировано так, чтобы учитывались умственные способности оператора, не ухудшалось его здоровье и безопасность, а также повышалась эффективность рабочей системы.

При конструировании нужно учитывать следующее:

- рабочее оборудование должно быть сконструировано так, чтобы его использование не перегружало умственные способности оператора;
- информация, требуемая для выполнения рабочего задания, должна быть представлена так, чтобы оператор мог её легко воспринять;
- информация для оператора должна быть представлена так, чтобы он легко её понял и применил в работе, т. е. ему должна быть предоставлена возможность обзора как всей рабочей системы, так и отдельных её параметров;
- во взаимодействующих системах должны быть обеспечены аналогичные расположение и назначение условных изображений, символов и команд.

Индикаторы и сигнальные устройства должны быть сконструированы, подобраны и размещены так, чтобы они согласовывались с особенностями человеческого восприятия и с выполняемым заданием.

Особенно необходимо учитывать следующее:

- индикаторы и сигнальные устройства должны быть сконструированы так, чтобы гарантировать их ясное и однозначное восприятие. Это относится в первую очередь к аварийным индикаторам и сигнальным устройствам.

При этом следует учитывать интенсивность, длительность сигнала, цвет, форму, величину, контрастность, а также превышение над оптическим и звуковым фонами. При сигнале тревоги воздействие усиливается, если звуковой и оптический сигналы действуют совместно;

- чтобы избежать информационной избыточности, следует ограничить количество и типы индикаторов и сигналов, необходимых для выполнения задания, до минимума;

- индикаторы и сигнальные устройства должны быть сконструированы так, чтобы предоставить оператору ясную и однозначную информацию, ненужной информации следует избегать;

- индикаторы и сигнальные устройства должны быть расположены так, чтобы было возможно надёжное, однозначное и быстрое ориентирование в них и их распознавание. При этом следует учитывать важность и частоту отдельных элементов информации, а также обратную связь в пределах рабочей задачи. Форма и содержание этой информации должны быть однозначны и хорошо известны оператору. Форма и изменяемость информации должны удовлетворять соответствующим требованиям.

Органы управления и их функции должны быть сконструированы, выбраны и расположены так, чтобы они соответствовали физиологическим особенностям человека (особенно его возможностям движения) и частям его тела (рукам, пальцам, ногам или другим частям тела), которые участвуют в управляющих воздействиях. При этом следует учитывать скорость и точность усилий, а также требования к их приложению. Правильная конструкция органов управления ведёт к уменьшению ошибок человека.

При конструировании нужно учитывать следующее:

- количество органов управления должно быть сведено к необходимому минимуму. Органы управления должны быть расположены так, чтобы необходимые по рабочему заданию их положения достигались ясно и однозначно. Чтобы этого достичь, следует учитывать последовательность расположения, важность и частоту отдельных движений;

- тип конструкции и расположение органов управления должны соответствовать рабочему заданию;

- органы управления должны быть сконструированы и расположены так, чтобы свести до минимума опасность для здоровья и жизни оператора с учётом возможности несчастных случаев, частоты использования и т. д.;

- рабочий ход и рабочее противодействие органов управления необходимо выбирать в зависимости от рабочего задания и физиологических особенностей оператора, на основе биомеханических и антропометрических данных;

- функции органов управления должны быть легко различимы, чтобы избежать перепутывания с другими подобными или с соседними органами управления;

- расположение и движение органов управления, их действие и связанная с ними информация должны однозначно соответствовать друг другу;

- органы управления, особенно устройства для пуска, должны быть выбраны, сконструированы и расположены так, чтобы исключить непредусмотренное воздействие на них;

- при смене оператором одной машины на другую (похожего типа и аналогичных функций) органы управления ей должны быть расположены так, чтобы исключить путаницу и уменьшить количество ошибок;

- пульт управления должен быть сконструирован относительно формы, положения и блокировок так, чтобы исключить возможность человеческих ошибок.

Вид и способ управления рабочим оборудованием, а также разделение функций между оператором и рабочим оборудованием, имеют особое значение для обеспечения взаимодействия между этими различными элементами.

Особенно необходимо учитывать следующее:

- Рабочее оборудование должно быть расположено так, чтобы исключить опасность для оператора, исходящую от соседнего рабочего оборудования.

- Способы транспортирования вспомогательных средств и материалов должны быть сконструированы так, чтобы свести опасность этой операции до минимума.

- Составные части рабочего оборудования должны быть расположены так, чтобы способствовать эффективному выполнению рабочего задания и сохранению здоровья, обеспечению безопасности и хорошего самочувствия оператора. Например расстояние между частями рабочего оборудования, должно быть таким, чтобы имелось необходимое пространство для прохода операторов и перемещения материалов, а также обеспечивались возможности для наблюдения за оборудованием.

- При расположении индикаторов на органах управления должно быть обеспечено получение оператором от данных индикаторов ясной и однозначной информации, при этом индикатор и орган управления должны соответствовать друг другу.

- Рабочий ритм движений оператора не должен быть связан с циклами полуавтоматической или автоматической машины или транспортного конвейера. Независимость действий оператора может быть обеспечена дополнительной оснасткой, роботом и т. д.

- Ручное рабочее оборудование должно быть сконструировано так, чтобы оно по размерам, массе и форме соответствовало анатомии руки и позволяло оператору выполнять естественные движения при его использовании.

- Должна быть предусмотрена возможность выполнения оператором операций слева и справа.

- Поскольку конструкторы заранее знают факторы воздействия на окружающую среду при использовании конкретного оборудования, то это тоже должно учитываться.

Конструирование рабочего оборудования может быть описано при применении системного моделирования как методологический процесс, а такие основные задачи, как определение цели, установление требований и оценка соответствия эргономическим критериям, являются составными частями этого процесса. При этом следует учитывать основные конструктивные и человеческие факторы.

Процесс конструирования можно разбить на четыре этапа:

1. Разработка и уточнение технических требований.
2. Разработка предварительного конструкторского проекта (или проектов).
3. Разработка детального конструкторского проекта.
4. Выполнение.

На этапе 1 разрабатывают и уточняют соответствующие системные требования для создания перечня выполняемых функций. На этапе 2 конструктор разрабатывает эскизную документацию последовательно до момента, когда следует определиться с концепцией дальнейшей работы. На этапе 3 конструктор продолжает разработку проекта до получения результатов, на основе которых можно создать рабочую конструкторскую документацию. На этапе 4 конструктор уточняет последние детали и создает окончательный проект. Оператор должен участвовать в данном процессе как можно раньше. Это должны учитывать специалисты организаций, заказывая изделия для своих работников и согласовывая с разработчиками техническое задание.

ГОСТ Р ИСО 6385–2007 “Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем” рекомендует при проектировании производственного оборудования, аппаратных и программных средств сделать акцент на интеллектуальные, а также физико-технические аспекты, относящиеся к оборудованию. Дисплеи и средства управления (в общем случае это обычные приборы или компоненты видеодисплейных терминалов) являются главными компонентами интерфейса, который должен обеспечить взаимодействие и обмен информацией между человеком и технической системой. Он должен быть спроектирован с учётом многих человеческих характеристик:

- интерфейс должен обеспечивать пользователя адекватной информацией и для быстрого общего обзора и для обеспечения детальной информацией о параметрах;
- те элементы интерфейса, которые должны быть в зоне досягаемости, должны быть спроектированы так, чтобы они были легкодоступны и управляемы, а те, которые должны быть в зоне видимости, должны быть спроектированы так, чтобы за ними можно было бы легко наблюдать;
- все сигналы, дисплеи и средства управления должны подаваться и работать так, чтобы по возможности уменьшить вероятность ошибок персонала;
- сигналы и дисплеи должны быть выбраны, спроектированы и размещены таким образом, чтобы быть совместимыми с характеристиками человеческого восприятия и выполняемыми заданиями;
- средства управления должны быть выбраны, спроектированы и размещены таким образом, чтобы быть совместимыми с имеющимися стереотипами персонала, динамикой управляемых процессов и их пространственной реализацией в производственной системе;
- средства управления должны быть выбраны, спроектированы и размещены таким образом, чтобы быть совместимыми с характерными особенностями персонала, участвующего в процессе управления и выполнения задания. Также должны быть приняты во внимание требования к квалификации, аккуратности, скорости и физической силе;
- средства управления должны быть расположены достаточно близко для корректного управления в том случае, когда воздействие оператора на эти средства происходит одновременно или является последовательным и

быстрым. Однако они не должны быть слишком близко из-за возникновения риска неосторожного неверного управляющего воздействия.

Основными эргономическими требованиями, которые относятся к системам управления, являются следующие:

- органы управления должны быть чётко видимыми и различимыми;
- действие органа управления должно вызывать управляющее воздействие;
- органы управления должны находиться вне опасных зон;
- направление перемещения и усилия для приведения в действие должны быть согласованы с управляемыми действиями;
- информация, полученная от индикаторов (к примеру, подача звукового или светового сигнала при готовности к запуску), должна иметь однозначное толкование и быть понятной, не должна быть избыточной, чтобы не перегружать оператора;
- средства предупреждения должны иметь однозначное толкование и легко восприниматься, быть проверяемыми;
- для предупреждения об остающейся опасности должны использоваться знаки, пиктограммы, понятные оператору.

Согласно ГОСТ 60519-1–2005 движение рукояток и рычагов по возможности должны соответствовать направлению механических движений, которыми они управляют. Кнопочные выключатели, индикаторные лампы и дисплеи, а также устройства, отключающие электропитание, должны соответствовать МЭК 60204-1. Кроме указанных требований к средствам и органам управления остаются в силе требования отечественных стандартов по эргономике и технической эстетике, приведённые в ГОСТ 20.39.108–85, ГОСТ 12.2.007.0–81, ГОСТ 12.2.049–80, ГОСТ 12.2.064–81, ГОСТ 21829–76, ГОСТ 23000–78 и некоторых других.

Список рекомендуемой литературы

Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. № 197-ФЗ // Рос. газ. – 31 дек. 2001 г. (Федеральный вып. № 2868).

Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” // Рос. газ. – 1 авг. 2008 г. (Федеральный вып. № 4720).

НПБ 247–97. Электронные изделия. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний / ГУГПС МВД России. – М.: ВНИИПО, 1997. – 14 с.

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. М.: ИНФРА-М, 2004.

СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности/ МЧС России. – М., 2009.

СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования/ МЧС России. – М., 2009.

ГОСТ 14254–96 (МЭК 529–89). Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP). Введ. 01.01.97. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 58 с.

ГОСТ 16962–71. Изделия электронной техники и электротехники. Механические и климатические воздействия. Требования и методы испытаний. Введ. 01.07.71. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 105 с.

ГОСТ 16962.1–89. Изделия электротехнические. Методы испытаний на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам. Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 78 с.

ГОСТ 17516.1–90. Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам. Введ. 01.01.91. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 46 с.

ГОСТ 17516.2–90. Изделия электротехнические. Методы испытания на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам. Введ. 01.01.91. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 49 с.

ГОСТ 30324.0-95 (МЭК 601-1–88). Изделия медицинские электрические. Ч. 1. Общие требования безопасности. Введ. 01.07.96. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 139 с.

ГОСТ 31169–2003 (ИСО 11202–1995). Шум машин. Измерение уровней звукового давления излучения на рабочем месте и в других контрольных точках. Ориентировочный метод измерений на месте установки. Введ. -05.31.2005. – М.: Стандартиформ, 2005. – 20 с.

ГОСТ 12.0.003–74*. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 3 с.

ГОСТ 12.1.005–88*. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Введ. 01.01.89. С измен. № 1. – М.: Стандартиформ, 2006. – 48 с.

ГОСТ 12.1.038–82*. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. Введ. 01.07.83. С измен. № 1. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 7 с.

ГОСТ 12.2.007.9–93 (МЭК 519-1–84). Система стандартов безопасности труда. Безопасность электротермического оборудования. Ч. 1. Общие требования. Введ. 01.01.95. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 16 с.

ГОСТ 12.2.007.9.1–95 (МЭК 519-3–88). Система стандартов безопасности труда. Безопасность электротермического оборудования. Ч. 3. Частные требования к электротермическим устройствам индукционного и прямого нагрева сопротивлением и индукционным электропечам. Введ. 01.01.93. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 15 с.

ГОСТ 12.2.007.10–87. Система стандартов безопасности труда. Установки, генераторы и нагреватели индукционные для электротермии, установки и генераторы ультразвуковые. Требования безопасности. Введ. 01.01.89. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 6 с.

ГОСТ 12.2.025–76. Система стандартов безопасности труда. Изделия медицинской техники. Электробезопасность. Общие технические требования и методы испытаний. Введ. 01.01.82. – М.: Стандартиформ, 2005. – 23 с.

ГОСТ Р 50648–94 (МЭК 1000-4-8–93). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к магнитному полю промышленной частоты. Технические требования и методы испытаний. Введ. 01.01.95. – М.: Изд-во стандартов 1994. – 29 с.

ГОСТ Р 50649–94 (МЭК 1000-4-9–93). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к импульсному магнитному полю. Технические требования и методы испытаний. Введ. 01.01.95. – М.: Изд-во стандартов 1994. – 14 с.

ГОСТ Р 50829–95. Безопасность радиостанций радиоэлектронной аппаратуры с использованием приёмопередающей аппаратуры и их составных частей. Общие требования и методы испытаний. Введ. 01.01.97. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 40 с.

ГОСТ Р 51287–99. Техника телефонная абонентская. Требования безопасности и методы испытаний. Введ. 07.01.2000. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 31 с.

ГОСТ Р 51317.2.5–2000 (МЭК 61000-2-5–95). Совместимость технических средств электромагнитная. Электромагнитная обстановка. Классификация электромагнитных помех в местах размещения технических средств. Введ. 01.01.2002. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 42 с.

ГОСТ Р 51317.4.1–2000 (МЭК 61000-4-1–2000). Совместимость технических средств электромагнитная. Испытания на помехоустойчивость. Виды испытаний. Введ. 01.01.2002. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 16 с.

ГОСТ Р 51317.4.2–2010 (МЭК 61000-4-2–2008). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электростатическим разрядам. Требования и методы испытаний. Введ. 01.01.2011. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 50 с.

ГОСТ Р 51317.4.3–2006 (МЭК 61000-4-3–2006). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю. Требования и методы испытаний. Введ. 07.01.2007. – М.: Стандартиформ, 2007. – 38 с.

ГОСТ Р 51317.4.4–2007 (МЭК 61000-4-4–2004). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к наносекундным импульсным помехам. Требования и методы испытаний. Введ. 07.01.2008. – М.: Стандартиформ, 2008. – 22 с.

ГОСТ Р 51317.4.5–99 (МЭК 61000-4-5–95). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии. Требования и методы испытаний. Введ. 01.01.2001. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 31 с.

ГОСТ Р 51317.4.6–99 (МЭК 61000-4-6–96). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к кондуктивным помехам, наведённым радиочастотными электромагнитными полями. Требования и методы испытаний. Введ. 01.01.2002. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 35 с.

ГОСТ Р 51317.4.11–2007. Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к провалам, кратковременным прерываниям и изменениям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний. Введ. 12.27.2007. – М.: Стандартинформ, 2008. – 20 с.

ГОСТ Р 51317.4.14–2000 (МЭК 61000-4-14–99). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к колебаниям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний. Введ. 01.01.2002. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 12 с.

ГОСТ Р 51318.11–2006 (СИСПР 11–2004). Совместимость технических средств электромагнитная. Промышленные, научные, медицинские и бытовые (ПНМБ) высокочастотные устройства. Радиопомехи индустриальные. Нормы и методы измерений. Введ. 07.01.2007. – М.: Стандартинформ, 2007. – 36 с.

ГОСТ Р 52161.1–2004 (МЭК 60335-1–2001). Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Ч. 1. Общие требования. Введ. 07.01.2005. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 102 с.

ГОСТ Р 52161.2.15–2006 (МЭК 60335-2-15–2005). Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Ч. 2.15. Частные требования для приборов для нагревания жидкостей. Введ. 01.01.2008. – М.: Стандартинформ, 2007. – 20 с.

ГОСТ Р ЕН 614-1–2003. Безопасность оборудования. Эргономические принципы конструирования. Ч. 1. Термины, определения и общие принципы. Введ. 01.01.2005. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 12 с.

ГОСТ Р ИСО 6385–2007. Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем. Введ. 06.01.2008. – М.: Стандартинформ, 2008. – 16 с.

ГОСТ Р ИСО 11064-7-2010. Эргономическое проектирование центров управления. Ч. 7. Принципы оценки. Введ. 12.01.2011. – М.: Стандартинформ, 2011. – 20 с.

ГОСТ Р ИСО 12100-1–2007. Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Ч. 1. Основные термины, методология. Введ. 07.01.2008. – М.: Стандартинформ, 2008. – 31 с.

ГОСТ Р ИСО 12100-2–2007. Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Ч. 2. Технические принципы. Введ. 07.01.2008. – М.: Стандартинформ, 2008. – 31 с.

ГОСТ Р МЭК 60695-1-1–2003. Испытания на пожарную опасность. Ч. 1. Руководство по оценке пожарной опасности электротехнических изделий. Основные положения. Введ. 01.01.2004. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 20 с.

ГОСТ Р МЭК 61140–2000. Защита от поражения электрическим током. Общие положения по безопасности, обеспечиваемой электрооборудованием и электроустановками в их взаимосвязи. Введ. 01.01.2002. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 32 с.

ГОСТ Р МЭК 61508-1–2007. Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Ч. 1. Общие требования. Введ. 06.01.2008. – М.: Стандартиформ, 2008. – 50 с.

ГОСТ Р МЭК 61508-3–2007. Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Ч. 3. Требования к программному обеспечению. Введ. 06.01.2008. – М.: Стандартиформ, 2008. – 42 с.

ГОСТ Р МЭК 60536-2–2001. Классификация электротехнического и электронного оборудования по способу защиты от поражения электрическим током. Ч. 2. Руководство для пользователей по защите от поражения электрическим током. Введ. 07.01.2002. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 11 с.

ГОСТ Р 50014.3–92 (МЭК 519-3–88). Безопасность электротермического оборудования. Ч. 3. Частные требования к электротермическим устройствам индукционного и прямого нагрева сопротивлением и индукционным электропечам. Введ. 01.01.93. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 25 с.

ГОСТ Р 50829–95. Безопасность радиостанций радиоэлектронной аппаратуры с использованием приёмопередающей аппаратуры и их составных частей. Общие требования и методы испытаний. Введ. 01.07.97. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 40 с.

Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие для студ. высш. учеб. зав. / В. Н. Павлов, В. А. Буканин, А. Е. Зенков и др. – М.: Изд. центр “Академия”, 2008. – 336 с.

Буканин В. А. Обеспечение безопасности при проектировании и эксплуатации индукционных электротермических установок. – СПб.: ОАО «Искусство России», 2011. – 176 с.

Буканин В. А., Павлов В. Н., Трусков А. О. Безопасные и эффективные системы освещения: электрон. учеб. пособие / под ред. В. Н. Павлова. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. – 88 с.

Буканин В. А., Павлов В. Н., Трусков А. О. Эргономика – человеческий фактор: электрон. учеб. пособие / под ред. В. Н. Павлова. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. – 80 с.

Иванов Н. И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник. – М.: Логос, 2010. – 424 с.

Организационные методы обеспечения электробезопасности: учеб. пособие / В. А. Буканин, А. А. Ковбасин, В. Н. Павлов, А. О. Трусков. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2009. – 84 с.

Пожарная безопасность: электрон. учеб. пособие / под ред. В. Н. Павлова. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. – 85 с.

Технические средства обеспечения электробезопасности: учеб. пособие/ В. А. Буканин, А. А. Ковбасин, В. Н. Павлов, А. О. Трусов. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2007. – 84 с.

Химическая и радиационная безопасность: электрон. учеб. пособие / под ред. В. Н. Павлова. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2012. – 48 с.

Электромагнитная безопасность человека: учеб. пособие / В.А.Буканин, А.А.Ковбасин, В.Н.Павлов, А.О.Трусов. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2006. – 120 с.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	3
МОТИВАЦИЯ РАССМОТРЕНИЯ ВОПРОСОВ БЕЗОПАСНОСТИ В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ РАЗДЕЛЕ.....	4
ФАКТОРЫ РИСКА, ПОДЛЕЖАЩИЕ РАССМОТРЕНИЮ	8
РАССМАТРИВАЕМЫЕ ВОПРОСЫ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ.....	9
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ “БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ” ДЛЯ БАКАЛАВРОВ И СПЕЦИАЛИСТОВ	10
Общие требования к разделу	10
Особенности написания раздела для технических направлений	16
Особенности написания раздела “Безопасность жизнедеятельности” для гуманитарного и экономического направлений.....	23
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ “СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ” ДЛЯ МАГИСТРОВ.....	29
ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПО ФАКТОРАМ РИСКА	36
Электробезопасность	36
Пожаро- и взрывобезопасность	48
Электромагнитная совместимость.....	54
Обеспечение защиты от внешних воздействующих факторов.....	60
Вопросы эргономики	65
<i>Список рекомендуемой литературы</i>	<i>75</i>

Блажко Наталья Валерьевна, Буканин Владимир Анатольевич,
Демидович Ольга Васильевна, Иванов Александр Николаевич,
Маловский Андрей Иванович, Павлов Владимир Николаевич,
Трусов Александр Олегович

Вопросы обеспечения безопасности
в выпускных квалификационных работах

Учебное пособие

Редактор И. Б. Сенишева

Подписано в печать 05.03.2014. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура “Times New Roman.”
Печ. л. 5,0.
Тираж 457 экз. Заказ

Издательство СПбГЭТУ “ЛЭТИ”
197376, Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, 5