ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

В.Ю. Радоуцкий, В.Н. Шульженко

Устойчивость объектов экономики в ЧС

Учебное пособие

Белгород
2008

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

В.Ю. Радоуцкий, В.Н. Шульженко

Устойчивость объектов экономики в ЧС

Под редакцией В.Ю. Радоуцкого

Утверждено ученым советом университета в качестве
учебного пособия для студентов специальности
280103 – Защита в чрезвычайных ситуациях

Белгород
2008

УДК 355(07)
ББК 68.9я7
Р 15

Авторы: В.Ю. Радоуцкий, В.Н. Шульженко

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. Ю.В. Васильченко (БИЭИ);
канд. техн. наук, доц. Е.А. Носатова (БГТУ
им. В.Г. Шухова)

Радоуцкий, В.Ю.
Р 15 Устойчивость объектов экономики в ЧС: учеб. пособие / В.Ю. Радоуцкий, В.Н. Шульженко; под ред. В.Ю. Радоуцкого. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 180 с.

В пособии изложен материал по проблеме устойчивости объектов экономики в чрезвычайных ситуациях в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта по направлению подготовки специалистов 280100 «Безопасность жизнедеятельности».

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 280103 – Защита в чрезвычайных ситуациях, изучающих дисциплину «Устойчивость объектов экономики в ЧС».

Учебное пособие публикуется в авторской редакции.

УДК 355(07)
ББК 68.9я7

©Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Проблема обеспечения устойчивости объектов экономики (ОЭ) в чрезвычайных ситуациях (ЧС) является одной из основных проблем национальной безопасности любой страны. Без решения этой проблемы невозможно обеспечить ни военную, ни экономическую, ни любую другую безопасность.

Военная, экономическая, социальная и другие виды национальной безопасности непосредственно связаны с устойчивой, стабильной работой ОЭ в любых условиях, в том числе в условиях ЧС. При этом в условиях ЧС обеспечение устойчивости ОЭ особенно важно.

Проблема устойчивости промышленных предприятий, предприятий сельского хозяйства и социальной сферы, объединенных в настоящее время термином объекты экономики, не является новой. Она возникла вместе с ними. Нестабильная, неустойчивая работа ОЭ неизбежно связана с наступлением негативных экономических, социальных и других последствий, в которых нет заинтересованных лиц. Поэтому на всех этапах развития экономики эта проблема в той или иной мере решалась. Всегда на всех этапах развития человеческого общества ведению войн предшествовала подготовка экономики, играющая решающую роль в вооруженной борьбе. Без устойчивой экономики невозможно обеспечение вооруженных сил средствами ведения войны и жизнедеятельности населения.

Всплески энтузиазма в решении проблемы всегда отмечались после войн и масштабных чрезвычайных ситуаций мирного времени, когда становилось совершенно очевидным, что последствия этих событий были бы значительно меньшими при принятии превентивных адекватных мер по обеспечению устойчивости ОЭ. Таким образом, до определенных моментов времени проблема четко не осознавалась, решалась на уровне подсознания и эпизодически. Коренной перелом в подходе к решению проблемы наступил лишь с расширением масштабов войн и усугублением тяжести их последствий. Началом осознанного отношения к проблеме, по-видимому, следует считать 2-ю мировую войну, когда в воюющих странах начали осуществляться специальные мероприятия по подготовке экономики к войне и обеспечению ее устойчивости во время войны. Известно, что устойчивость работы экономики Советского Союза частично обеспечивалась эвакуацией наиболее важных промышленных предприятий из районов военных действий в отдаленные тыловые

районы, строительством в них новых и реконструкцией существовавших предприятий. В фашистской Германии устойчивость некоторых предприятий обеспечивалась их размещением в горных выработках. Особую остроту проблема приобрела с появлением оружия массового поражения, которое создало угрозу поражения не только отдельных ОЭ в пределах территории стран, но и целых промышленных районов с нанесением неприемлемого ущерба уже в самом начале военных действий. В ходе ведения войн с использованием оружия массового поражения возрастает потребность вооруженных сил во всех видах обеспечения, которые могут быть гарантированы только устойчиво функционирующей экономикой. Ослабление военного противостояния не сняло остроты проблемы. Рост организационной сложности и технической оснащенности ОЭ, их энергонасыщенности, все более широкое применение опасных веществ в больших количествах и опасных технологий, нарушение хода естественных природных процессов, ухудшение социальной обстановки в ряде стран мира и другие причины приводят объективному росту числа аварий, катастроф и стихийных бедствий, последствия которых становятся не только соизмеримыми с последствиями войн, но и в ряде случаев их превосходят. Чернобыльская катастрофа, катастрофа на химическом предприятии Юнион Карбайт в индийском городе Бхопал, катастрофические землетрясения, наводнения и ураганы последних лет наглядное тому подтверждение. Экономические, социальные и политические последствия природных и техногенных опасных явлений, как показывает этот опыт, могут быть очень тяжелыми, если объекты экономики не способны противостоять действию поражающих факторов, т.е. не обладают свойством, которое носит название устойчивости. Примером такого рода являются последствия двух одинаковых по силе землетрясений, произошедших в 1986 году в Армении и в 1987 году в Лос-Анжелесе. В первом случае, когда устойчивость не была обеспечена, имели место массовые разрушения и гибель более 25 тысяч человек, во втором случае – произошло обрушение только недостаточно устойчивого путепровода с гибелью менее 200 человек. Для объектов экономики, представляющих опасность для жизнедеятельности людей и окружающей природной среды, важно также обеспечить их устойчивость к возникновению аварий, при которых они сами становятся источниками поражающих факторов.

Современные ОЭ до предела оснащены технологическим оборудованием, представляющим собой сложные технические системы. Отказ любого из элементов этих систем может привести к аварии или катастрофе. Стремление избежать отказов вызвало появление теории надежности технических систем, предметом интересов которой стало выявление причин отказов и их закономерностей, разработка методов и способов предупреждения отказов. С увеличением вероятности внешних воздействий объектом исследования теории надежности стала работа технических систем не только в нормальных, но и в экстремальных условиях при действии на них поражающих факторов. Вне интересов теории надежности остается производственный персонал и другие факторы, оказывающие не меньшее влияние на безотказную работу ОЭ в любых условиях и особенно в условиях ЧС. Изучение влияния всех факторов в их органическом единстве на безотказную работу ОЭ в условиях ЧС, разработка методов и способов ее обеспечения составляют предмет интересов научного направления «Устойчивость ОЭ в ЧС». Теоретическими основами «Устойчивость ОЭ в ЧС» является широкий диапазон фундаментальных и прикладных дисциплин, в числе которых особое значение имеют теория надежности технических систем, являющаяся ее необходимой составной частью, теория сложных систем, организация производства и управление производственными процессами, менеджмент, маркетинг, социология, психология личности и производственных коллективов. В качестве инструмента для решения научных и прикладных задач широко используются теория вероятностей, математическая статистика, теория информации, исследование операций, теория моделирования и другие дисциплины. Решение задачи по обеспечению устойчивости ОЭ в ЧС неразрывно связано с решением двух других важнейших задач: Защитой населения и проведением аварийно-спасательных и других неотложных работ (АС и ДНР) в очагах поражения. Обеспечение устойчивости ОЭ в ЧС одновременно решает задачу защиты его производственного персонала, исключает или существенно облегчает ведение АС и ДНР.

Рост числа ЧС и их масштабов вместе с все еще существующей угрозой войн создают потребность в специальных кадрах, которые могли бы квалифицированно решать задачи по прогнозированию и предупреждению ЧС, оптимальному управлению в условиях ЧС, ликвидации их последствий.

Глава 1. ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ И ТЕРРИТОРИЙ

1.1. Общие требования по повышению устойчивости отраслевых и территориальных звеньев экономики

Проблемы повышения устойчивости функционирования экономики в экстремальных условиях, главным образом, в военное время, привлекают внимание исследователей уже не один десяток лет. И в предвоенные годы, и впоследствии, когда всесторонне осмысливается опыт работы промышленности и сельского хозяйства в Великую Отечественную войну, было приложено много усилий для определения наиболее рациональных направлений и методов подготовки различных звеньев экономики к работе в условиях войны. (В 1941 году в течение 3-х месяцев после начала ВОВ советскими людьми за короткий промежуток времени было эвакуировано оборудование более 1500 различных предприятий и заводов.) Причем, главное внимание в этот период уделялось вопросам совершенствования гражданской обороны, обеспечения населения средствами коллективной и индивидуальной защиты от оружия массового поражения в связи с тем, что в планы фашистского командования включалось и применение боевых отравляющих веществ, имевшихся на вооружении германской армии.

В 70-80-е годы исследование проблемы повышения устойчивости приобрело значительные масштабы, охватило основные территориальные и отраслевые звенья экономики. В этот период была создана достаточно разветвленная система научно-исследовательских организаций для разработки различных аспектов проблемы, актуальность которой на нынешнем этапе развития еще более возрастает.

Актуальность задачи повышения устойчивости и в первую очередь объектов жизнеобеспечения обусловливается следующими обстоятельствами:

– несмотря на некоторое ослабление международной напряженности в связи с заключением ряда договоров, продолжается совершенствование средств вооруженной борьбы и не устранена опасность развязывания новой войны;

– существует угроза террористических актов;

– как свидетельствует опыт последнего времени, и, прежде всего, события на Чернобыльской АЭС и другие крупные аварии и катастрофы, с ускорением НТП, усложнением структуры экономики, внедрением в производство все более дорогостоящих и мощных, сложных технологических систем и машин возрастает ущерб, наносимый экономике в результате производственных аварий, катастроф, стихийных бедствий и других экстремальных ситуаций мирного времени, приводящих к сбоям в работе предприятий и организаций, территорий.

К настоящему времени определились теоретические и практические рекомендации по повышению устойчивости функционирования различных отраслевых и территориальных звеньев экономики в военное время. Накопленный опыт позволяет в определенной степени развивать направления и мероприятия по этой проблеме применительно к ЧС мирного времени, к деятельности МЧС России и РСЧС.

Исходя из сказанного становится ясным нацеленность общественно-государственных механизмов на повышение устойчивости функционирования экономики в чрезвычайных ситуациях как мирного, так и военного времени.

Одной из основных задач, возложенных на единую государственную систему предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС) в соответствии с Федеральным законом «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», является разработка и реализация правовых и экономических норм, связанных с обеспечением защиты населения и территорий от ЧС, осуществление государственных целевых и научно-технических программ, направленных на предупреждение чрезвычайных ситуаций, защиту человека, среды его обитания, и повышение устойчивости функционирования предприятий, учреждений и организаций независимо от их организационно-правовых норм, а также подведомственных им объектов производственного и социального назначения в ЧС.

Решение этих задач возложено в МЧС России на Департамент мероприятий защиты населения и территорий.

Рассмотрим, в чем заключается сущность понятий «устойчивость», «повышение устойчивости» функционирования экономики в военное время и чрезвычайных условиях мирного времени.

Под устойчивостью функционирования экономики в военное время понимается его способность удовлетворять оборонные и важнейшие народнохозяйственные потребности на уровне, обеспечивающем защиту государства и жизнедеятельности населения.

Под устойчивостью функционирования территориального звена экономики (автономная республика в составе РФ, край, область, город, район) понимается его способность обеспечивать производство продукции в установленных номенклатуре и объеме, а также обеспечивать жизнедеятельность населения на соответствующих территориях в военное время.

Под устойчивостью работы (функционирования) отрасли, объединения, объекта в чрезвычайных ситуациях понимается их способность производить продукцию в установленных номенклатуре и объеме (для отраслей и объектов непроизводственной сферы – способность выполнять заданные функции).

Данные определения применимы и для чрезвычайных ситуаций мирного времени.

В «Каталоге основных понятий РСЧС» (ВНИИ ГОЧС 1993 г.), исходя уже из новых подходов в решении задач самой системой, даются следующие понятия:

– устойчивость функционирования экономики в чрезвычайных ситуациях – способность территориальных и отраслевых звеньев экономики удовлетворять основные жизненно важные интересы населения и общества на уровне, обеспечивающем их защиту от опасностей, вызываемых военными действиями и источниками ЧС природного и антропогенного характера;

– устойчивость функционирования территории в ЧС – способность территориального звена экономики удовлетворять основные жизненно важные интересы населения и общества на уровне, обеспечивающем их защиту от опасностей, вызванных источниками ЧС природного и антропогенного характера на определенной территории.

Подготовка экономики к устойчивому функционированию в чрезвычайных ситуациях (это касается отрасли, территории, объекта, независимо от формы собственности и сферы деятельности) – комплекс экономических, организационных, инженерно-технических, специальных и технологических мероприятий, осуществляемых с целью достижения устойчивости его функционирования в чрезвычайных ситуациях.

Повышение устойчивости функционирования экономики, его территориальных и отраслевых звеньев достигается осуществлением мероприятий, направленных на:

– предотвращение и уменьшение возможности образования крупных производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий;

– снижение возможных потерь и разрушений в случае их возникновения, а также от современных средств поражения и вторичных поражающих факторов;

– создание условий для ликвидации последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, а также последствий применения современных средств вооруженной борьбы, проведения работ по восстановлению нарушенного хозяйства и обеспечения жизнедеятельности населения.

В 1979 году Постановлением Правительства были утверждены требования по повышению устойчивости функционирования экономики в военное время. В настоящее время общее руководство подготовкой экономики к устойчивому функционированию осуществляет правительство РФ, правительства республик в составе РФ, органы государственной власти края, области, города, района. Непосредственное руководство разработкой и проведением мероприятий по повышению устойчивости осуществляют министерства, госкомитеты и ведомства, КЧС территориальных органов исполнительной власти, руководители объединений и объектов экономики. На них возлагается ответственность за выделение для этих целей необходимых материальных и финансовых средств.

Основными направлениями повышения устойчивости функционирования экономики страны являются:

– обеспечение защиты населения и его жизнедеятельности в военное время;

– рациональное размещение производительных сил на территории страны;

– подготовка к работе в военное время отраслей экономики;

– подготовка к выполнению работ по восстановлению экономики в условиях военного времени;

– подготовка системы управления экономикой для решения задач военного времени.

Применительно к этим основным направлениям должны разрабатываться и осуществляться конкретные мероприятия по повышению устойчивости: в отраслях экономики – по отрасли

(подотрасли) в целом, по подведомственным объединениям и объектам с учетом специфики и перспектив дальнейшего развития отрасли; в территориальных звеньях – по субъекту федерации в целом, экономическим районам, областям, районам, городам и другим населенным пунктам, а также по отраслям и объектам федерального подчинения с учетом природных, экономических и других местных особенностей.

Для отраслевого звена объединения, объекта основные направления повышения устойчивости трактуются следующим образом:

– обеспечение защиты рабочих, служащих, членов семей, населения, проживающего в ведомственных населенных пунктах и их жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях;

– рациональное размещение производительных сил отрасли, подотрасли, объединения, производственных фондов объекта на соответствующей территории;

– подготовка отрасли, подотрасли, объединения, объекта к работе в чрезвычайных ситуациях;

– подготовка к выполнению работ по восстановлению отрасли, подотрасли, объединения (объекта) в чрезвычайных ситуациях;

– подготовка системы управления отраслью, подотраслью, объединением (объектом) для решения задач в чрезвычайных ситуациях.

По основным направлениям разрабатываются и осуществляются мероприятия по повышению устойчивости:

– в территориальных звеньях (республика, край, область, город, район) с учетом природных, экономических и других особенностей этих звеньев;

– в отрасли экономики – по отрасли в целом, по ее подведомственным объединениям и объектам с учетом специфики их деятельности и перспектив дальнейшего развития.

Мероприятия по повышению устойчивости функционирования экономики и её звеньев разрабатываются и осуществляются, в основном, заблаговременно, а также с учетом перспектив развития и совершенствования способов и средств поражения экономики в военное время, возможных последствий крупных производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий в мирное время.

Мероприятия, которые по своему характеру не могут быть осуществлены заблаговременно, проводятся в возможно короткие

сроки в чрезвычайных ситуациях (например, эвакомероприятия, изменения технологических режимов работы, производственных связей, структуры управления и др.).

Предложения по повышению устойчивости функционирования экономики и её звеньев разрабатываются на основе результатов научных исследований, обобщения и анализа опыта мобилизационной подготовки и выполнения задач РСЧС. Проводится два вида исследовательской работы по устойчивости.

Во-первых, это специальные исследования, проводимые, главным образом, силами инженерно-технического персонала объектов и местных органов управления экономикой.

Второй вид исследований – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, проводимые научно-исследовательскими учреждениями в общегосударственном, республиканском в составе РФ (территориальном, региональном) и отраслевых масштабах.

Оба вида исследований дополняют друг друга, являются важной составной частью организаторской работы по решению проблем устойчивости, поэтому необходимо совершенствовать методику и организацию их проведения.

Мероприятия по повышению устойчивости функционирования экономики, требующие капиталовложений и материально-технических средств, предусматриваются в планирующих документах. Часть мероприятий по повышению устойчивости функционирования экономики предусматривается в планах гражданской обороны и в планах действий по предупреждению и ликвидации ЧС.

Контроль за выполнением мероприятий и заданий по повышению устойчивости функционирования экономики, предусмотренных планами социально-экономического развития мобилизационными планами, осуществляется плановыми органами, вторыми управлениями и отделами, другими функциональными управлениями и отделами в установленном порядке.

В целом, на основании накопленного опыта, общую схему организации работы по повышению устойчивости функционирования экономики можно разделить на 3 основных этапа:

– исследовательский, на котором выявляются «слабые», «узкие» места в деятельности звена экономики, вырабатываются предложения по их устранению;

– этап проверки и оценки предлагаемых мероприятий на эффективность и выбора наиболее целесообразных решений для

данных условий. В этой связи трудно переоценить учения ГО, на которых можно проверить предложения и рекомендации по повышению устойчивости функционирования любого звена экономики, получить по ним объективные заключения;

– этап реализации обоснованных и проведенных мероприятий через установленную систему планирования и контроля.

1.2. Защита населения и обеспечение жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях

К мероприятиям, обеспечивающим защиту населения, в ЧС относятся:

– своевременное оповещение об угрозе возникновения ЧС, радиоактивного, химического, бактериального (биологического) заражения, катастрофического затопления, а также о крупных производственных авариях, катастрофах и стихийных бедствиях;

– комплексным применением основных способов защиты – укрытием в защитных сооружениях, проведением эвакуации рассредоточения, использованием средств индивидуальной защиты и медицинских средств индивидуальной защиты;

– проведением аварийно-спасательных и других неотложных работ в очагах поражения;

– обучением населения по гражданской обороне (УМЦ ГО, курсы ГО).

Согласно ГОСТ 22.0.02-94 – защита населения в ЧС есть совокупность взаимосвязанных по времени ресурсам и месту проведения мероприятий РСЧС, направленных на предотвращение или предельное сокращение, снижение потерь населения и угрозы его жизни и здоровью от поражающих факторов и воздействий источников ЧС: прогнозирование; оповещение населения; ведение радиохимической и биологической разведки; использование средств индивидуальной защиты; ликвидация и локализация очагов ЧС.

Среди мероприятий, обеспечивающих защиту населения и его жизнедеятельность в ЧС, важное место занимают:

– развитие, совершенствование и поддержание в готовности систем оповещения населения об угрозе нападения противника, радиационном, химическом и бактериологическом заражении, о возникновении крупных производственных аварий, катастроф,

стихийных бедствий систем разведки; наблюдения и лабораторного контроля за зараженностью природной среды, пищевого сырья, продуктов питания, воды. Выполняют эту работу оперативные дежурные управлений по делам ГО и ЧС, сеть наблюдения и лабораторного контроля, дежурные силы гидрометеослужбы, дежурно-диспетчерские службы министерств и ведомств;

– накопление и содержание в готовности к использованию фонда ЗС (защитные сооружения), СИЗ (средства индивидуальной защиты), МЗ (медицинской защиты);

– организация рассредоточения и эвакуации населения и заблаговременная подготовка загородной зоны (временное отселение);

– иммунизация населения, подготовка к экстренному применению защитных медицинских препаратов и средств;

– подготовка сил и средств для проведения АСНДНР;

– обучение населения способам защиты и действиям в чрезвычайных ситуациях;

– развитие в загородной зоне существующих и строительство новых лечебно-профилактических и оздоровительных учреждений;

– развитие защищенных систем водоснабжения, подготовка источников в загородной зоне;

– расширенное строительство защищенных (от РВ, ОВ, БС) складов и баз для хранения запасов продовольствия и пищевого сырья, предметов первой необходимости;

– четкая организация перевозки населения к месту работы и к месту жительства;

– подготовка сил и средств для массовой санитарной обработки населения, сырья, материалов;

– совершенствование информационных служб, улучшение качества морально-психологической подготовки населения и другие.

1.3. Рациональное размещение производительных сил

Под рациональным называется такое размещение и распределение ресурсов и средств производства на территории (области), при котором они, т.е. ресурсы и средства производства, наиболее эффективно используются в мирное и в военное время, и при этом обеспечивается снижение потерь и разрушений от стихийных

бедствий, производственных аварий и катастроф, современных средств поражения.

Рациональное размещение производительных сил (ПС) достигается: выполнением специальных мероприятий в соответствии с требованиями директивных и нормативно-директивных документов по мобилизационной подготовке и ГО ЧС с учетом:

– соблюдения общих принципов развития экономики;

– влияния различных факторов, условий и особенностей, значение которых для различных отраслей и видов производств при их размещении неодинаково.

На рациональное размещение ПС оказывают объективное влияние такие факторы, как:

– энергетический, водный, сырьевой, связанные с затратами на производство, доставку и распределение этих ресурсов;

– трудовой, связанный с неравномерностью расселения людей и демографической ситуацией в различных регионах;

– земельный, связанный с отчуждением плодородных земель на несельскохозяйственные нужды;

– транспортный, связанный с затратами средств и времени на перемещение грузов в процессе производства и доставки потребителям, а также с себестоимостью продукции.

С учетом этих факторов мероприятия по рациональному размещению ПС в соответствии с директивными и нормативными документами ГО трансформируются в следующие принципы:

– размещение вновь строящихся промышленных объектов вне зон возможных разрушений и на безопасном удалении от источников вторичных факторов поражения;

– размещение самих объектов – потенциальных источников вторичных факторов поражения таким образом, чтобы ущерб при образовании этих факторов был минимальным;

– размещение в категорированных городах лишь предприятий жизнеобеспечения, зонирование территорий городов, установление оптимальной плотности застройки и населения в микрорайонах;

– ограничение концентрации промышленности, материальных ценностей и, как следствие этого, населения крупных городов;

– развитие экономически перспективных малых и средних городов, поселков городского типа и крупных сельских населенных пунктов, размещение в них небольших предприятий, филиалов и

отдельных специализированных цехов крупных объектов экономики, действующих в больших городах;

– вывод из категорированных городов предприятий, баз и складов, перерабатывающих или хранящих значительное количество сильнодействующих ядовитых, взрывоопасных или легковоспламеняющихся веществ, а также сортировочных железнодорожных станций и узлов;

– ограничение размещения в больших городах НИУ (научно-исследовательские учреждения), КБ (конструкторские бюро), ПО (производственные объединения), имеющих особо важное, оборонное и народнохозяйственное значение, создание филиалов таких учреждений и организаций в некатегорированных городах и НП (населенных пунктах);

– комплексное использование подземного пространства.

1.4. Подготовка отраслей экономики к работе в чрезвычайных ситуациях

В первую очередь надо готовить те отрасли, которые вносят наиболее весомый вклад в производство оборонной и важнейшей народнохозяйственной продукции, в обеспечение жизнедеятельности населения, а также в проведение неотложных работ при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Это, прежде всего, отрасли топливно-энергетического комплекса, промышленного и сельскохозяйственного производства, транспортной системы, материально-технического снабжения, торговли и общественного питания.

Топливно-энергетический комплекс (ТЭК) – это совокупность отраслей, участвующих в добыче и переработке, транспортировке, хранении и использовании топлива, производстве и передаче к потребителям электроэнергии и тепла. В подготовке ТЭК основная ответственность возлагается на соответствующие министерства и ведомства. Однако непосредственно в областях, городах, районах за работу объектов и систем, входящих в ТЭК, эту ответственность несут и местные органы управления. Подготовка ТЭК к работе в чрезвычайных ситуациях направлена на обеспечение экономики, прежде всего, ответственных потребителей (к ответственным потребителям относятся объекты Минобороны и оборонной

промышленности, а также другие отрасли, обеспечивающие удовлетворение оборонных и важнейших народнохозяйственных нужд электрической и тепловой энергией, а также объектов, на которых при возникновении перебоев в электро-, теплоснабжении возможны аварии и катастрофы (предприятия химической, нефтеперерабатывающей, металлургической промышленности и др.).

С целью подготовки ТЭК предусматривается: создание резерва энергетических мощностей, прежде всего, путем строительства дополнительных защищенных электростанций. Для городов и объектов, расположенных по берегам судоходных рек и водоемов, в качестве резерва энергомощностей могут быть использованы силовые установки судов, земснарядов, плавучих кранов и других плавсредств. При этом следует лишь оборудовать и содержать в готовности к использованию береговые устройства для приема и передачи энергии к потребителям.

В качестве резерва энергомощностей могут и должны использоваться выводимые из эксплуатации мелкие ведомственные, колхозные электростанции и котельные, которые не используются в единой централизованной или местной системе электро- и теплоснабжения. Резерв энергомощностей может быть образован также путем пополнения парка передвижных электростанций и подстанций на железнодорожном и автомобильном ходу; использования в качестве генераторов электроэнергии синхронных двигателей, применяемых для различных нужд в народном хозяйстве, с приводом от автомобилей, тракторов и т.п.

Целесообразно взять на учет и планировать использование в чрезвычайных ситуациях передвижные источники энергоснабжения, имеющиеся в строительных организациях, леспромхозах, в сельском хозяйстве, на транспорте.

С учетом возможного выхода из строя в чрезвычайных ситуациях отдельных электростанций, линий электропередач, подстанций и потребителей электроэнергии заблаговременно проводятся подготовительные работы, составляются графики по оперативному отключению при необходимости менее ответственных потребителей для того, чтобы обеспечить энергией наиболее ответственные объекты (предприятия оборонной промышленности, транспорта, связи, городского хозяйства, здравоохранения, шахты и т.п.). В этой связи все заинтересованные органы управления экономикой области определяют перечень ответственных потребителей с тем, чтобы районные

энергетические управления предусмотрели необходимые меры по обеспечению надежного снабжения таких потребителей в чрезвычайных ситуациях.

В категорированных городах предусматривается преимущественное развитие подземных кабельных электросетей вместо воздушных. Основные топливопотребители (тепловые электростанции, котельные) заблаговременно готовятся к работе на резервных видах топлива, поддерживается на должном уровне техническая готовность для перехода с одного вида топлива на другой, систематически проводятся тренировки с персоналом.

Целесообразно на учениях ГО при отработке вопросов устойчивости практиковать переход таких объектов на работу с использованием резервных видов топлива.

В тех областях, где имеется возможность, следует шире использовать возобновляемые источники энергии – солнечные, ветровые, приливные, геотермальные. В нашей стране имеется более 60 крупных геотермальных источников. Положительный опыт использования геотермальных вод имеется, например, в Омане, на Камчатке. Горячие подземные источники имеются во многих областях. Стоимость отопления горячими водами, даже с учетом затрат на бурение скважин, в несколько раз ниже, чем при использовании твердого и жидкого топлива.

Надежность топливоснабжения обеспечивается: созданием научно-обоснованных нормативных запасов топлива, рациональным, надежным его хранением. Разработка нормативов запасов топлива осуществляется с учетом природных условий в данной области, специализации ее экономики. Хранение жидкого и газообразного топлива лучше всего организовывать в заглубленных и подземных хранилищах вблизи основных топливопотребителей. Вблизи крупных промышленных центров (например, Москва, С.-Петербург, Самара и др.) уже созданы такие подземные хранилища газа. Их количество планировалось еще недавно довести до 41, а общий объем хранимого газа – до 45 млрд. $м^3$. По подсчетам специалистов этого запаса достаточно для работы основных топливопотребителей в течение 3-х месяцев.

С созданием нормативных запасов по других видам топлива (уголь, мазут) в настоящее время картина не столь оптимистична. Это связано, в основном, с транспортными, а в последнее время и с другими трудностями. Отсюда понятно, как важно изыскивать возможности

использования местных видов топлива. Во многих областях такие возможности имеются. Однако в силу различных причин эти возможности используются слабо или не могут быть использованы.

Важная роль в обеспечении устойчивости функционирования системы жизнеобеспечения экономики территории (области) принадлежит водоснабжению. Поэтому вновь проектируемые системы водоснабжения категорированных городов базируются на нескольких независимых источниках воды.

Водоисточники, водопроводные сооружения, водозаборные скважины и шахтные колодцы защищаются от заражения радиоактивными отравляющими веществами и бактериальными средствами. Насосные станции запитываются электроэнергией от двух независимых источников по линиям, неотключаемым при обесточивании других потребителей. Часть скважин, обеспечивающих минимально необходимые потребности в водоснабжении категорированных городов, оборудуется за чертой городской застройки. Создаются подземные защищенные резервуары чистой воды для обеспечения водой населения и личного состава формирований, в частности на каждой водопроводной станции предусматривается создание 3-суточного запаса чистой воды в подземных резервуарах, исходя из установленной нормы – 10 л на человека в сутки. При планировании строительства и ввода в эксплуатацию новых водопроводов старые сохраняются в качестве резервных. В системах технического водоснабжения водоемких предприятий предусматривается оборотное водоснабжение.

Все проектируемые и существующие водозаборные скважины оборудуются приспособлениями для подачи воды в передвижную тару (поливомоечные машины ПМ-130, авторазливочные станции АРС-14, АРС-14К, АЦ-2, АЦ-4 и др.).

Выбор источников хозяйственно-питьевого водоснабжения и построение распределительных сетей воды производится на основе разрабатываемых территориальных водных балансов в зависимости от объема, структуры и плотности водопотребления, с учетом эксплуатации сетей в чрезвычайных условиях.

Учитывая то обстоятельство, что система водоснабжения городов и объектов экономики может нормально функционировать при надежной работе системы канализации, предусматриваются мероприятия по ее подготовке к работе в чрезвычайных условиях:

устраивают соединительные и перепускные линии, аварийные сбросы в ближайшие овраги, балки и проточные водоемы.

На очистных сооружениях для нейтрализации и очистки сточных жидкостей и осадков от РВ, ОВ, БС создается не менее чем десятидневный запас реагентов, накапливается фонд передвижных насосов с автономным источником питания.

Промышленное производство – наиболее важная составная часть экономики территории (области). Основную работу по подготовке промышленных предприятий центрального подчинения к работе в военное время и чрезвычайных ситуациях мирного времени выполняют отраслевые органы управления. Вместе с тем на территории области имеется промышленность местного подчинения. Ее подготовка, а также контроль и оказание помощи в решении этой задачи по объектам центрального подчинения – обязанность местных органов управления.

В целом мероприятия по подготовке промышленного производства можно объединить в несколько групп. Важную роль играет дублирование выпуска оборонной и важнейшей народнохозяйственной продукции. Органы управления экономики заблаговременно определяют виды продукции, подлежащие дублированию, устанавливают возможность и необходимость дублирования данного вида продукции на территории области или соседних областей, определяют дублеров, формируют для них производственные связи, определяют время задействования дублеров, способ дублирования. Предусматривается также переориентация предприятий гражданских отраслей для выпуска продукции оборонного назначения и резервирование производственных мощностей для покрытия дефицита выпуска важнейших видов продукции в чрезвычайных ситуациях, создание в малых и средних городах филиалов крупных предприятий и объединений, действующих в категорированных городах.

Надежность дублирования во многом будет зависеть от обеспеченности дублера энергией, кадрами, заранее подготовленной технической документацией. Эффективность проведенных мероприятий оценивается путем пробного задействования дублеров на выпуске важнейших видов продукции; важным элементом подготовки промышленности к работе в чрезвычайных ситуациях является рациональное кооперирование и специализация предприятий, расположенных на территории области. Это дает возможность полнее использовать местные сырьевые и энергетические ресурсы, вторичные

и попутные материалы, сократить объем перевозок. Кооперированию способствует переход предприятий на прямые хозяйственные связи, которые предусматриваются законом о предприятиях (объединениях).

Прямые хозяйственные связи позволят сократить путь от производителя к потребителю, избавиться от необходимости хранения продукции на промежуточных складах и базах, расположенных часто в зонах возможных разрушений.

Подготовка промышленности к работе в чрезвычайных ситуациях достигается также внедрением в технологию производства малооперационных, максимально автоматизированных процессов. Немаловажная роль в подготовке промышленности отводится исключению, ограничению из производства важнейших видов продукции импортного высокодефицитного оборудования, сырья и материалов, замене их на отечественные виды.

Совершенно необходимым в подготовке промышленного производства к работе в чрезвычайных условиях является создание страхового фонда технической документации на выпуск важнейших видов оборонной и народнохозяйственной продукции, обеспечение надежности ее хранения. Это достигается микрофильмированием документации, записью необходимой информации на магнитных лентах и дисках, что позволяет в короткие сроки организовать ее размножение и использование по назначению.

В целях обеспечения защиты основных производственных фондов, снижения возможных потерь и разрушений в чрезвычайных условиях предусматривается:

– внедрение технологических процессов и конструкций, обеспечивающих снижение опасности возникновения аварийных ситуаций, а также защиту уникального оборудования, аппаратуры и приборов в чрезвычайных условиях;

– размещение технологических установок и оборудования в тех случаях, когда это допустимо по условиям эксплуатации, на открытых площадках или под легкими огнестойкими навесами.

Ряд предприятий по подготовке промышленного производства к работе в чрезвычайных условиях проводится с целью уменьшения опасности возникновения вторичных очагов поражения от АХОВ, ВВ, ЛВЖ (легковоспламеняющиеся жидкости), количество которых на некоторых предприятиях достигает нескольких десятков, сотен, а то и тысяч тонн.

К таким мероприятиям относятся: обваловывание или заглубление емкостей с этими веществами; устройство поддонов, дополнительных емкостей или полостей для аварийного слива; самозапирающихся обратных клапанов и т.п.

Кроме того, предусматриваются мероприятия на «особый период» по максимально возможному сокращению запасов таких веществ, находящихся на промежуточных складах и в технических емкостях до минимума, необходимого в производственном процессе.

Местные органы управления и управления по делам ГОЧС должны осуществлять контроль за тем, чтобы объем текущих запасов АХОВ и ВВ на предприятиях не превышал нормативов, устанавливаемых министерствами и ведомствами.

Для повышения пожаробезопасности внедряются автоматизированные системы сигнализации и пожаротушения, устраиваются искусственные водоемы.

Важным мероприятием на предприятиях с непрерывными технологическими процессами является разработка и строгое соблюдение графиков и инструкций по безаварийной остановке производства в случае внезапного отключения или прекращения подачи электроэнергии, воды, тепла.

Кроме рассмотренных общих мероприятий на объектах и в отраслях промышленности предусматриваются мероприятия исходя из особенностей конкретных объектов, а также той роли и места, которые они занимают в народном хозяйстве. В частности, на объектах пищевой промышленности предусматривается:

– внедрение автоматических и закрытых поточных линий, обеспечивающих надежную изоляцию пищевых продуктов от внешней среды, их расфасовку и упаковку в защитную тару;

– герметизация складов, хранилищ и холодильников;

– контроль зараженности пищевого сырья и продовольствия;

– внедрение современных методов и способов консервации и бесхолодильного хранения продовольствия и пищевых продуктов массового потребления с длительными сроками хранения и др. мероприятия.

В лесной, деревообрабатывающей промышленности и промышленности строительных материалов предусматривается:

– разработка технологических схем изготовления строительных материалов и конструкций в полигонных условиях с использованием местного сырья;

– использование отходов производства химической, металлургической, местной и других отраслей промышленности для замены привозных материалов и сырья, используемых для производства строительных материалов и других мероприятий.

В лесном хозяйстве (Федеральная служба лесного хозяйства России, Рослесхоз):

– защита лесов от биологических и химических средств поражения;

– проведение профилактических противопожарных мероприятий;

– внедрение новых средств и способов разведки и тушения лесных пожаров, особенно прилегающих к важным промышленным центрам, транспортным узлам и коммуникациям и др. мероприятия.

В местной промышленности: наращивание производственных мощностей по переработке вторичного сырья и отходов химической, лесной, деревообрабатывающей промышленности, машиностроения, металлообработки и др. отраслей.

Основная роль в подготовке сельскохозяйственного производства к функционированию в чрезвычайных условиях принадлежит местным органам, которые осуществляют повседневное руководство сельским хозяйством на своих территориях.

Подготовка транспортной системы к работе в чрезвычайных условиях ведется в целях дальнейшего повышения ее надежности и возможностей по выполнению народнохозяйственных, воинских и эвакуационных перевозок. Это достигается рассредоточенным размещением объектов транспорта и транспортных средств, развитием и совершенствованием транспортных коммуникаций, повышением их пропускной способности, надежным обеспечением транспортных средств и объектов электроэнергией, топливом, водой, запасными частями и агрегатами, совершенствованием сетей ремонтных и обслуживающих предприятий.

Большинство из этих мероприятий разрабатываются и осуществляются по линии транспортных министерств и ведомств. Однако значительная роль в подготовке транспортной системы принадлежит и местным органам управления, в том числе по делам ГОЧС.

Система материально-технического снабжения (МТС) сочетает территориальный и отраслевой принцип построения и основана на тесном взаимодействии соответствующих звеньев управления МТС России. В ее состав входят: Минсельхозпрод России, Роскомторг,

Роскомрезерв и другие министерства и ведомства, а также областные управления снабжения и сбыта. Исходя из такой сложной структуры системы МТС, подготовка ее к работе в чрезвычайных условиях является весьма сложным процессом. В целом эта подготовка должна быть направлена на бесперебойное обеспечение материально-техническими ресурсами отраслей, задействованных в выпуске оборонной и другой важнейшей продукции для удовлетворения неотложных нужд экономики и потребностей Вооруженных Сил, и включает в себя:

– рациональное размещение запасов материальных ресурсов на территории области и установлением оптимальных объемов их хранения на базах и складах;

– совершенствование хозяйственных связей и кооперированных поставок в пределах области с максимальным использованием ее ресурсов и производственных мощностей;

– взаимное согласование действий всех участников процесса снабжения по переходу в военное время к единому руководству снабженческо-сбытовыми организациями, расположенными на территории области, независимо от ведомственной принадлежности;

– подготовка резервных и дублирующих вариантов МТС на случай нарушения установленных хозяйственных связей;

– изыскание возможностей замены дефицитных и импортных видов сырья и материалов;

– ограничение с введением «особого периода» подвоза материальных ресурсов в категорированные города, по ускоренной отгрузке из этих городов готовой продукции и вывод материальных ценностей, а также переадресовке поставок материальных средств;

– разработка и внедрение в практику новых видов, а также способов, обеспечивающих защиту материальных ценностей, готовой продукции, сырья и материалов от всех видов заражения.

Важное место в обеспечении устойчивого функционирования экономики области в чрезвычайных условиях занимает торговля и общественное питание. Мероприятия организационного характера предусматривают:

– создание на базе предприятий общественного питания подразделений для обеспечения продовольствием и предметами первой необходимости личного состава невоенизированных формирований и пострадавшего населения, а также подготовка этих подразделений для работы в полевых условиях;

– закрепление на военное время предприятий торговли и общественного питания за предприятиями и учреждениями;

– организация хранения продовольственных и других товаров с учетом обеспечения защиты этих товаров в чрезвычайных ситуациях;

– организация контроля за зараженностью товаров, а также товаров по их обеззараживанию;

– подготовка к развертыванию предприятий торговли и общественного питания в местах размещения эвакуируемого и рассредоточиваемого населения и другие мероприятия.

Рассмотренные мероприятия по подготовке отдельных отраслей не гарантируют от возможных потерь и разрушений в чрезвычайных ситуациях мирного времени и тем более в военное время. Необходимость в восстановлении нарушенного хозяйства будет неизбежна.

Устойчивость функционирования объектов и отраслей во многом будет определяться теми возможностями и той подготовкой к выполнению работ по восстановлению, которые будут созданы и проведены заблаговременно в масштабах области (города), отраслевого звена, объекта.

1.5. Подготовка к выполнению работ по восстановлению экономики в чрезвычайных ситуациях

Восстановление объектов экономики и территорий, пострадавших в результате чрезвычайных ситуаций, в компетенцию РСЧС не входит. Однако при крупномасштабных чрезвычайных ситуациях (Армения, Чернобыль, Чечня, Нефтегорск и др.) для восстановительных работ могут быть привлечены все имеющиеся силы и средства, особенно в плане управления и подготовки восстановительных работ.

Подготовка к выполнению работ по восстановлению экономики области в чрезвычайных ситуациях начинается с прогноза возможной обстановки в результате крупных производственных аварий, катастроф, стихийных бедствий или воздействия современных средств поражения.

Такой прогноз может быть сделан на основе исследовательских работ, а также выводов, сделанных по расчетам методик и во время проводимых учений по ГО. По прогнозу возможной обстановки определяют характер, ориентировочные объемы восстановительных

работ и необходимые для этого силы и средства (Постановление Правительства РФ от 20.08.1992 г. № 600 «О единой государственной автоматизированной системе контроля радиационной обстановки на территории РФ» (ЕГАСКРО). Приказ МЧС РФ от 22.11.1995 г. «О федеральной целевой программе по созданию единой государственной автоматизированной системы контроля»).

Для успешного проведения восстановительных работ в промышленности, энергетике, сельском хозяйстве, на транспорте, объектах связи, в капитальном строительстве и других отраслях заблаговременно создаются и готовятся к работе специальные восстановительные формирования.

Структура, оснащенность формирований, предназначенных для восстановительных работ, определяются исходя из объема и характера предстоящих работ.

Для ремонтно-восстановительных работ на внешних электросетях, объектах нефте- и газоснабжения, линиях связи, на железнодорожном и автомобильном транспорте используются восстановительные формирования соответствующих министерств и ведомств и других учреждений и объектов. Эти формирования призваны устранять аварии, участвовать в ликвидации последствий стихийных бедствий и катастроф. Для этих формирований заранее должны быть определены и оборудованы районы размещения на военное время, созданы склады и базы для хранения запасных частей и ремонтной техники.

Обеспечение восстановительных работ строительными механизмами и транспортом следует предусматривать за счет имеющихся на объекте средств, а также из ресурсов территорий.

Для заблаговременной разработки проектов восстановления, их корректировки или ускоренной разработки новых в условиях военного времени и четкой организации и проведения восстановительных работ еще в мирное время за важнейшими стройками и объектами закрепляются СМ и ПИО (строительно-монтажные и проектно-изыскательские организации).

Для сокращения сроков восстановления экономики области необходимо заблаговременно разрабатывать не только типовые проекты и технические решения восстановительных работ, но и нормативные документы с учетом допустимых для этих условий отклонений. Такие документы разрабатываются министерствами и ведомствами, органами управления экономикой области по подведомственному хозяйству.

Принимаются меры к обеспечению надежного хранения документации на восстановление (микрофильмирование и др.). Для успешного решения задач по восстановлению объектов экономики в условиях нарушенных транспортных и межхозяйственных связей на территории области важное значение имеет создание мобильных специализированных строительно-монтажных организаций. Большие возможности по реализации вышеизложенного комплекса мероприятий открываются в процессе дальнейшего развития стройиндустрии в целом, созданию в загородной зоне строительных организаций, развитию ремонтных баз.

При подготовке к выполнению работ по восстановлению экономики области следует изучать и брать на вооружение накопленный опыт по восстановлению объектов, получивших повреждения и разрушения в результате производственных аварий и стихийных бедствий, и, в первую очередь, опыт ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, армянской трагедии, других ЧС.

В выполнении комплекса мероприятий по подготовке и восстановлению экономики в военное время требуются совместные усилия территориальных и отраслевых органов управления экономикой, научно-исследовательских и проектных организаций, органов управления по делам ГОЧС всех степеней, особенно это относится к восстановлению объектов жизнеобеспечения.

Управления по делам ГОЧС участвуют:

– в подготовке исходных данных для оценки возможностей обстановки и определении ориентировочных объемов восстановительных работ, сил и средств, необходимых для их осуществления;

– в организации и проведении учений ГО для проверки разработанной документации и оценки эффективности намеченных к проведению мероприятий по подготовке к восстановлению;

– в разработке планов восстановления нарушенного хозяйства в военное время, объектов жизнеобеспечения при ЧС мирного времени.

Качественная подготовка к восстановлению окажет значительное влияние на повышение устойчивости функционирования экономики в военное время, жизнеобеспечения населения при ЧС.

1.6. Подготовка системы управления экономикой для решения задач в чрезвычайных ситуациях

Подготовка системы управления экономикой территории (отрасли) к решению задач в чрезвычайных ситуациях направлена на обеспечение непрерывного руководства деятельностью отраслевых и территориальных звеньев, а также на рациональное использование производственных мощностей, материальных и трудовых ресурсов в этих условиях. Система управления экономикой должна быть подготовлена к переходу при необходимости от централизованного к децентрализованному управлению. С этой целью предусматривается создание в установленном порядке системы запасных пунктов управления, оснащенных современными техническими средствами управления и обеспеченных необходимыми документами.

Важным мероприятием является подготовка территориальных органов к осуществлению управления всеми действующими на территории области (города) объединениями и объектами (независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности) при нарушении или неэффективной их связи с центральными и отраслевыми органами управления.

В этой связи следует отметить, что до недавнего времени во всех областях создавались и действовали так называемые комиссии по повышению устойчивости функционирования экономики в военное время. С целью повышения эффективности и качества управления экономикой ведется подготовка отраслевых и территориальных АСУ, а также АСУ производственных объединений и крупных предприятий для решения задач в чрезвычайных условиях.

Для получения необходимой информации об обстановке, доведения распоряжения до исполнителей при решении общих задач в чрезвычайных условиях организуется взаимодействие отраслевых, территориальных и военных органов управления, предусматривается согласованное использование пунктов управления, АСУ, сопряжение систем связи и оповещения.

Проходит апробирование и находит применение «Информационная технология автоматизированной экспертно-управляющей системы «Устойчивость, безопасность, риск (АЭУС-УБР)», головной исполнитель – АО ВНИИТ. В системе управления экономикой области важное место занимают управленческие кадры. Подготовка руководящего состава и специалистов органов управления экономики

области обеспечивается проведением специальных занятий, самостоятельной работой по изучению соответствующих документов и литературы, обучением в УМЦ ГОЧС, а также на ведомственных курсах и в институтах повышения квалификации. Основной и наиболее эффективной формой подготовки органов управления и входящего в них персонала являются учения ГО. В ходе учений следует обращать внимание на совершенствование методов обобщения и анализа данных об обстановке, разработке обоснованных предложений для принятия решений, на своевременное доведение задач до исполнителей и осуществления контроля за выполнением мероприятий.

Современные подходы к решению проблемы обеспечения устойчивого функционирования объектов экономики и территорий в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера изложены в проекте «Общих требований по повышению устойчивости функционирования отраслей промышленности, транспорта, энергетики и сельскохозяйственного производства в чрезвычайных ситуациях», разработанных во ВНИИ ГОЧС.

Эти требования сгруппированы по следующим основным направлениям:

– предотвращение (снижение риска) возникновения аварий и катастроф техногенного и природного характера в мирное время;

– обеспечение защиты населения, производственного персонала и его жизнеобеспечения;

– рациональное размещение объектов и его элементов;

– снижение тяжести (локализация) последствий ЧС;

– подготовка к работе в условиях ЧС;

– подготовка системы управления, сил и средств РСЧС к ликвидации последствий ЧС. Приоритет совершенно справедливо отдан профилактике ЧС.

Требования по предотвращению (снижению риска) возникновения аварий и катастроф техногенного и природного происхождения:

– совершенствование основных фондов и производственных процессов;

– разработка (уточнение) и соблюдение требований и норм без аварий;

– эффективный контроль за состоянием ОПФ и режимов производства;

– проведение регулярного техобслуживания и ремонта ОПФ;

– повышение квалификации персонала в области безаварийности производства. Для выполнения данных требований необходимо:

– выявлять источники ЧС;
– прогнозировать последствия;
– уменьшать количество источников ЧС.

Требования по защите производственного персонала (населения) и подготовке системы его жизнеобеспечения:

– своевременное оповещение персонала об аварии и стихийном бедствии (угрозе);
– создание и подготовка сил и средств для защиты персонала в условиях ЧС;
– обучение персонала способам защиты в условиях ЧС;
– подготовка к оказанию первой медицинской помощи;
– подготовка системы жизнеобеспечения к работе в условиях ЧС.

Требования по рациональному размещению объектов и их элементов:

– размещение объектов и выбор площадок для размещения их элементов с учетом рельефа, грунтовых и климатических условий, а также других особенностей местности;
– исключение (ограничение) размещения элементов объекта на локально неблагоприятных участках местности;
– рассредоточение элементов крупных объектов и их разукрупнение, ограничение расширения крупных производств;
– ограничение размещения опасных объектов в зонах опасных природных явлений и размещение их на безопасном удалении от других объектов;
– строительство базисных складов для хранения вредных, взрывоопасных и легковоспламеняющихся веществ за пределами территории объекта в загородной зоне.

Требования по снижению тяжести (локализации) последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий:

Мероприятия должны быть направлены на уменьшение ущерба персоналу и населению, снижение экономического ущерба и ограничение (исключение) негативного воздействия на окружающую среду. Данные мероприятия подразделяются на две группы.

Защита основных производственных фондов (ОПФ):

– повышение физической стойкости ОПФ;
– установка пожарной сигнализации, систем пожаротушения;

– внедрение технологий, конструкций зданий, оборудования, обеспечивающих снижение вероятности возникновения вторичных факторов поражения;

– защита уникального и ценного оборудования, подготовка его к эвакуации. Природоохранные мероприятия:

– очистка стоков, газов;

– герметизация оборудования, трубопроводов;

– снижение использования в технологиях веществ, разрушающих озоновый слой атмосферы.

Требования по подготовке к работе в условиях ЧС:

– обеспечение производства важнейших видов продукции (услуг);

– устойчивое снабжение материально-техническими ресурсами, энергией, водой;

– обеспечение безопасности НРС (наибольшая рабочая смена);

– оценка возможностей выпуска важнейших видов продукции;

– совершенствование производственных связей с поставщиками;

– подготовка к независимому функционированию отдельных производств;

– подготовка к работе по упрощенной технологии;

– создание минимально необходимых запасов материально-технических ресурсов;

– подготовка к использованию местных ресурсов;

– обеспечение автономными источниками энерго- и водоснабжения;

– использование кабельных ЛЭП;

– электроснабжение объекта от двух и более источников;

– подготовка к централизованному отключению отдельных потребителей;

– обеспечение аварийного освещения территории и помещений;

– обеспечение объектов системами оборотного водоснабжения и автономными водозаборами.

Требования по подготовке системы управления, сил и средств РСЧС к ликвидации последствий ЧС

Направлены на создание условий для своевременного оповещения персонала и населения и проведение аварийно-спасательных и восстановительных работ. Эти цели достигаются путем:

– заблаговременной подготовки сил и средств РСЧС:

– создания и обучения формирований материально-технического обеспечения;

– создания чрезвычайных резервных фондов материально-технических ресурсов;

– подготовки к развертыванию постов наблюдения и контроля;

– подготовки к использованию местных ресурсов;

– обеспечения автономными энерго-, водоисточниками;

– создания и сохранения страхового фонда документации;

– подготовки системы управления ведомственных подсистем РСЧС:

– разработки и постановки задач отраслевым звеньям на ликвидацию последствий ЧС;

– обеспечения отраслевых органов управления нормативно-техническими документами;

– создания сети наблюдения и лабораторного контроля на территории объектов отрасли и прилегающих мест;

– создания и поддержания в готовности систем оповещения;

– создания систем сбора и анализа информации об источниках ЧС;

– создания системы пунктов управления;

– развития системы связи в отрасли;

– уточнения прогнозов возможных ЧС и планов действий;

– организации взаимодействия различных органов управления;

– подготовки отраслевых и объектовых АСУ к работе в ЧС;

– подготовки персонала органов управления отрасли и объекта;

– обеспечения контроля за безопасным функционированием объектов и их готовность;

– обеспечения НИОКР по проблемам повышения устойчивости.

Обеспечение устойчивого функционирования экономики – сложная многоплановая проблема, имеющая глубокие корни в исторической ретроспективе. Опыт, накопленный в гражданской обороне, проведенные научные исследования и опыт промышленно развитых стран говорят о необходимости сосредоточения усилий государственных структур управления на решении, прежде всего, задачи профилактики чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Общие требования к отраслям экономики являются фундаментом для разработки и реализации комплекса, заблаговременно проводимых мероприятий практически на всех объектах экономики.

Глава 2. ПОНЯТИЕ И ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРОБЛЕМЕ УСТОЙЧИВОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Одним из важнейших условий нормальной работы любых сложных систем является наличие у них качества, называемого устойчивостью. Системы, не обладающие этим качеством, как правило, не пригодны для практического использования. Наличие устойчивости или неустойчивости проявляется при нарушении равновесия системы, т.е. в переходных режимах. Устойчивые системы спустя некоторое время, называемое длительностью переходного процесса, приходят к новому состоянию равновесия, характеризующемуся другим постоянным значением регулируемого параметра, либо тем же, которое было до вывода системы из первоначального состояния равновесия. Вывод системы из равновесного состояния происходит под действием на неё возмущающих сил. При этом поведение системы зависит не только от ее динамических свойств, например, инерционности, но и от характера возмущающего воздействия.

При медленном воздействии неблагоприятные динамические свойства системы в меньшей степени сказываются на переходном процессе, при быстром – наоборот. Наиболее неприятным воздействием является скачкообразное воздействие. В общем смысле под устойчивостью системы понимается состояние, при котором действующие в системе силы взаимно уравновешиваются. Обеспечение устойчивости систем достигается введением в их состав дополнительных корректирующих звеньев, которые могут быть последовательными и параллельными (местными и общими обратными связями). Структурная схема технической системы с такими связями показана на рис. 2.1.

Показанная на рис. 2.1 схема характерна не только для технических, но и биологических систем. Роль корректирующих звеньев в биологических системах играет нейрогуморальная регуляция, за счет которой саморегулируются физиологические функции организма, то есть осуществляется автоматическое поддержание на строго постоянном уровне необходимых констант и процессов, так называемого, гомеостазиса.

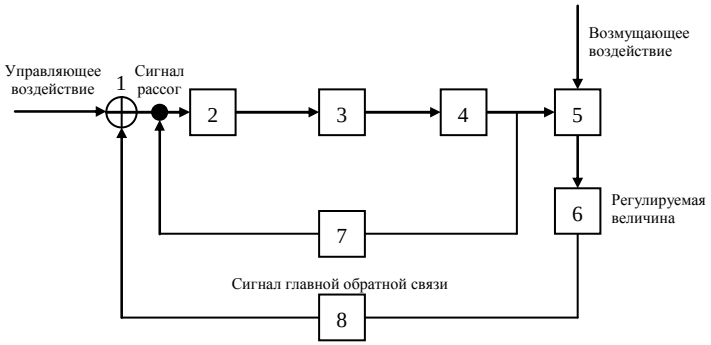

Рис. 2.1. Типовая структурная схема технической системы.
1 – орган сравнения; 2 – орган преобразующий сигнал рассогласования; 4 – исполнительный орган; 5 – объект управления; 6 – орган, измеряющий регулируемую величину и преобразующий ее в сигнал той же физической природы, что и управляющее воздействие; 3, 7, 8 – корректирующие звенья

В социальных системах роль корректирующих звеньев играют команды и распоряжения, которые формируются на основе имеющейся у «оператора» информации о желаемом и истинном состоянии управляемого общественного объекта. Структурная схема обеспечения устойчивости социальной системы показана на рис. 2.2.

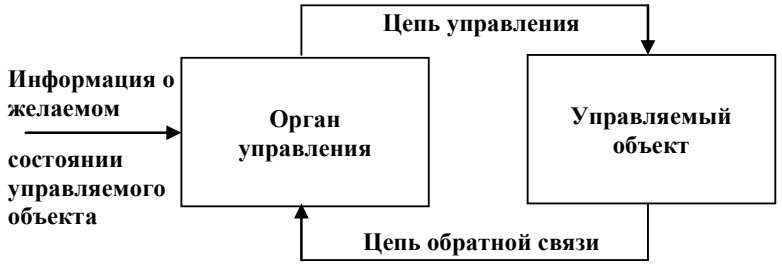

Рис 2.2. Структурная схема обеспечения устойчивости социальной системы

В общем случае сложные системы состоят из различных физически и химически неоднородных компонентов, связанных между собой определенными отношениями, составляющими их пространственно-

временную структуру. Примером одной из таких систем являются объекты экономики, представляющие собой метасистемы, состоящие из технических, биологических и социальных систем, находящихся в сложных пространственно-временных взаимоотношениях.

В целом структура системы характеризуется количеством возможных состояний и вероятностями их реализации, которые изменяются во времени, определяя динамические характеристики системы, ее реакцию на внутренние процессы и взаимодействие с другими системами.

Из предыдущего следует, что под нарушением устойчивости системы следует понимать любое изменение ее состояния, приводящее к отсутствию соответствия первоначальному назначению. Состояние неустойчивости таким образом есть свойство, внутренне присущее системе с момента начала ее существования. Поведение системы во времени случайно и не может быть описано в общем случае только на основе детерминированных подходов. Даже близость исходных состояний условно тождественных систем не означает одинаковости их поведения в будущем. Поэтому для оценки устойчивости систем используются детерминированные и вероятностные подходы. Представление о детерминированной системе означает, что она предназначена для работы в строго определенных условиях и становится непригодной при их изменении. Предельные значения параметров условий устанавливают, как правило, на основе накопленного опыта.

Каждый из критериев при этом определяет одну из сторон устойчивости и без ее единой комплексной оценки и учета случайных процессов, происходящих в системе во времени.

Детерминированные подходы в оценке устойчивости предполагают использование методов экспериментальных исследований и математических моделей систем,

Последние представляют собой дифференциальные уравнения различной сложности, отражающие характер изменения выходной величины при заданной входной величине, или чаще передаточные функции, являющиеся отношением изображения выходной величины системы к изображению входной величины при нулевых начальных условиях, т.е.

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)}$$

где $Y(p)$ и $X(p)$ – соответственно изображения выходной и входной величины по Лапласу.

Если система одноконтурная и все ее звенья соединены последовательно, то передаточная функция записывается в виде

$$W(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot \ldots \cdot W_n(p).$$

При параллельном соединении звеньев

$$W(p) = W_1(p) + W_2(p) + \ldots + W_n(p),$$

где $W_1(p)$, $W_2(p)$,...$W_n(p)$ передаточные функции звеньев.

Передаточная функция замкнутой системы, охваченной единичной обратной связью,

$$W_з(p) = \frac{W(p)}{1 + W(p)}.$$

Выводы об устойчивости или неустойчивости систем делаются на основании критериев, соответствующих тем или иным применяемым методам. Критерии устойчивости и соответствующие методы излагаются в специальных курсах.

Систематизация и анализ различных сценариев поведения сложных систем возможны при использовании вероятностных подходов. Существенным недостатком этих подходов является ограниченная точность оценок из-за значительных неопределенностей в исходных данных и знании физических законов. Поэтому при создании реальных сложных систем устойчивость обеспечивается в результате оптимального сочетания детерминированного и вероятностного подходов. Сложность решения проблемы и в этой постановке, обусловленная множеством состояний системы, параметров и уравнений их характеризующих, вынуждает искать новые подходы. Один из таких подходов, основанный на термодинамических представлениях, как имеющих наибольшую общность, предлагается авторами работы [18].

В качестве основного параметра, характеризующего устойчивость системы, авторами выбрана энтропия. В устойчивом состоянии реакции системы на воздействие внешних факторов направлены на

уменьшение возмущающих воздействий. Поэтому её состояние в этой области может быть определено взаимокомпенсацией энтропийного эффекта, связанного с диссипацией энергии, негэнтропийным эффектом, связанным с наличием отрицательных обратных связей.

Основные причины нарушения устойчивости систем носят универсальный характер и могут быть сведены к следующим:

– наличие структурных дефектов, которые являются следствием изначального несовершенства системы, характерные для всех ее экземпляров (дефекты проектирования и технологии изготовления);

– дефекты, допущенные при изготовлении системы, приводящие к снижению устойчивости некоторой части экземпляров;

– дефекты, возникающие в результате действия на систему неблагоприятных факторов;

– дефекты, связанные со старением системы, т.е. необратимыми процессами снижения прочности и др., параметров,

Для любой системы существуют некоторые критические значения, характеризующих ее параметров, совокупность которых определяется степенью сложности системы. Область критических значений определяет границы устойчивости системы, за пределами которых, невозможно прогнозировать ее дальнейшее поведение Она может возвратиться к устойчивому состоянию или необратимо его потерять, если определяющая часть параметров, характеризующих устойчивость, превышает критические значения. В этом случае система перестает отвечать своему назначению, либо полностью прекращает существование, что по отношению к ОЭ означает наступление аварии или катастрофы.

Количественное описание процессов нарушения устойчивости сложных систем возможно, если известны функции распределения воздействий и соответствующие функции чувствительности систем к конкретному воздействию. В виду сложности получения таких функций это реально только для конкретных систем и при определенных допущениях. Если функции известны, могут быть рассчитаны и вероятностные меры устойчивости для этих систем. При этом основные сложности связаны с выбором критериев и установлением взаимосвязей, определяющих реакцию системы на воздействие, находящееся на границе области устойчивости.

В реальных условиях все воздействия и соответствующие им реакции системы могут быть подразделены на стабилизирующие и дестабилизирующие, вклады которых в основном определяются

соотношением отрицательных и положительных обратных связей. Величина отношения вероятностных мер стабилизирующих и дестабилизирующих компонентов может являться показателем устойчивости системы к внешним воздействиям и внутренним изменениям.

Одним из параметров, характеризующих устойчивость системы, является время ее существования, которое с этой точки зрения может быть условно разделено на три периода. Длительность первого периода определяется скоростью изменения устойчивости, связанной с формированием адаптивных возможностей системы. В этом периоде происходит приспособление, притирание системы к условиям, в которых она вынуждена существовать, с достижением в конце периода наивысшей доступной для нее устойчивости. Второго периода (относительной устойчивости) – природой и уровнем сложности системы. Это время, в течение которого система достаточно успешно справляется с действием внутренних и внешних дестабилизирующих факторов, поддерживая устойчивость на достигнутом в первом периоде уровне. Третьего периода – скоростью изменения устойчивости, обусловленной процессами старения. В первом и третьем периодах система наиболее подвержена потере устойчивости в результате внутренних изменений и внешних воздействий. Это периоды с пониженной устойчивостью, соответствующие началу и концу существования системы. Они отличаются повышенной вероятностью нарушения функционирования механизма обратных связей или соответственно большей чувствительностью системы к амплитуде воздействия. По этому параметру степень устойчивости тем выше, чем ближе к единице отношение продолжительности второго периода к полному времени существования системы.

Для каждого конкретного воздействия или их совокупности нарушение устойчивости может быть представлено в виде одной из формализованных моделей, которые могут быть использованы при анализе устойчивости сложных систем:

– модель мгновенной потери устойчивости;

– модель постепенной утраты устойчивости при накоплении нарушений в ее подсистемах и компонентах;

– модель скачкообразной потери устойчивости в результате накопления нарушений в подсистемах и компонентах.

Формальное описание переходных процессов, приводящих к нарушению устойчивости, как правило, сводится к заданию

соответствующих функций распределения, а определение области устойчивости в связи с неполнотой информации и ее неопределенностью чаще всего ограничивается нахождением верхней и нижней границ, т.е. пределов, в которых происходит компенсация роста неустойчивости системы вероятностью соответствующего изменения его состояния.

Ниже рассмотрим, основываясь на изложенных представлениях, вопросы устойчивости потенциально опасных объектов экономики в условиях внутренних изменений (противоаварийной устойчивости) и устойчивости их к внешним воздействиям поражающих факторов в условиях чрезвычайных ситуаций.

Глава 3. ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ПОТЕНЦИАЛЬНО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ

3.1. Потенциально-опасные объекты экономики, принципы и критерии их противоаварийной устойчивости

3.1.1. Потенциально-опасные объекты экономики и их краткая характеристика

Объекты экономики, аварии на которых могут привести к возникновению очагов поражения и чрезвычайных ситуаций, являются потенциально опасными. Закон [46] называет такие объекты опасными производственными объектами и относит к ним объекты, на которых получаются, используются, перерабатываются, хранятся, транспортируются и уничтожаются воспламеняющиеся, окисляющиеся, горючие, взрывчатые и токсичные вещества; используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 мПа или при температуре нагрева воды более 115 °С; используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры; получаются расплавы и сплавы металлов; ведутся горные работы и работы в подземных условиях.

Под воспламеняющимися веществами понимаются газы, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися и температура кипения которых при нормальном давлении 20 °С или ниже. Окисляющие вещества представляют собой вещества поддерживающие горение, вызывающие воспламенение и (или) способствующие воспламенению других веществ в результате окислительно-восстановительной экзотермической реакции. Взрывчатые вещества это вещества, способные при определенных видах внешнего воздействия к очень быстрым самораспространяющимся химическим превращениям с выделением тепла и образованием газов. Токсичные вещества законом рассматриваются как вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить их к гибели при наличие характеристик, приведенных в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Характеристики токсичных веществ

Тип вещества Характеристика вещества	**Токсичное**	**Высоко-токсичное**	**Опасное для окружающей среды**
Средняя смертельная доза при введении в желудок	(15...200) мг/кг	< 15 мг/кг	-
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу	(50...400) мг/кг	< 50 мг/кг	-
Средняя смертельная концентрация в воздухе	(0,5...2) мг/л	< 0,5 мг/л	-
Средняя смертельная доза при ингаляционном воздействии на рыбу в течении 96 часов	-	-	< 10 мг/л
Средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафнии в течение 48 часов	-	-	< 10 мг/л
Средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 72 часов	-	-	< 10 мг/л

Среди опасных производственных объектов выделяются особо опасные производства, к которым относят участки, установки, цехи, хранилища, склады, станции или другие производства, на которых единовременно используют, производят, перерабатывают, хранят или транспортируют взрывоопасные или опасные химические вещества в количестве равном или превышающем определенное законом [46] пороговое значение. Отнесение к особо опасным производствами таким образом основывается на величине пороговых количеств потенциально опасных веществ, определяемых для конкретных веществ или их различных категорий, и на количестве потенциально опасного вещества**,** обращающегося на промышленном объекте. Величины пороговых количеств конкретных веществ приведены в таблице 3.2, категорий – в таблице 3.3. При отнесении промышленного объекта к особо опасному производству в случае, если вещество, указанное в таблице 3.2, также относится к какой-либо категории, приведенной в таблице 3.3, руководствуются пороговыми количествами – таблица 3.2. Промышленные объекты, имеющие в своем составе особо опасные производства, обязаны декларировать свою безопасность.

Таблица 3.2

Опасные вещества

Вещество	Предельное количество, т
Аммиак	500
Нитрат аммония	2500
Нитрат аммония в форме удобрений	10000
Акридонитрил	200
Хлор	25
Оксид этилена	50
Цианистый водород	20
Фтгористый водород	50
Серрнистый водород	50
Диоксид серы	250
Триоксид серы	75
Фосген	0,75
Метилизоцианат	0,15

Нитрат аммония и удобрения на его основе должны содержать более 28% азота по весу, а водные растворы быть 90 или более процентными.

Таблица 3.3

Категории опасных веществ

Категория	Предельное количество, т
Воспламеняющиеся газы, включая сжиженные нефтяные газы, образующие воспламеняющиеся смеси с воздухом.	200
Легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки в закрытом тигле < 61°С	200
Высокотоксичные вещества	20
Токсичные вещества	200
Окисляющие вещества	200
Взрывчатые вещества	50

По виду, используемых в производственном процессе веществ и опасности, которую они представляют, потенциально опасные объекты экономики делят на пожаро и взрывоопасные, химически и радиационно опасные, по функциональным признакам – гидротехнические сооружения, объекты энергетики, транспортные коммуникации и другие объекты, отнесенные законом [46] к опасным производственным объектам.

К числу пожаро и взрывоопасных объектов относятся предприятия и производства, производящие, использующие, хранящие или транспортирующие вещества, способные гореть и взрываться. Типичными представителями пожароопасных объектов являются деревообрабатывающие предприятия, склады и базы горючих материалов и им подобные объекты. Взрывоопасными объектами являются предприятия по производству, хранению и транспортировке взрывчатых веществ, угольной и древесной пыли, мукомольные, нефтеперерабатывающие и другие предприятия такого рода. Аварии на этих предприятиях представляют собой чаще всего пожары и взрывы и сопровождаются повреждением и уничтожением материальных ценностей, травмированием и гибелью людей.

Химически опасные объекты (ХОО) имеют дело с токсичными химическими веществами в количествах, достаточных при выходе их в окружающую среду при аварии для массового поражения людей и животных. К химически опасным объектам относятся химические предприятия, производящие или использующие в технологических процессах аварийные химически опасные вещества, водопроводные станции и станции по обезвреживанию канализационных стоков, холодильники, продуктопроводы (аммиако, хлоропроводы) и другие объекты. В результате аварий на химически опасных объектах образуются зоны и очаги химического заражения, нахождение в которых людей, животных и растений связано с их поражением. Радиационно опасные объекты (РОО) представляют собой предприятия, осуществляющие обращение с техногенными источниками ионизирующего излучения. К ним относятся предприятия ядерного топливного цикла, которые включают в себя шахты и рудники по добыче ядерного топлива, обогатительные фабрики, предприятия по производству тепловыделяющих элементов, атомные электростанции и теплоэлектроцентрали, суда гражданского и военного назначения с ядерными энергетическими установками, предприятия по переработке, хранению и захоронению ядерных отходов. Аварии на радиационно опасных объектах связаны с образованием зон радиоактивного заражения. В некоторых случаях при крупных авариях они охватывают обширные территории, которые могут быть полностью выведены на длительное время из народнохозяйственного оборота. Люди, животные и растения, оказавшиеся в пределах зон радиоактивного заражения, как правило, получают радиационные поражения различной тяжести. Опыт

показывает, что наиболее аварийными и опасными являются атомные электростанции, хранилища радиоактивных отходов и транспортные средства с ядерными энергетическими установками. Аварии на радиационно опасных объектах по сравнению с авариями на других ПООЭ имеют наибольшие масштабы и наиболее тяжелые последствия.

Гидротехнические сооружения предназначены для использования водных ресурсов и для борьбы с вредным действием водной стихии. К ним относятся плотины, дамбы, валы, каналы, шлюзы, трубопроводы, туннели, молы, водохранилища, хвосто и шламохранилища горнометаллургических производств и другие инженерные сооружения. Совокупность гидротехнических сооружений представляет собой гидроузел. Гидроузлы могут быть предназначены для получения гидроэнергии, улучшения судоходства или лесосплава, забора воды для водоснабжения или орошения. Первые из них носят название гидроэнергетических гидроузлов, вторые – транспортных, третьи - водозаборных. К числу общих гидротехнических сооружений, входящих в состав гидроузла, относятся плотины, водосбросы, водосливы и водоспуски, ледо и шугосбросы, устройства для ледозащиты и ледозадержания. Специальными сооружениями гидроузлов являются судоходные устройства (шлюзы), здания гидроэлектростанций, устройства для лесосплава и другие сооружения. Потенциально опасными являются гидротехнические сооружения, на которых возможны гидродинамические аварии, связанные с распространением с большой скоростью воды. При авариях, сопровождающихся повреждением или разрушением плотин гидроузлов, запасенная потенциальная энергия водохранилища высвобождается в виде волны прорыва, образующейся при изливе воды через проран в теле плотины. Обладая огромной энергией, волна прорыва распространяется по речной долине на сотни километров, создавая обширный очаг поражения с разрушением зданий и сооружений, инфраструктуры, нанесением ущерба окружающей природной среде, гибелью людей и животных. При нахождении в зоне действия волны прорыва радиационно и химически опасных объектов возможно образование зон, и соответственно очагов, химического и радиоактивного заражения. Возможны пожары и взрывы при разрушении пожаро и взрывоопасных объектов, пожары в зданиях и сооружениях в результате коротких замыканий в электрических сетях.

К потенциально опасным объектам энергетики относятся тепловые электростанции, теплоэлектроцентрали, газоперекачивающие станции,

котельные и другие объекты. Аварии на объектах энергетики могут представлять собой пожары, взрывы котлов и емкостей, находящихся под высоким давлением, газовоздушных смесей при выходе газа в окружающую среду. При масштабных авариях с газом возможно образование зон химического заражения. Типичными последствиями аварий на потенциально опасных объектах энергетики являются повреждения и разрушения производственных зданий и сооружений, оборудования, травмирование и гибель людей.

Потенциальная опасность транспортных коммуникаций прежде всего связана с транспортировкой по ним потенциально опасных веществ. Аварии на транспорте явление частое. Они вызываются техническими неисправностями, плохим состоянием коммуникаций, антропогенным фактором. Наибольшее количество аварий приходится на автомобильный транспорт, однако и на других видах транспорта: железнодорожном, воздушном, водном и трубопроводном они происходят достаточно часто. Вид аварии, ее масштабы и последствия определяются видом транспорта, количеством и видом транспортируемых грузов. На транспортных коммуникациях принципиально возможны все виды аварий и последствий, которые имеют место на других ПООЭ.

3.1.2. Принципы и критерии противоаварийной устойчивости потенциально-опасных объектов экономики

Основной задачей противоаварийной устойчивости ПООЭ является недопущение аварий, а также сохранение возможности выполнять заданные функции, если аварии происходят.

Сложные технические системы, к которым относятся ПООЭ,

всегда имеют определенную степень риска возникновения аварий, опасных для них и окружающей среды. «Цена» аварий возрастает с ростом сложности системы, сосредоточением на ОЭ больших энергетических мощностей и опасных веществ. Поэтому принятие мер, гарантирующих с высокой степенью надежности предотвращение аварии и снижение тяжести их последствий, жизненно необходимо.

Противоаварийная устойчивость ПООЭ в основном обеспечивается реализацией следующих мер и принципов:

1) выбором наименее опасных технологий;
2) высоким качеством и всесторонней обоснованностью проектов;
3) опасных технологических установок (ОТУ) и ПООЭ в целом;

4) высоком качестве изготовления, монтажа, профилактического;

5) обслуживания и ремонта технологических установок и ремонта ПООЭ;

6) применением надежных средств предотвращения перехода технологических установок и оборудования в критический режим работы, предшествующий аварии, и ограничения последствий аварий;

7) квалифицированной эксплуатацией ПООЭ в соответствии с нормативно-технической документацией и инструкциями;

8) принятием мер по защите технологических установок, производственных систем и оборудования от внешних воздействий и ситуаций, связанных с «человеческим фактором» (низким уровнем квалификации, безответственностью, ошибками производственного персонала, терроризмом);

9) поддержанием безотказности оборудования и систем, препятствующих возникновению и развитию аварий;

10) созданием многоэшелонной защиты от опасных последствий аварий.

Основное требование противоаварийной устойчивости – исключение катастрофических повреждений ПООЭ реализуется созданием последовательных противоаварийных барьеров.

Задачей первого из них является предотвращение аварий, т.е. эксплуатация ОЭ в пределах, исключающих возможность их возникновения. Решение этой задачи достигается отработанностью проектов, высоким качеством изготовления технологических установок и оборудования ПООЭ, их надежностью, высокой квалификацией обслуживающего персонала.

Задачей второго барьера является предотвращение развития проектных аварий на ранней стадии их возникновения, что обеспечивается противоаварийными системами

Задача третьего барьера состоит в предотвращении и защите от маловероятных, труднопредсказуемых аварий и ограничении их последствий. Такие аварии, как правило, являются следствием многократных отказов и множественных ошибок производственного персонала ПООЭ. Решение задачи достигается приданием опасному оборудованию ПООЭ свойства самозащищенности, использованием принципов резервирования, разнообразия, физического разделения и независимости.

3.2. Предотвращение аварий

3.2.1. Общие положения

Предотвращение аварий достигается реализацией четкой программы противоаварийных мер, эффективность которых обеспечивается надежностью оборудования, определенной логикой и структурой систем безопасности, эксплуатацией, включающей меры профилактики и проверки работоспособности систем, важных для предотвращения аварий.

Для обеспечения нормальной работы опасного технологического оборудования необходимо понимание всех происходящих в нем процессов, обоснованность проектных и конструкторских решений, качественное исполнение всех элементом, соблюдение регламента эксплуатации. Основой противоаварийных мер является высокое качество изготовления и монтажа оборудования.

Ключевыми моментами в предотвращении аварийных ситуаций являются проверка состояния, рабочих характеристик, проектного взаимодействия всех элементов и систем оборудования, проведение его пусковых испытаний, профилактика нарушений в процессе эксплуатации. Чем раньше будут обнаружены нарушения, тем менее серьезными будут их последствия.

Основная цель заключается в том, чтобы не позволить отказам в оборудовании и ошибкам в его эксплуатации перерасти в аварию. Для решения этой задачи должны быть установлены пределы безопасной эксплуатации для всех состояний опасного технологического оборудования**,** разработаны критерии работоспособности, методы ранней диагностики повреждений, решены вопросы обеспечения аппаратурой и приспособлениями для контроля и диагностики.

3.2.2. Предупреждение аварийных ситуаций

Надежная система контроля за работой опасных технологических установок и оборудования ПООЭ, их отдельных элементов является одним из важнейших факторов, не только обеспечивающих предупреждение об отклонениях от нормального режима работы, но и позволяющих вести технологические процессы с оптимальной с точки зрения повреждаемости показателями.

Для реализации требований по предотвращению аварий необходимо установить набор проектных пределов и пределов безаварийной эксплуатации.

Под проектными пределами понимаются количественные значения параметров и характеристик состояния оборудования, установленные для нормальной эксплуатации, для нарушений нормальной эксплуатации и для соответствующих исходных событий, учитываемых проектами.

Пределы безаварийной эксплуатации – значения параметров и характеристик, отклонение от которых может привести к аварии.

В случае достижения одним или несколькими параметрами пределов безаварийной эксплуатации и превышения их должны быть Приняты меры по ограничению дальнейшего развития аварийного процесса. Технологическая установка или оборудование должны быть при этом переведены в одно из состояний нормальной эксплуатации, включая, если это необходимо, остановку.

Выбор и назначение пределов эксплуатационных параметров должны производиться с учетом ресурсных и прочностных характеристик технологической установки или оборудования. При этом достижение параметрами предельных значений не должно приводить к нарушениям безаварийной эксплуатации, а установленные пределы должны быть достаточными для обеспечения нормального протекания

переходных режимов, не должны ухудшать технические характеристики установок и оборудования, приводить к ложным автоматическим срабатываниям и включениям систем предупреждения и предотвращения аварий.

Конкретные значения пределов определяются, например, для следующих эксплуатационных параметров:

– температуры технологической установки или рабочей среды в ней;
– давления;
– мощности;
– скорости изменения тех или иных рабочих параметров;
– уровня и расхода рабочей среды;
– числа оборотов;
– вибрации;
– перегрузки;
– напряжения питания;

– уровня загрязнения окружающей среды или рабочего пространства вредными веществами, используемыми или получаемыми в процессе работы.

Важная роль в решении рассматриваемой задачи принадлежит системам предупреждения и предотвращения аварий. Их назначение – полное предотвращение аварии или предотвращение ее развития. Сигналы аварийной обстановки технологических установок и оборудования выбирают, исходя из анализа возможных аварийных ситуаций, их развития и последствий. В зависимости от типа установки или оборудования, конкретных условий их эксплуатации перечень аварийных сигналов может быть различным. Это может быть, например, предварительная сигнализация, позволяющая персоналу и системам управления предотвратить неблагоприятное развитие того или иного аварийного процесса, сигналы на срабатывание противоаварийных систем и т.п.

В процессе эксплуатации безаварийная работа опасных технологических установок определяется надежностью и эффективностью систем и оборудования, качеством управления ими, поддержанием установок в приемлемом техническом состоянии. При анализе состояний технологических установок и оборудования используют понятия техническое и работоспособное состояние.

Техническое состояние определяется совокупностью признаков или условий, устанавливающих соотношения между текущими значениями параметров и характеристик состояния оборудования и систем технологической установки и проектными пределами, соблюдение которых является необходимым для безаварийной эксплуатации. Показатели технического состояния предназначены для характеристики оборудования и систем как изделий промышленно-технического назначения, обладающих определенными техническими характеристики ми. Значения показателей (параметров) служат для проведения анализа их с установленными в конструкторской документации.

Работоспособное состояние – состояние технологической установки или оборудования, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно – технической и (или) конструкторской документации.

При анализе состояния установки или оборудования могут учитываться следующие факторы:

– отсутствие механических и коррозионных повреждений;

– отсутствие посторонних шумов, стуков и вибраций при работе; соответствие величин контролируемых параметров и характеристик допустимым значениям (давление, температура, обороты, расход, сопротивление изоляции, износы, зазоры, глубина повреждений и т.д.);

– прочность и другие параметры, получаемые при различных видах испытаний (механических, гидравлических, пневматических и т.п.).

Контроль технического состояния и работоспособности опасных технологических установок и оборудования должен проводиться постоянно во время их эксплуатации по фактическому состоянию.

В качестве примера можно назвать следующие методы контроля:

Технологический контроль

– техническое обслуживание;
– параметрический контроль;
– проверки на функционирование;
– теплотехнические проверки;
– регламентные проверки;
– контроль характеристик наименее надежных и наиболее важных с точки зрения предотвращения аварий видов оборудования и систем;
– гидравлические испытания;
– контроль герметичности;
– контроль характеристик рабочих сред, используемых в установках.

Диагностический контроль:

– визуальный контроль;
– виброакустический контроль;
– акустическая шумовая диагностика;
– ультразвуковой контроль;
– акустоэмиссионный контроль;
– коррозионный контроль;
– неразрушающий контроль металла;
– рентгеновский и гамма контроль;
– цветная дефектоскопия;
– оптико-телевизионный контроль;
– сравнение с эталонами и образцами.

3.2.3. Диагностика и контроль повреждений

Целью диагностики является определение аномалий по отклонению параметров. Создание эффективной системы диагностики и контроля

на всех стадиях существования диагностируемого объекта значительно увеличивает вероятность его безаварийной работы.

Основная задача системы контроля – постоянная проверка соответствия параметров заданным условиям. С целью выявления конкретных повреждений, отказов оборудования и их причин контролируются износ, нагрузки, прочность оборудования и деталей, параметры их движения, протекание технологического процесса. Контролю могут подвергаться различные параметры: линейные и угловые размеры деталей, силы, давления, крутящие моменты, деформации, напряжения, шумы, вибрации, перемещения, скорости, ускорения, концентрации рабочих сред, течи, температура. Эти параметры носят название диагностических параметров.

3.2.3.1. Контроль износов

Износ деталей сверх допустимых пределов частая причина аварий. Поэтому его распознавание является одним и *I* важнейших видов контроля.

Износ деталей контролируется путем проведении лабораторных испытаний с помощью специальных машин и при их службе в реальных условиях. Основными методами, которые используются, являются микрометраж, взвешивание, метод определения железа в масле, радиометрический метод, метод искусственных баз. Своевременное распознавание опасных величин износов достигается также путем непрерывного измерения размеров деталей, оценки состояния покрытий и наличия коррозии различными инструментальными методами.

Микрометраж является наиболее принятым способом прямого определения износа по разнице размеров детали до и по истечении некоторого времени работы.

Взвешивание позволяет весьма точно определить величину суммарного износа. Однако его применение ограничено весом детали. С увеличением веса детали увеличивается и погрешность в определении износа.

Метод определения железа в масле используется для оценки скорости изнашивания. Он основан на обогащении смазочного масла железом в результате износа поверхностей трения деталей. Содержание железа в масле, а, следовательно, и степень износа,

определяется периодически при помощи химического анализа проб масла.

Радиометрический метод определения скорости изнашивания основан на изменении интенсивности радиоактивного излучения проб смазочного масла, в которое по мере изнашивания деталей с введенными в них тем или иным способом радиоактивными изотопами попадают продукты износа.

При использовании метода искусственных баз производится измерение глубины, предварительно сделанного на поверхности детали углубления, не нарушающего ее служебных свойств. Глубину определяют с помощью микроскопа непосредственно на детали, либо с использованием оттисков с углубления до и после истечения некоторого времени работы детали. Для снятия оттисков чаще используют полоску листового свинца, которую прикладывают к углублению на детали и наносят по ней удар молотком.

Для непрерывного измерения угловых размеров наиболее часто применяются методы на основе реостатных, трансформаторных, электролитических датчиков и дискретные методы на основе зубчатых и кодовых дисков с контактным, фотоэлектрическим и индуктивным съемом информации.

Реостатный датчик представляет собой реостат, движок которого перемещается в соответствии со значением измеряемой величины. Входной величиной реостатных датчиков является перемещение движка, которое может быть угловым или линейным, выходной величиной – активное сопротивление, распределенное линейно или по некоторому закону по пути движка.

Устройство одного из реостатных датчиков показано на рис. 3.1.

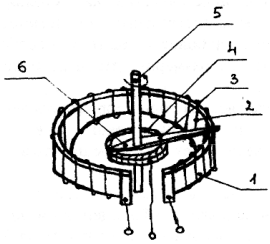

Рис. 3.1. Устройство реостатного датчика:
1 – каркас из изоляционного материала; 2 – проволока. 3 – щетка;
4 – токосъемное кольцо; 5 – приводной валик, изолированный от щеток;
6 – добавочная щетка, скользящая по токосъемному кольцу

Реостатные датчики изготавливаются с применением провода из манганина, константана или фехраля, а в особо ответственных случаях – из сплава платины и иридия. Провод покрывается эмалью, либо слоем окислов, изолирующих соседние витки друг от друга. Порог чувствительности реостатных датчиков находится в пределах (10...20) угловых минут.

Трансформаторные (ферродинамические) датчики (рис. 3.2) состоят из магнитопровода с воздушным зазором (1); обмотки возбуждения (2), питаемой от источника переменного тока и создающей магнитный поток в магнитопроводе; и обмотки (3), в которой индуктируется э.д.с. при изменении магнитного потока, связанного с изменением размеров воздушного зазора магнитопровода или положения обмотки в зазоре. Обмотка, в которой индуктируется э.д.с, может наматываться на неподвижной части магнитопровода или выполняться в виде рамки, способной поворачиваться в воздушном кольцевом зазоре магнитопровода. На рис. 3.2 показано устройство двух типов трансформаторных датчиков, один из которых (а) реагирует на изменение длины воздушного зазора между подвижной и неподвижной частями магнитопровода, второй (б) – на поворот рамки в кольцевом зазоре магнитной цепи.

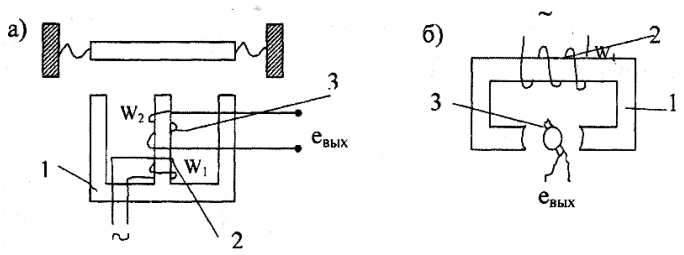

Рис. 3.2. Устройство трансформаторного датчика

Принцип действия электролитических резистивных датчиков основан на зависимости сопротивления электролитической ячейки от состава и концентрации электролита, а также от геометрических размеров ячейки. Сопротивление электролитического датчика

$$R = \frac{\rho l}{s} = \frac{1}{\gamma} K ,$$

где $\gamma = \frac{1}{\rho}$ – удельная проводимость электролита, K – постоянная датчика зависящая от соотношения его геометрических размеров.

На рис. 3.3 показана измерительная схема электролитического датчика для измерения угла отклонения от вертикального положения. Датчик имеет четыре изолированных друг от друга цилиндрических электрода (1), установленных по окружности в крышке датчика. Герметический корпус датчика, образуемый крышкой из изоляционного материала и сферическим основанием из проводящего материала, не полностью заполнен электролитом. Часть объема занята воздушным пузырьком (2). В исходном состоянии пузырек расположен симметрично относительно электродов, и проводимости между основанием корпуса и каждым из электродов одинаковы. При наклоне датчика воздушный пузырек смещается от центра и равенство проводимостей нарушается, что приводит к появлению сигнала на выходе измерительной цепи, пропорционального углу наклона.

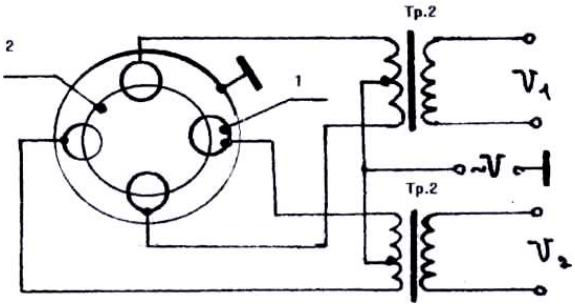

Рис. 3.3. Измерительная схема электролитического датчика

Дискретные датчики на основе кодовых дисков обычно представляют собой конструкцию, состоящую из двух дисков с шести разрядным двоичным кодом, связанных между собой через редуктор. Датчик устанавливается на оси измерительного механизма.

На рис. 3.4 показан кодовый диск с пятиразрядным двоичным кодом. На концентрических окружностях диска, число которых равно числу разрядов кода, наносится изображение кода. Неподвижное считывающее устройство в каждом положении диска фиксирует код, отвечающий углу отклонения измерительного механизма. Чаще всего

кодирующие диски выполняют с контактным или фотоэлектрическим считывающим устройством.

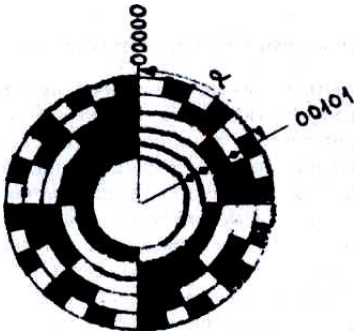

Рис. 3.4. Кодовый диск с пятиразрядным двоичным кодом

В первом случае рисунок кода наносится на диск с помощью чередующихся проводящих и непроводящих дуг, а считывающее устройство выполняется в виде скользящих по дугам контактов. Диск с фотоэлектрическим считыванием выполняется из прозрачного материала. Рисунок кода в виде прозрачных и непрозрачных участков наносится фотографическим путем. Прозрачные участки соответствуют «единицам» а непрозрачные – «нулям» кода. Диск просвечивается источником света, расположенным по одну сторону диска, по другую его сторону по радиусу располагаются неподвижные фоточувствительные элементы (фотосопротивления или фотодиоды), число и расстояние которых от центра соответствует разрядам рисунка кода. Таким образом, в каждом положении диска освещаются фоточувствительные элементы, отвечающие «единицам» кода.

В практике измерений угловых размеров находят применение и многие другие методы [26].

При диагностике линейных размеров широко применяются методы, основанные на использовании реостатных, емкостных, индуктивных, электроконтактных, тензорезистивных датчиков и кодовых линеек. Выбор метода определяется диапазоном измеряемых размеров и условиями измерения. При необходимости достижения наивысшей точности на этапах изготовления и ремонта особо ответственных деталей, контроля покрытий и коррозии используются методы, основанные, на интерференции света, а также методы компарирования

с помощью микроскопов и фотоэлектрических преобразователей. Принцип устройства реостатных датчиков описан выше.

На рис. 3.5 показан принцип устройства дифференциального емкостного датчика с переменным зазором, применяемого для измерения отклонения линейных размеров в диапазоне (10^{-6}...10^{-3}) м.

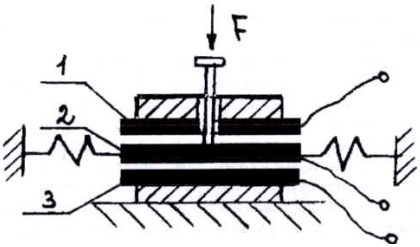

Рис. 3.5. Принцип устройства емкостного датчика

Обкладка 2 датчика закреплена на пружинах и перемещается поступательно под воздействием силы *F*.

Обкладки 1 и 3 неподвижны. Емкость между обкладками 2 и 3 увеличивается, а между обкладками 1 и 2 уменьшается. Емкостные датчики подобного типа отличаются высокой чувствительностью, линейностью зависимости сопротивления от зазора малыми погрешностями и простотой конструкции.

$$Z = \frac{1}{\omega c} = \frac{\delta}{\omega \varepsilon s}.$$

В приведенной зависимости ω – частота питания; *C* – емкость; δ – зазор между обкладками; ε – диэлектрическая проницаемость среды.

Наиболее распространенный индуктивный датчик с малым воздушным зазором δ, длина которого изменяется при изменении размеров изнашивающейся детали, показан на рис. 3.6. При увеличении зазора уменьшается электрическое сопротивление датчика, а следовательно, и сигнал на выходе, который регистрируется. Величина зазора может изменяться в пределах от 0,01 до 10 мм.

Электроконтактные датчики преобразуют измеряемое механическое перемещение в замкнутое и разомкнутое состояние

контактов, управляющих электрической цепью. Естественной входной величиной контактных датчиков является пространственное перемещение. Погрешность срабатывания контактных датчиков находится в пределах (1...2) мкм.

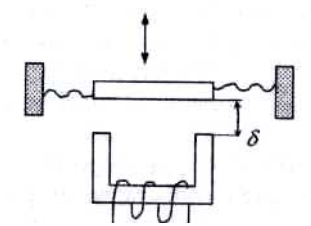

Рис. 3.6. Принцип устройства индуктивного датчика

В основе работы тензорезистивных датчиков лежит явление тензоэффекта, заключающееся в изменении активного сопротивления проводников при их механической деформации. При контроле износов механическая деформация датчика появляется при изменении размеров контролируемой детали вследствие износа. Тензорезистивные датчики при этом могут применяться в виде «свободных» и в виде «наклеиваемых» датчиков. «Свободные» датчики выполняются в виде одной или ряда проволок, закрепленных по концам между контролируемыми деталями, «наклеиваемые» – наклеиваются на контролируемую деталь. Естественной входной величиной «свободных» ков является весьма малое перемещение одной контролируемой детали по отношению к другой, «наклеиваемых» датчиков – деформация при изменении размеров детали, связанной с износом. Тензорезистивные датчики могут быть проволочными и пленочными, изготовленными из металлических и полупроводниковых материалов. На рис. 3.7 показана конструкция наклеиваемого фольгового тензорезистивного датчика применяемого для контроля износов.

Рис. 3.7. Фольговый тензодатчик

Принцип кодирования, применяемый в кодовой линейке, аналогично описанному выше принципу у кодовых дисков. При использовании интерференционных методов измеряемый размер сравнивается с длиной световой волны, а при применении методов компарирования используются приборы – компараторы, состоящие из двух микроскопов или фотоэлектрических преобразователей, которые могут перемещаться вдоль стержня или балки.

Исследовать форму и определять размеры контролируемых деталей позволяет голографическая интерферометрия. Основой методов голографической интерферометрии является интерферометрическое сравнение изображений деталей, полученных при различных условиях регистрации. Возможность метрологического сравнения дают контурные линии, формирующиеся на голографическом изображении детали в результате интерференции волн и являющиеся своеобразной отсчетной сеткой [27].

Определение динамики процесса коррозии в эксплуатационных условиях осуществляется путем сопоставления результатов систематических измерений глубины коррозионных повреждений металла. Для точного фиксирования повреждений и контроля за изменением глубины и площади периодически делают фотографические снимки, эскизы, слепки и оттиски с наиболее типичных повреждений. Измерение глубины коррозионных повреждений может осуществляться ранее описанными методами или с использованием методов рентгено- и гамма дефектоскопии, определяющих дефекты, величина которых в среднем равна 2 % от толщины просвечиваемого материала. Краткое описание рентгено- и гамма дефектоскопии приведено ниже.

3.2.3.2. Контроль нагрузок

Контроль нагрузок предполагает измерение сил, давлений и крутящих моментов. Методы измерения этих параметров весьма сходны между собой, и основаны либо на непосредственном измерении, либо на измерении деформаций упругих элементов, подвергающихся их воздействию. Выбор того или иного метода определяется конкретной задачей, а также характером изменения измеряемого параметра во времени.

Для измерения сил и давлений чаще используются пьезоэлектрические и магнитоупругие преобразователи, непосредственно реагирующие на эти параметры.

Принцип устройства пьезоэлектрического преобразователя (датчика) показан на рис. 3.8. Преобразователь представляет собой две токопроводящие пластины, между которыми помещен кристалл или текстура, электризующиеся под действием механических напряжений. Кристаллами, обладающими таким эффектом, например, являются кварц, турмалин и др. При изготовлении пьезодатчиков чаще всего используют сегнетоэлектрические пьезокерамики, представляющие собой продукт отжига спрессованной смеси, состоящей из мелкораздробленного сегнетоэлектрического кристалла с присадками. Отличительным свойством пьезокерамики по сравнению с естественными кристаллами является значительно большая чувствительность.

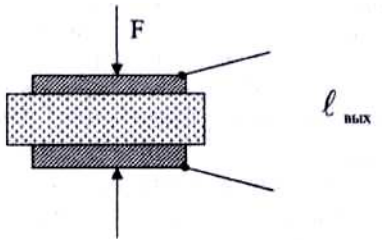

Рис. 3.8. Устройство пьезоэлектрического преобразователя.

Действие магнитоупругих преобразователей основано на изменении магнитной проницаемости ферромагнитных тел в зависимости от возникающих в них механических напряжений (магнитнитоупругий эффект), обусловленных действием механических сил. Разновидности магнитоупругих преобразователей индуктивного (*а* и *б*) и трансформаторного типа (*в* и *г*) показаны на рис. 3.9.

Первые из них работают как переменные индуктивные сопротивления, величина которых определяется приложенной к сердечнику силой**,** вторые как трансформаторные преобразователи с переменной взаимоиндуктивностью между обмотками. На рис. 3.10 показаны конструкции датчиков, устанавливаемого (*а*) и наклеиваемого (*б*) на контролируемую деталь.

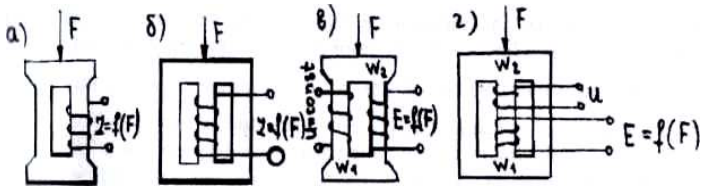

Рис. 3.9. Магнитоупругие преобразователи

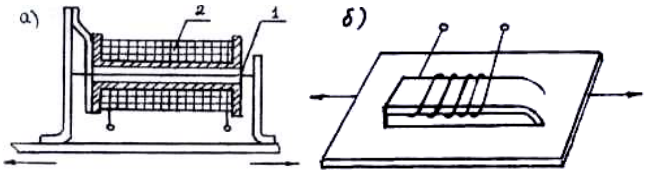

Рис. 3.10. Тензометрические магнитоупругие датчики.

В устанавливаемом датчике (*а*) в качестве сердечника 1 катушки 2 применяется проволока, а в датчике (*б*) – тонкий лист пермаллоя, наклеиваемый на деталь.

В методах, основанных на измерении деформаций материала упругих элементов, используются детали установки или оборудования с размещенными на них тензорезисторами или специальные упругие элементы.

Крутящие моменты измеряют путем измерения напряжений в материале валов при помощи наклеенных на них тензорезисторов или магнитоупругих датчиков с магнитным съемом сигнала. Магнитоупругие датчики, как правило, используются для измерения больших крутящих моментов.

Измерение сил, давлений и крутящих моментов может также осуществляться их предварительным преобразованием в перемещение или методом уравновешивания, при котором используются магнитоэлектрические обратные преобразователи. Типовые структурные схемы измерения этих параметров и принципиальные конструкции датчиков показаны на рис. 3.11.

В тех случаях, когда измеряемая величина не совпадает с естественной входной величиной преобразователя, приходится применять предварительное преобразование, показанное на рис. 3.11. Это относиться, например, к преобразователям, естественной входной величиной которых является давление, а измеряемой величиной сила

или крутящий момент. При использовании деформации упругого элемента измерению могут подвергаться как относительные деформации $\Delta\lambda/\lambda$ или механические напряжения σ , возникающие в теле упругого элемента (рис. 3.11, б), так и абсолютное изменение размеров или положений упругого элемента. В первом случае используются тензорезисторы различных типов, во втором – индуктивные, емкостные, фотоэлектрические и другие преобразователи перемещения.

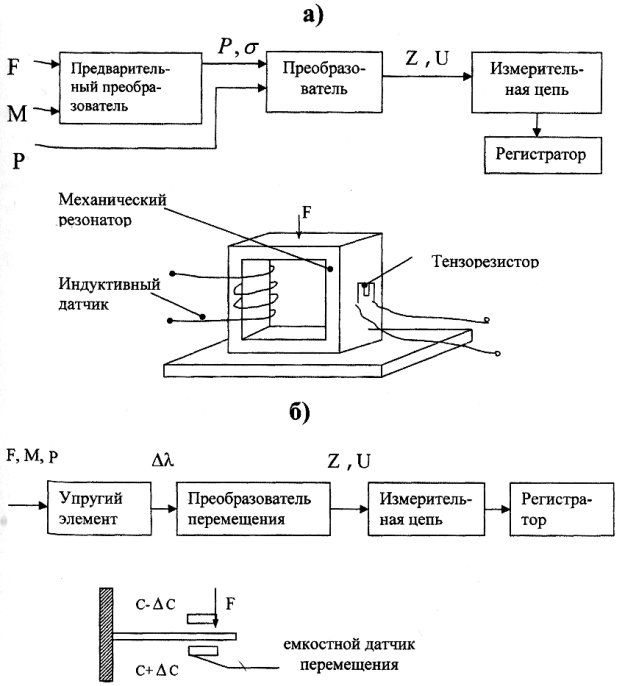

Рис. 3.11. Типовые структурные схемы измерения сил, крутящих моментов, давлений и принципиальные конструкции датчиков:
а) метод, основанный на измерении естественной входной величины
б) метод, основанный на измерении деформации упругого элемента F – сила; M – крутящий момент; P – давление; σ – напряжение; $\Delta\lambda$ – перемещение; Z – сопротивление; U – напряжение; f – частота; C – емкость; ΔC – изменение емкости

При применении метода уравновешивания с помощью магнитоэлектрических обратных преобразователей преобразуется ток в силу или момент. Сила возникает при взаимодействии электрического тока, протекающего по катушке 1 преобразователя, с полем постоянного магнита 2. При этом измеряемая сила (или момент) уравновешивается силой (моментом) взаимодействия протекающего через катушку тока с полем постоянного магнита. Таким образом, измерение тока в момент уравновешивания позволяет измерить силу или момент. Принцип действия преобразователя, уравновешивающего силу, показан на рис. 3.12.

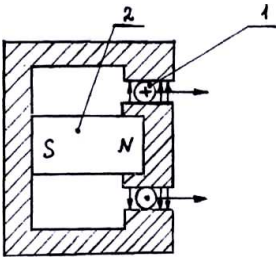

Рис. 3.12. Принцип действия магнитоэлектрического обратного преобразователя

3.2.3.3. Контроль параметров движения

Для предотвращения аварий опасных технологических установок часто бывает необходимо контролировать параметры поступательного, вращательного и колебательного движения ее деталей и элементов конструкции. Методы контроля параметров движения по естественной входной величине делятся на две группы. К первой относятся методы, основанные на непосредственном контакте между движущимся объектом и системой, принятой за неподвижную. Контакт при этом может быть механическим, акустическим, оптическим, радио или другим. Входной величиной этих методов является перемещение. Ко второй группе относятся методы, не требующие непосредственного контакта с неподвижной системой отсчета. Они носят названия *инерциальных* методов**.** Входной величиной, в этом случае является сила инерции. При осуществлении контроля обычно измеряется параметр, наиболее легко поддающийся измерению. Все остальные

параметры получают путем дифференцирования или интегрирования с использованием операционных звеньев.

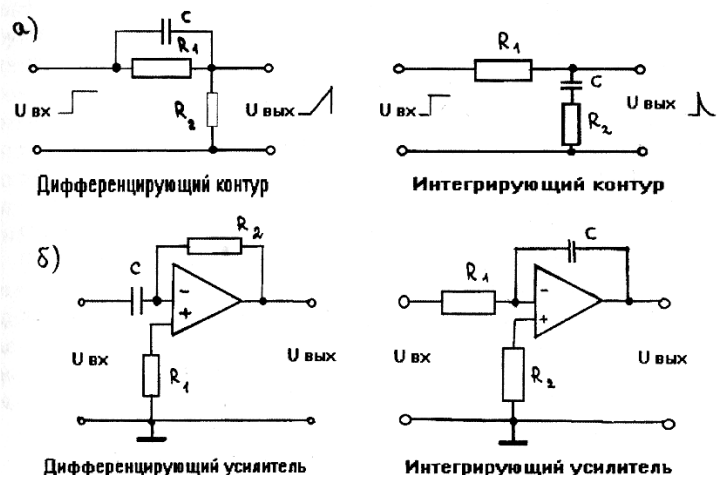

Рис. 3.13. Пассивные и активные электрические операционные

В качестве последних используются дифференцирующие и интегрирующие электрические цепи (рис. 3.13, а) и операционные усилители (рис. 3.13, б), а также некоторые виды преобразователей. Так свойством интегрировать входную механическую величину обладают некоторые механические колебательные системы, дифференцировать индукционные преобразователи. Интегрирующими свойствами обладают также различные виды указателей: вибраторы, цифровые указатели и др.

Измерение перемещения при взаимном движении различных узлов механизмов обычно осуществляют теми же методами, что и измерение линейных и угловых размеров. Измерение скорости поступательного движения производится как дифференцированием пути, так и интегрированием ускорения этого движения. Измерение пути и скорости поступательного движения при использовании инерциальных методов производится только путем интегрирования измеряемого ускорения.

Осуществление тех или иных технологических процессов может быть связанно с движением жидкостей или газов. Основными

параметрами, которые контролируются при этом, являются расход и общее количество протекшего вещества. Иногда контролируется скорость потока. Расход измеряется непосредственно. Количество жидкости или газа определяется, как правило, путем интегрирования расхода. Приборы, предназначенные для измерения расхода, носят название *расходомеров*.

Расходомеры, чаще всего применяемые для контроля технологических процессов, могут быть с преобразованием в перепад давления, в скорость вращательного или возвратно-поступательного движения, со сносом излучения, тепловыми и индукционными.

Расходомеры с преобразованием в перепад давлений чаще всего состоят из некоторого сужающего устройства (диафрагма, сопло и др.) и дифференциального манометра, измеряющего перепад давления, создаваемый сужающим устройством. Объемный и массовый расходы при этом выражаются соответственно зависимостями:

$$Q = as\sqrt{2/\rho\Delta p} \quad \text{и} \quad M = as\sqrt{2\rho\Delta p}$$

где a – коэффициент расхода; s – площадь сечения сужающего устройства; ρ – плотность вещества; Δp – перепад давления. Подобные расходомеры находят применение для измерения расходов как жидкостей, так и газов при температурах до сотен градусов и давлениях до десятков мегапаскалей.

Наиболее распространенной разновидностью расходомеров с преобразованием в скорость вращательного или возвратно-поступательного движения являются тахометрические расходомеры с турбинными преобразователями (крыльчатками). Они находят применение в трубопроводах и в открытых каналах для измерения расходов различных жидкостей при давлениях до 50 МПа и температурах от 240 °С до +500 °С. Принцип действия расходомера основан на преобразовании линейного движения жидкости во вращательное движение крыльчатки и далее в э.д.с. обычно с помощью индукционных преобразователей. Кроме того, используются частотные, т.е. с преобразованием в частоту, и стробоскопические тахометры. Применяются также шариковые, поршневые и др. разновидности расходомеров.

Расходомеры со сносом излучения основаны на измерении интенсивности ультразвукового излучения или ионизационного тока,

исправляемого поперек потока. Для измерения используются, как правило, дифференциальные преобразователи с двумя приемниками излучения или ионизационного тока.

Ионизационный расходомер, принципиальная схема которого показана на рис. 3.14, состоит из помещенных в поток газа приемных электродов и дифференциальной измерительной цепи. На общий электрод (корпус) нанесен слой радиоактивного вещества, ионизирующего пространство между электродами. Электрическое поле, создаваемое между электродами, заставляет ионы двигаться поперек потока со скоростью пропорциональной подвижности ионов и напряженности поля. Измерительная цепь, создающая разность токов обоих приемных электродов, при отсутствии потока уравновешивается. При движении потока ионы приобретают дополнительную скорость в направлении потока, и ток левого на рисунке электрода уменьшается, а ток правого – возрастает.

Кроме рассмотренных расходомеров также применяются тепловые и индукционные расходомеры. Тепловые расходомеры по принципу действия делятся на калориметрические, которые величину расхода измеряют по изменению температуры потока, и термоанемометры, измеряющие величину скорости потока по изменению температуры подогреваемого тела, помещенного в поток.

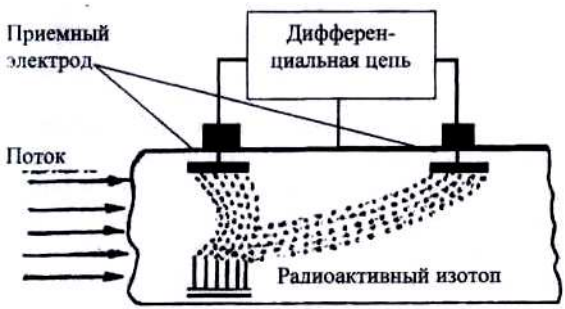

Рис. 3.14. Принципиальная схема устройства расходомера со сносом излучения

Индукционные расходомеры основаны на возникновении между полюсами электромагнита, питаемого переменным током, э.д.с.,

пропорциональной скорости движения потока электропроводной жидкости в трубопроводе, из немагнитного материала.

Особое место в диагностике и контроле повреждений занимает контроль вибраций. При этом контролироваться могут как механические, так и гидродинамические вибрации, носящие периодический, случайный или импульсный характер.

В настоящее время разработаны высокочувствительные методы контроля вибраций всех типов.

Для измерений виброперемещений используют датчики с реостатными, тензорезисторными, индуктивными, фотоэлектрическими, индукционными и другими типами преобразователей.

Для измерения виброускорений применяются те же приборы, что и для измерения ускорений поступательного движения. Наиболее широкое распространение получили пьезоэлектрические акселерометры, отличающиеся простотой и надежностью конструкции, высокой чувствительностью, малыми габаритами и массой. При контроле низкочастотных процессов применяются акселерометры с параметрическими преобразователями, снабженными цепями коррекции.

При контроле вибраций опасных технологических установок, как правило, используют несколько типов датчиков, устанавливаемых на их наружных поверхностях. Применение разных датчиков позволяет получить достоверную и полную информацию о состоянии установки. Информация снимается периодически и сопоставляется для правильной интерпретации результатов с начальными измерениями вибрационных характеристик.

Для контроля износа и крепления деталей применяются датчики детектирования слабо закрепленных и изношенных деталей.

3.2.3.4. Контроль прочности

Контроль прочности элементов конструкции и деталей технологических установок обычно связан с контролем таких диагностических параметров, как деформации и напряжения, контролем циклической усталости, не разрушающим контролем материалов.

Методы контроля деформаций и напряжений, как правило, основаны на использовании различных типов тензорезисторов,

струнных или индуктивных тензометров. Тензорезисторы применяются для контроля внутренних динамических напряжений и малых деформации, струнные тензометры – статических деформаций. Диапазон контролируемых относительных деформаций (1,5...50,0) %, напряжений до 150 МПа. Типовая схема измерения деформаций приведена на рис. 3.15.

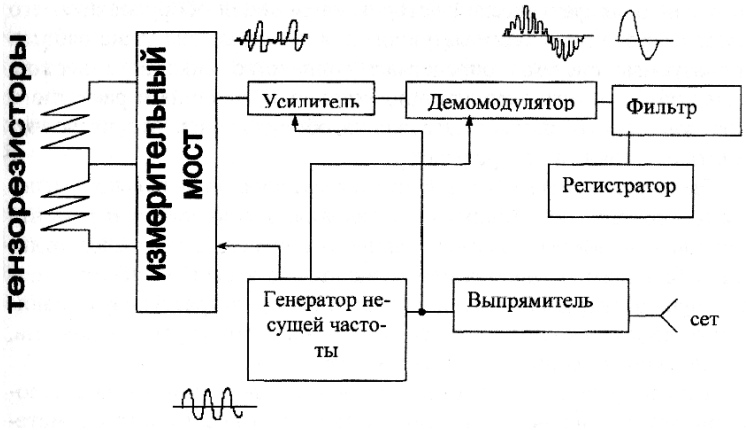

Рис. 3.15. Типовая структурная схема измерения деформаций

При измерениях линейно-напряженного состояния деталей тензисторы наклеиваются на контролируемый объект в направлении действия напряжения. При контроле сложного напряженного состояния, когда направления главных напряжений неизвестны, используется розетка тензорезисторов.

Тензорезисторы обычно включаются в мостовую цепь. Для уменьшения температурной погрешности в соседнее плечо моста включается такой же преобразователь, наклеенный на тот же самый материал и помещенный в те же температурные условия, что и рабочим преобразователь. Измерительный мост питается переменным напряжением от генератора несущей частоты. Модулированный сигнал несущей частоты с измерительной диагонали моста подается на вход усилителя, где усиливается, а затем демодулируется фазочувствительным демодулятором и через фильтр поступает на вход регистратора, в качестве которого обычно используются шлейфные

осциллографы. Цепи усилителя и генератора несущей частоты питаются от выпрямителя.

Обычно деформации и напряжения контролируются в нескольких точках детали или машины, поэтому приборы для их измерения (тензостанции) выполняются многоканальными и содержат до 24 измерительных каналов, типовая структурная схема одного из которых приведена на рис. 3.15.

Контроль циклической усталости производится с целью обеспечения надежности работы оборудования в течение всего срока службы путем контроля фактической истории нагружения оборудования, его тензометрирования и термометрирования на начальном этапе работы. Используемые системы определяют количество циклов за период, прошедший с начала эксплуатации установки, от общего расчетного числа допустимых циклов нагружения оборудования, что позволяет оценить остаточный ресурс работы.

Неразрушающие методы контроля материалов позволяют распознавать аномалии на стадиях изготовления, эксплуатации и ремонта оборудования. Методы неразрушающего контроля материалов отличаются большим разнообразием и включают в себя магнитную порошковую, электромагнитную, радиационную, ультразвуковую, капилярную дефектоскопию, методы магнитного структурного анализа, акустической эмиссии, визуальный контроль.

При визуальном контроле с помощью эндоскопов на базе волоконной оптики можно осуществлять дистанционный контроль материала оборудования, находящегося как в ремонте, так и в эксплуатации. Этот метод контроля позволяет получать информацию о состоянии материала труднодоступных поверхностей, трубопроводов и т.п.

Одним из перспективных методов является метод акустической эмиссии. Акустическая эмиссия представляет собой явление освобождения энергии вследствие возникновения и распространения пластических деформаций и трещин при деформировании материала. Освобожденная энергия в виде акустических волн распространяется в материале и может быть зарегистрирована пьезодатчиками, размещенными на поверхности контролируемой детали. Информативными параметрами регистрируемого сигнала являются амплитуда, интенсивность, энергия и количество импульсов.

Основное достоинство метода заключается в регистрации развивающихся дефектов, представляющих реальную опасность для работоспособности конструкции. По современным представлениям механики разрушения любой материал, любая конструкция имеют в своей структуре дефекты. Поэтому для сохранения их работоспособности в течение срока эксплуатации необходимо, чтобы время развития этих дефектов до критически опасных размеров было больше ресурса конструкции.

Метод контроля акустической эмиссии позволяет дистанционно в реальном масштабе времени контролировать одновременно всю исследуемую конструкцию без сканирования ее поверхности, поставляя главную информацию о возможности наступления аварийной ситуации

Широкое применение в целях диагностирования и контроля повреждений получила рентгено и гамма дефектоскопия. Она позволяет определять дефекты в деталях и конструкциях из различных материалов, сварных соединениях, контролировать правильность сборки механизмов, нарушения геометрии, взаимосвязи отдельных деталей и их износ.

Определение дефектов в материалах с помощью радиационного контроля основывается на разнице поглощения рентгеновских и гамма излучений при прохождении через материалы, отличающиеся различной плотностью и толщиной. Характер изменения интенсивности излучения при прохождении через дефект показан на рис. 3.16.

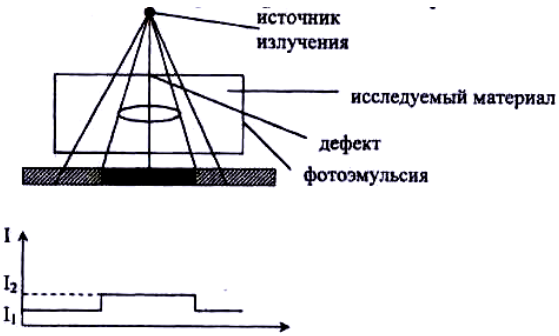

Рис. 3.16. Схема изменения интенсивности излучения при прохождении через дефект в материале. *I* – интенсивность излучения

Рентгеновский метод применяют для контроля металла конструкций и сварных соединений толщиной до 20 мм, гамма метод больших толщин, а также контроля элементов конструкций, расположенных в труднодоступных местах.

Ультразвуковые методы неразрушающего контроля материалов основаны на законах распространения упругих колебаний и волн в упругих средах. Они делятся на активные, использующие излучение и прием акустических волн, и пассивные методы, основанные только на приеме акустических волн. Ультразвуковые методы достаточно хорошо разработаны и с успехом применяются в различных отраслях машиностроения.

Магнитная порошковая дефектоскопия главным образом используется при контроле готовой продукции, но может быть использована и как профилактический метод обнаружения усталостных трещин в деталях машин без их разборки.

Метод основан на выявлении магнитного поля рассеяния над дефектом ферромагнитными частицами, играющими роль индикаторов. В намагниченном изделии магнитные силовые линии, встречая дефект, огибают его как препятствие с малой магнитной проницаемостью и образуют над ним магнитное поле рассеяния (рис. 3.17).

Электромагнитные методы дефектоскопии делятся на феррозондовые и индуктивные. Физическая сущность феррозондовых методов также состоит в создании магнитного поля и обнаружении его аномалии в области дефекта. Отличие заключается в использовании для обнаружения дефекта пары дифференциально соединенных миниатюрных феррозондов.

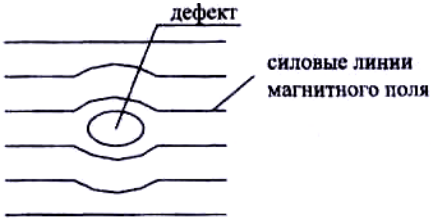

Рис. 3.17. Магнитное поле рассеяния внутреннего дефекта

Индуктивные методы используют влияние дефектов на вихревые потоки, возбуждаемые в исследуемом участке металла с помощью катушки, питаемой током высокой частоты.

Область применения индуктивных методов та же, что и у метода магнитной порошковой дефектоскопии.

Магнитный структурный анализ основан на связи между структурой металла и его магнитными свойствами. Он включает в себя три группы методов: методы, в которых используется магнитное поле рассеяния намагниченной детали; методы, основанные на использовании остаточной намагниченности и методы, при которых используется индуктивное действие переменных магнитных полей. Последние могут использоваться для диагностики как ферромагнитных, так и неферромагнитных материалов.

Образование трещин при изготовлении и эксплуатации деталей и технологических установок и оборудования происходит в большинстве случаев в поверхностных слоях материала. Размеры начальных трещин так малы, что выявление их невооруженным глазом невозможно, а применение оптических инструментов не позволяет выявить из-за недостаточной контрастности изображения и малого поля зрения при больших увеличениях. Неферромагнитные свойства многих конструкционных материалов не позволяют использовать магнитные методы, а сложность формы деталей и особенности состояния поверхности – акустические и электроиндуктивные методы. В этих случаях используются капилярные методы дефектоскопии, основанные на искусственном повышении контрастности дефектного и неповрежденного участков путем нанесения на них специальных составов и изменения таким образом светоотдачи дефектных участков. В качестве контрастных составов используют свето и цветоконтрастные индикаторные вещества, представляющие собой жидкие органические люминофоры и красители. Для усиления проявления дефектов применяются проявители, обладающие сорбционными свойствами. В зависимости от применяемых индикаторов капилярная дефектоскопия делится на люминисцентную и цветовую.

Периодический и непрерывный контроль материала опасной технологической установки представляет собой комплексную простому и часто требует применения нескольких методов, выбор которых определяется типом материала, доступностью

контролируемых поверхностей, возможностью автоматизации способов сканирования в (зоне контроля и другими обстоятельствами.

3.2.3.5. Контроль температур

Одним из важнейших диагностируемых параметров является температура. Огромный диапазон температур, который требует конроля в производственных процессах, обусловил большое разнообразие методов их измерения.

При контроле сверхнизких температур (от 0 до 10 К) используются методы, основанные на применении терморезисторов, магнитной термометрии, термошумовых термометров. Низких температур (от 10 до 800 К) – металлических и полупроводниковых терморезисторов, термопар или термобатарей, термошумовых термометров. (Средине (500-1600° К) и высокие (1600-2500° К) температуры контролируются с использованием термоэлектрического метода, основанного на применении термопар, высокотемпературных и жаростойких материалов, защищающих термоэлектроды от разрушающего химического и термического воздействия среды.

Широкое распространение при контроле температур получили бесконтактные оптические методы, основанные на законах теплового излучения. Эти методы не требуют введения датчика в контролируемую среду и характеризуются очень малой тепловой инерционностью, часто имеющей решающее значении в предупреждении развития аварийных процессов. Принципиальная схема одного из применяемых при этом приборов – радиационного пирометра показана на рис. 3.18.

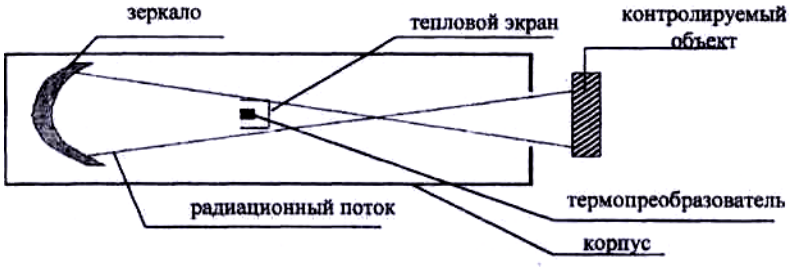

Рис. 3.18. Принципиальная схема радиационного пирометра

Радиационный поток, падающий от контролируемого объекта, отражается зеркалом и фокусируется на термопреобразователе и нагревая его. Изменение сопротивления терморезистора или э.д.с. на выходе батареи термопар, включенных в измерительную цепь, преобразуется в информацию о температуре объекта. Зеркало и термопреобразователь располагаются в корпусе (трубе), внутренняя поверхность которого для исключения влияния отраженных от нее лучей покрыта зачерненными ребрами, а термопреобразователь защищен со всех сторон, кроме основной, тепловым экраном.

В практике измерений также находят применение яркостные пирометры основанные на сравнении в узком участке спектра яркости контролируемого объекта с яркостью образцового излучателя, и цветовые пирометры, основанные на измерении отношения интенсивностей излучения на двух длинах волн, обычно выбираемых в красной и синей областях спектра. Специфические разновидности яркостного и цветового методов используются для измерения высоких температур (более 2500 °С) пламени и газовых сред.

3.2.3.6. Контроль состава и концентрации веществ

Применяется в технологических процессах, требующих непрерывного поддержания характеристик рабочих сред или продуктов, непосредственно влияющих на безаварийную работу технологической установки.

Многообразие анализируемых веществ и широкий диапазон концентраций обусловили возникновение многочисленных и чрезвычайно разнообразных методов, основанных на использовании различных физико-химических явлений и свойств веществ, наибольшую чувствительность и избирательность среди которых позволяют обеспечить внутриатомные и внутриядерные эффекты и свойства.

К числу наиболее распространенных методов относятся электрохимические и электрофизические методы.

Электрохимические методы основаны на применении электрохимических преобразователей и принципов автоматического титрования

Электрохимические методы широко применяются для анализа веществ в жидких средах, для измерения концентраций ряда газов и влажности. Эти методы особенно пригодны для автоматического

анализа веществ поскольку используют относительно простые средства измерений, выходной величиной которых являются электрический ток или напряжение. При этом в ряде случаев не требуется внешних источников питания. Основными электрохимическими методами являются кондуктометрический, кулонометрический и потенциалометрический методы.

Кондуктометрический метод измерений концентраций электролитов основан на зависимости электропроводности электролитов от их состава их концентрации отдельных компонентов. Приборы, основанные на этом методе, называются кондуктометрическими концентратомерами, соленомерами, газоанализаторами и влагомерами. В качестве преобразователей в этих приборах используются электролитические резистивные преобразователи, в зависимости от которых приборы разделяются на контактные и безэлектродные (емкостные и индуктивные).

Кондуктометрический метод измерений концентрации газов использует свойство изменения электропроводности раствора, с которым реагирует определяемый компонент анализируемого газа, а измерений влажности – изменения активного сопротивления преобразователя, между электродами которого размещается контролируемое вещество.

Кулонометрический метод основан на измерении тока или количества электричества при электролизе контролируемого вещества или вещества, реагирующего с ним. На его основе построены кулонометрические приборы – влагомеры (гигрометры) и газоанализаторы. Разновидностью кулонометрических анализаторов являются полярографы, основанные на электролизе исследуемого вещества с помощью полярографических преобразователей, использующих явление поляризации на одном из электродов электролитической ячейки. Суть явления поляризации заключается в изменении электродных потенциалов вследствие изменения приэлектродной концентрации при протекании через электролитическую ячейку электрического тока от внешнего источника.

Потенциалометрический метод предполагает измерение электродных потенциалов гальванических преобразователей, принцип действия которых основан на зависимости э.д.с. в гальванической цепи от концентрации ионов в электролите и окислительно-восстановительных процессов, происходящих на электродах. Этот

метод широко применяется для измерения активности водородных ионов в растворах и пульпе, концентрации ионов химических элементов, титрования, анализа газов, измерения влажности.

Электрофизические методы основаны на использовании зависимости физических свойств веществ (тепловых, диэлектрических, магнитных, плотности, вязкости, упругости, массы и др.) от их состава и концентрации отдельных компонентов или воздействий анализируемых компонентов на измеряемый физический параметр чувствительного элемента.

Тепловые методы анализа основаны на измерении тепловых свойств вещества или на определении температурных изменений при различных физико-химических и фазовых превращениях контролируемого вещества. Они применяются для анализа газов, измерения вакуума, влажности газов. Для измерения концентрации окиси углерода, водорода, металла, этилена, паров бензина и других горючих веществ применяются термохимические газоанализаторы, основанные на измерении с помощью термопреобразователей повышения температуры за счет окисления (горения) анализируемого вещества. Для измерения влажности газов используются основанные на тепловом методе электрические психрометры и гигрометры точки росы.

Магнитный метод широко применяется для измерения концентрации кислорода в газовых средах, определения магнитных включений в немагнитных материалах, в дефектоскопии, магнитном структурном анализе и других областях.

Диэлектрический или емкостной метод основан на зависимости диэлектрических свойств веществ от их состава и концентрации отдельных компонентов. Он широко применяется для измерения концентрации и влажности различных сред. Измерение сводится к определению емкости конденсатора, между обкладками которого помещается контролируемое вещество, выполняющее роль диэлектрика.

Широко распространены ионизационные методы, основанные на ионизации анализируемого вещества и измерении ионного тока, пропроционального концентрации определяемого компонента, а также спектроскопические методы, использующие избирательную способность различных веществ поглощать, излучать, отражать, рассеивать или преломлять различного рода излучения. В качестве примера на рис. 3.19 показана принципиальная схема датчика, в

котором реализован метод ионизации метастабильными атомами, позволяющий измерять концентрации широкого класса веществ. В датчике, показанном на рисунке, в электрическом поле с помощью β-излучения происходит ионизация атомов газа- носителя аргона, вследствие чего создаётся большая концентрация метастабильных атомов аргона, т.е. атомов, находящихся в возбуждённом состоянии, характеризуемым большим временем жизни атома в нём, которые, в свою очередь, ионизуют молекулы анализируемого компонента. Сигнал снимается с коллекторного электрода и подаётся на электрометрический усилитель. В практике измерений широко используются другие варианты реализации ионизационных методов.

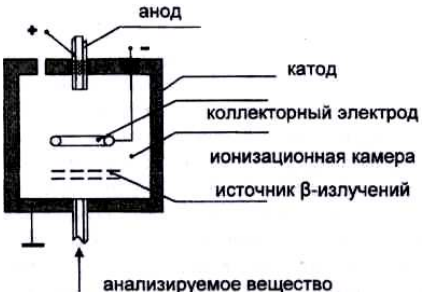

Рис. 3.19. Принципиальная схема датчика для измерения концентрации веществ с использованием метода ионизации метастабильными атомами

К числу спектрометрических методов относятся электроакустический, радиоспектроскопические, электрооптические и радиоактивные методы.

Электроакустический метод, основанный на различии в затухании или скорости распространения ультразвуковых колебаний в различных жидкостях и газах, применяется для анализа бинарных газовых и жидких смесей и измерения влажности. Радиоспектрометрические методы используют явления ядерного магнитного резонанса, электронного парамагнитного резонанса и микроволновой спектроскопии. Электрооптические методы основаны на избирательном поглощении, излучении или рассеянии компонентами анализируемого вещества светового излучения в видимом, инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах волн, а радиоактивные методы- на различии в интенсивности поглощения или отражения ими рентгеновского и радиоактивного излучений. Область применения

методов та же, что и электроакустического метода. В практике измерений находят применение и комбинированные методы.

При необходимости получения высокой точности измерений используется радиоактивационный метод, основанный на использовании внутриядерных явлений.

При диагностике протекания опасных технологических процессов нередко возникает необходимость в контроле уровней рабочих сред, течей и акустических шумов.

Методы контроля уровней рабочих сред, как правило, основаны на применении масштабных и емкостных преобразователей, позволяющих перекрывать диапазон от долей до нескольких метров.

Для своевременного предотвращения аварий важно обнаружить малые течи на работающем оборудовании. Обнаружить малую течь, определить её место и величину позволяет метод акустической эмиссии.

Контроль акустических шумов позволяет надёжно определить отклонения в поведении конструкций и деталей технологической установки и при необходимости срочно задействовать другие методы диагностики и контроля или принять меры к её остановке. Для контроля шумов используются различные типы приборов, которые носят название шумомеров. Шумомеры состоят из акустического датчика (микрофона), усилителя и регистрирующего прибора. Анализ частотного спектра, который изменяется при появлении отклонений в работе технологической установки, осуществляется с помощью приборов, носящих название частотных анализаторов, либо спектрометров. Для спектрального анализа шума анализаторы оснащены набором фильтров.

Наличие опасных веществ, излучений и других опасностей для человека, имеющих место при эксплуатации опасных технологических установок, делает невозможным использование методов, требующих его присутствия в зоне контроля. В этих случаях используют методы, позволяющие осуществлять дистанционную диагностику с применением телевидения, телеуправления, телеконтроля и вычислительной техники. К числу таких методов, например, относятся визуальный контроль с помощью волоконно-оптических линий видеосвязи, ультразвуковые системы контроля и аппаратура с использованием источников ионизирующего излучения с дистанционным управлением.

3.2.4. Противоаварийные системы. Обеспечение и анализ их надёжности

Одним из средств обеспечения противоаварийной устойчивости потенциально опасных объектов экономики и опасных технологических установок является введение в их состав противоаварийных систем (ПАС).

ПАС контролируют аварию, выполняя функции предотвращения перехода этих объектов в критический режим работы, их остановки и ограничения последствий аварии.

Они включают в себя защитные, локализующие, управляющие и обеспечивающие системы.

Защитные системы предотвращают или ограничивают повреждение ПООЭ или опасной технологической установки. Локализующие предназначаются для предотвращения распространения аварии, если она происходит. Управляющие осуществляют приведение в действие ПАС, контроль и управление ими в процессе осуществления заданных функций. Обеспечивающие системы решают задачи обеспечения ПАС всем необходимым (энергией, рабочей средой и т.п.) для сохранения условий их нормального функционирования. Например, в ПАС ядерной энергетической установки защитной системой является система аварийного охлаждения активной зоны; локализующей – защитная оболочка, управляющей – система автоматического дистанционного приведения в действие защитных, локализующих и обеспечивающих систем, одной из обеспечивающих систем – система надёжного электропитания. Атомная станция с ядерными энергетическими установками является наиболее показательным примером ПООЭ. Поэтому в дальнейшем при иллюстрации отдельных положений будем обращаться к этому ПООЭ.

Нормальное состояние ПАС – режим ожидания аварии, а основное требование, которое к ним предъявляется гарантированное срабатывание и предотвращение перехода ПООЭ в критический режим работы, предшествующий аварии.

3.2.4.1. Обеспечение надёжности противоаварийных систем

Все системы и устройства ПАС должны удовлетворять самым высоким требованиям по качеству и надёжности, т.к. они работают в жёстких условиях при механических, тепловых, химических и других

воздействиях, возникающих при авариях. В этой связи к ПАС предъявляется целый ряд специфических требований. ПАС должны срабатывать автоматически, но допускать ручное управление ими.

Срабатывание ПАС не должно приводить к повреждению переходящего в аварийный режим работы ПООЭ или опасной технологической установки, а число срабатываний за время их эксплуатации не должно оказывать влияния на ресурс работы.

Все системы и устройства ПАС должны проходить прямую и полную проверку на соответствие проектным характеристикам при вводе в эксплуатацию, после монтажа, ремонта, модернизации и периодически в течение всего срока службы. Проверки должны осуществляться с использованием заранее разработанных устройств и методик, которые должны обеспечивать возможность проверки работоспособности систем и устройств ПАС на всех этапах эксплуатации; проведение их испытаний на соответствие проектным показателям; проверку последовательности прохождения сигналов и включения в работу.

Исходя из соображений надёжности, ПАС и алгоритмы их работы должны быть предельно просты. Возможные способы достижения высокой надёжности ПАС многообразны. Основные из них показаны на рис. 3.20.

ПАС могут быть построены с использованием активного и пассивного принципа действия. Активный принцип действия предполагает, что для выполнения системой заданной функции необходимо обеспечить некоторые условия. Например, подать команду на включение, обеспечить электроэнергией и т.п. Такие системы, как правило, сложны по конструкции и имеют многочисленные связи с другими системами и устройствами, обеспечивающими их работоспособность

При построении ПАС с использованием пассивного принципа для выполнения ею заданной функции не требуется работа других систем и устройств. Пассивная ПАС функционирует под влиянием воздействий, непосредственно возникающих вследствие исходных событий аварийных процессов. Пассивные ПАС значительно проще активных по конструкции и схемному решению, поскольку отпадает необходимость в разветвлённых управляющих и обеспечивающих системах. Они могут быть построены, например, с использованием силы тяжести, естественной циркуляции рабочей среды, теплового расширения при нагревании и других физических явлений.

Важнейшей мерой обеспечения надёжности ПАС является резервирование её элементов и каналов.

Резервирование может быть структурным, функциональным и временным.

Рис. 3.20. Способы обеспечения надежности противоаварийных систем

Структурное резервирование предполагает применение резервных элементов или каналов в структуре ПАС. Степень резервирования характеризуется кратностью резерва, под которой понимается отношение числа резервных элементов или каналов к числу резервируемых.

Кратность резерва должна быть такой, чтобы, несмотря на единичный отказ, т.е. один независимый от исходного события отказ, ПАС сработала. При этом единичный отказ предполагается в любом узле ПАС, но одновременно только один. Выбор принципа единичного отказа в качестве руководящего для определения кратности резервирования ПАС обусловлен малой вероятностью возникновения единичного отказа в связи с высоким качеством проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации подобных систем. Естественно, что вероятность одновременного возникновения двух независимых отказов при этом условии, тем более становится ничтожно малой, поскольку представляет собой произведение вероятностей каждого из них.

Осуществляя резервирование, необходимо понимать, что введение избыточных резервных элементов одновременно с повышением надёжности повышает и опасность ложных срабатываний резервируемой системы. Для защиты от ложных срабатываний, нарушающих нормальную эксплуатацию и повышающих нагрузки, используются схемы резервирования «2 из 3» или «2 из 4», при которых система срабатывает только в том случае, если сигнал на срабатывание формируется в двух соответственно из трёх или четырёх каналов.

Функциональное резервирование основано на способности отдельных элементов выполнять дополнительные функции, кроме своих основных.

Временное резервирование связано с использованием инерционности протекающих процессов. Резерв времени позволяет обеспечить при необходимости дублирование управляющих систем действиями персонала, даёт персоналу время на осмысливание предпринимаемых действий, позволяет восстановить отказавшие элементы и устройства.

Отказы могут быть не только единичными, но и множественными, вызванными общей причиной. При этом отказывают одновременно несколько элементов системы вследствие одного внутреннего или внешнего воздействия, отказа какого- либо устройства или ошибки человека в процессе проектирования или эксплуатации. Общей причиной могут быть место расположения, условия, источник энергоснабжения, обслуживание, конструкция, технология изготовления, материал и т.п.

Защита ПАС от отказов по общей причине достигается структурно-функциональным и физическим разделением её каналов.

Структурно – функциональное разделение исключает общие элементы и связи в схемах, общие управляющие и обеспечивающие системы. Физическое разделение достигается разнесением структурно-независимых элементов и каналов ПАС в пространстве, созданием между ними физических барьеров, размещением в независимых помещениях.

Структурно – функциональное разделение защищает ПАС главным образом от внутренних отказов, физическое – внешних воздействий.

Исключение зависимых отказов, обусловленных общностью конструкции, ошибками при проектировании и т.п., достигается разнообразием каналов ПАС. Разнообразие предполагает

использование при построении каналов ПАС, выполняющих одни и те же функции, разных конструкторских решений, разных физических принципов, разной элементной базы и т.п. Так, например, при формировании аварийного сигнала управляющими системами могут использоваться параметры разной физической природы: давление и мощность, число оборотов и крутящий момент и т.п.

Повышение безотказности элементов ПАС обеспечивается совершенствованием их конструкции, схемных решений, технологии изготовления и монтажа, технического обслуживания, облегчением условий работы.

Организационно- технические меры включают в себя контроль за состоянием системы, восстановление её работоспособности, а также анализ опыта эксплуатации.

Контроль за состоянием системы предполагает проведение периодического и постоянного контроля. Наибольшей эффективностью обладает постоянный контроль, однако отказы отдельных элементов могут быть обнаружены только при проведении периодических проверок работоспособности с имитацией аварийной ситуации.

Увеличение эффективности периодического контроля достигается автоматизацией процесса проверок и увеличением их частоты.

Для обеспечения восстановления элементов в различных режима, функционирования ПАС они должны удовлетворять определённым требованиям по ремонтопригодности.

Анализ опыта эксплуатации предполагает постоянный сбор и оперативный анализ информации о всех отказах и нарушениях в работе ПАС с целью принятия необходимых корректирующих мер.

3.2.4.2. Анализ надёжности противоаварийных систем

Анализ надёжности ПАС, как и любых других сложных систем, может осуществляться априорно (до) и апостериорно (после) нежелательного события, которым в данном случае является отказ системы. Оба вида анализа дополняют друг друга. При априорном анализе выбираются такие нежелательные события (отказы ПАС), которые являются потенциально возможными для рассматриваемой системы, а затем составляется набор различных сценариев, которые могут привести к их появлению.

Цель априорного анализа надёжности ПАС состоит в том, чтобы определить:

– решения по предупреждению и снижению частоты отказов элементов и системы в целом;

– рациональной кратности резервирования элементов и каналов системы;

– исключению различного рода зависимостей элементов и потенциально возможных отказов по общей причине;

– предотвращению или снижению вероятности отказов из-за ошибок персонала;

– периоду и объёму регламентных проверок работоспособности;

– объёму контроля за состоянием элементов и системы в целом в процессе эксплуатации; времени её вывода в ремонт;

– требуемому уровню надёжности вновь разрабатываемых элементов.

Достижение этих целей позволяет определить возможные причины отказа ПАС, последствия отказа отдельных элементов, а также оценить надёжность системы в целом.

Целью апостериорного анализа является разработка рекомендаций на будущее.

Анализ надёжности ПАС включает качественный и количественный анализ на основе детерминистского и вероятностного подходов.

Детерминистский подход предполагает анализ последовательности развития отказов в системе от исходного состояния через все возможные стадии до конечного установившегося состояния. При этом анализ проводится в предположении проектных аварий и принципа единичного отказа. Проектные исходные события, последующие эффекты, критические пределы безаварийной работы являются следствием накопленного опыта и инженерной интуиции. При детерминистском подходе к анализу надёжности сценарий развития отказов описывается качественно.

При вероятностном подходе рассматриваются всевозможные отказы, а также любое количество отказов с доведением результатов анализа надёжности «до числа». Основой вероятностного подхода является системный анализ всех мыслимых сценариев отказов, а также их последовательное исследование, включая исходные события и пути развития отказов.

Применение вероятностного анализа позволяет установить приоритеты, а также выбрать направления исследования надёжности ПАС и технических способов её обеспечения. Сравнительный анализ возможных технических решений и вероятностные оценки позволяют не только сделать обоснованный выбор решения задачи обеспечения требуемой надёжности ПАС, но и исследовать чувствительность результатов к изменениям тех или иных параметров и действующих факторов. Таким образом, вероятностный подход позволяет выделить наиболее тяжёлый сценарий развития событий, обосновать оптимальную надёжность и соответствующий ей конкретный проект противоаварийной системы. Ограничения в использовании вероятностного подхода связаны с недостаточностью данных для проведения анализа, а также знаний о потенциальной опасности тех или иных отказов, имеющих общие причины. При анализе надёжности ПАС вероятностным и детерминистский подходы используются совместно, дополняя друг друга.

Качественный анализ надёжности ПАС включает в себя следующие этапы:

определение границ системы, её состава, функций, алгоритма работы, критерия отказа;

– классификацию и анализ элементов системы;

– определение возможных отказов по общей причине;

– анализ влияния на состояние системы возможных ошибок персонала в процессе управления, технического обслуживания, проверок и т.п.;

– определение возможных последствий отказов элементов и ошибок персонала;

– анализ структуры системы для выявления слабых звеньев.

Основной проблемой при анализе является установление границ системы. Чрезмерное ограничение приводит к получению разрозненных несистематизированных мер по обеспечению надёжности в результате недостаточного внимания к некоторым опасным сценариям развития событий, чрезмерное расширение к крайней неопределённости анализа.

При анализе элементов системы рассматривают принцип действия, продолжительность работы в аварийном режиме, вид отказов и их причины, характер контроля в процессе работы, ремонтопригодность, влияние периодического контроля на работоспособность элементов.

Классификация элементов по принципу действия делит их на активные и пассивные. Последние при отсутствии у них движущихся частей при количественной оценке, как правило, рассматриваются как абсолютно надёжные.

Режим функционирования ПАС включает в себя режимы ожидания и работы. В режиме ожидания система находится в состоянии постоянной готовности и включается в режим работы при возникновении аварийной ситуации, выполняя возложенные на неё функции. Время, в течение которого ПАС срабатывает, может составлять от нескольких секунд (для управляющих систем) до нескольких месяцев (для защитных систем). По этому признаку элементы делятся на элементы длительного и кратковременного действия.

По характеру за состоянием элементов в режиме ожидания они могут быть неконтролируемыми, периодически контролируемыми и непрерывно контролируемыми, а по ремонтопригодности восстанавливаемыми и невосстанавливаемыми в режиме ожидания и работы.

Периодическая проверка работоспособности элементов ПАС может производиться с выводом и без вывода их действия.

Отказы могут произойти в любом режиме работы системы. Среди отказов в режиме ожидания различают функциональные отказы, после которых элемент не способен выполнить свои функции, и ложные срабатывания, нарушающие нормальный процесс эксплуатации.

Отказы могут быть выявляемыми, обнаруживаемыми в момент их возникновения с помощью предусмотренных средств контроля, и скрытыми, обнаруживаемыми при проведении проверок работоспособности или срабатывании при возникновении аварийной ситуации на ПООЭ или опасной технологической установке (ОТУ).

Для режима работы ПАС характерны выявляемые функциональные отказы.

Классификация элементов по видам отказов производится на основе анализа их причин, т.е. явлений и процессов, вызывающих отказ и его последствия.

Для выявления потенциально опасных отказов и противодействия им производится анализ последствий отказов и ошибок обслуживающего персонала. В соответствии с режимами работы ПАС анализ состоит из двух этапов.

На первом этапе анализируются последствия отказов элементов в режиме ожидания ПАС на процесс нормальной эксплуатации ПООЭ. На втором этапе при каждом из рассматриваемых в проекте исходных событий оцениваются последствия для ПООЭ возникновения одного или более отказов элементов ПАС в соответствии с требованиями нормативных документов для ПООЭ или ОТУ. На каждом этапе учитываются также ошибки персонала и отказы по общей причине.

В процессе анализа надёжности ПАС могут быть допущены грубые ошибки, если все отказы рассматривать как независимые события. Некоторые из них могут происходить по общей причине. Целью анализа отказов по общей причине является их учёт и, главным образом, определение мер предотвращения.

Отказы по общей причине, как уже говорилось, происходят вследствие наличия общего фактора для рассматриваемых систем и устройств. По возможным источникам отказов они могут быть обусловлены:

– внешним или внутренним воздействием, например, землетрясением или соответственно пожаром;

– отказом какого-либо общего элемента или подсистемы, от которых зависит функционирование рассматриваемой системы. Такие отказы носят название структурно-функциональных отказов;

– общностью конструкции с дефектом, обусловленным недостаточностью знаний о происходящих процессах, ошибками в технической документации при разработке системы, использованием неподходящих или некачественных материалов, общностью условий работы. В этом случае отказы называются отказами общего вида;

– ошибками персонала, связанными с общностью способов наладки, калибровки, технического обслуживания, ремонта и других действий в процессе эксплуатации.

Устранение отказов по общей причине возможно при введении специальных мер по исключению различных видов зависимостей между устройствами, каналами, системами. Эффективной мерой защиты ПАС от отказов по общей причине, обусловленных возникающими при аварии ПООЭ окружающими условиями, является разделение её каналов с размещением их в независимых помещениях. Естественными мерами защиты являются ослабление действующих на ПАС условий, возникающих при аварии, и обеспечение необходимых запасов устойчивости. Отказы, связанные с общностью конструкции, техническим обслуживанием, проверками предотвращаются

использованием разных принципов действия; разных физических явлений, на которых основано срабатывание; привлечением для проверок системы разных исполнителей.

При анализе структуры ПАС широко используется так называемое «дерево отказов» или последовательно-параллельная логическая схема. Это связано с тем, что любой отказ реализуется при наличии определённых условий или причин. Поэтому между ними всегда существует причинно-следственная связь. Всякий отказ выступает следствием некоторой причины, которая является следствием другой причины и т.д. Таким образом, причины и отказы образуют иерархические структуры, графическое изображение которых напоминает ветвящееся дерево, получившее название «дерева отказов».

Связь элементов в дереве отказов осуществляется с помощью логических операторов «И», «ИЛИ» и других. В простейших случаях, ограниченных применением операторов «И» и «ИЛИ», может быть построена последовательно-параллельная логическая схема, более наглядная при представлении критических групп элементов.

Оператор «И» обозначает операцию логического умножения (конъюнкции) и применяется при параллельном соединении элементов, когда отказ системы связан с отказом всех элементов.

Оператор «ИЛИ» обозначает операцию логического сложения (дизъюнкции) и применяется при последовательном соединении элементов системы, когда отказ системы связан с отказом хотя бы одного из её элементов.

Построение дерева отказов начинается с определения отказа системы, который представляет собой вершину дерева. Затем определяются виды отказов каналов, блоков, элементов, ошибок персонала, которые могут привести к отказу системы. Осуществляется последовательная углублённая детализация причин отказа системы с использованием логических операторов, создающая ветви дерева. Дальнейшие действия, создающие основание дерева, связаны с разветвлением его ветвей до уровня элементов и событий, для которых существуют вероятностные характеристики.

В качестве примера рассмотрим простейшую противоаварийную систему, состоящую из управляющей подсистемы и исполнительного органа, обеспечивающих отключение опасной технологической установки при переходе её в аварийный режим работы. Управляющая система имеет основной и резервный каналы, каждый из которых

состоит из датчика, реагирующего на аварийный параметр ОТУ, и блока, формирующего управляющий сигнал. Исполнительный орган активный, питающийся от основного и резервного источников питания. Под отказом ПАС будем понимать несрабатывание исполнительного органа. Дерево отказов такой системы и последовательно-параллельная логическая схема представлены на рис. 3.21 и 3.22.

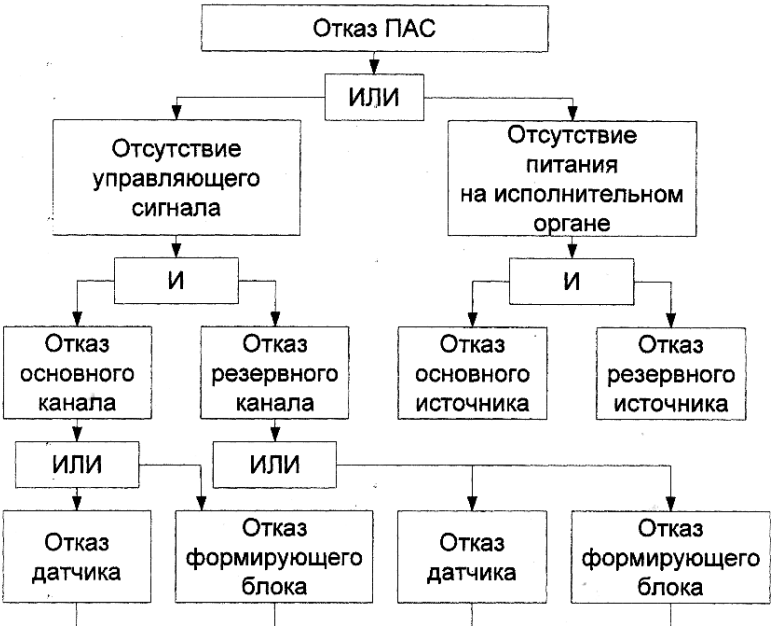

Рис. 3.21. Дерево отказов ПАС

Использование дерева отказов и последовательно-параллельных схем позволяет в графическом виде представить условия работоспособности и неработоспособности системы, т.е. правила, позволяющие определить её состояние в зависимости от состояния элементов; последовательно проследить всевозможные комбинации отказавших элементов, ошибок персонала, вызывающих отказ системы в целом; установить критическую группу элементов, отказ которых приводит к отказу системы.

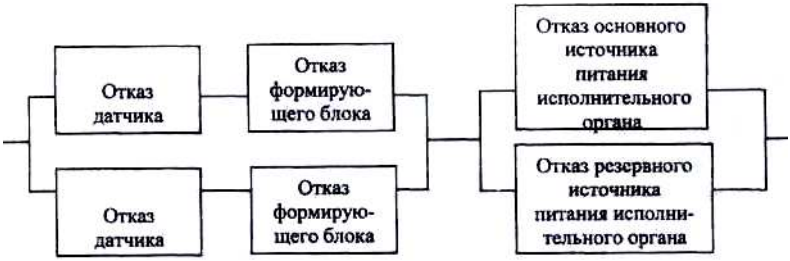

Рис. 3.22.Последовательно-параллельная структурно-логическая схема ПАС

Количественный анализ

Необходимыми этапами количественного анализа являются:

– качественный анализ;
– построение дерева отказов;
– определение показателей надёжности;
– определение характеристик регламента эксплуатации;
– расчёт надёжности.

Качественный анализ позволяет составить расчётную модель противоаварийной системы. Дерево отказов или параллельно-логическая схема сформулировать условия работоспособности системы и выполнить расчёт надёжности по показателям надёжности её элементов. Определение показателей надёжности элементов осуществляются на основе опыта эксплуатации и опыта эксплуатации их аналогов.

Основными показателями надёжности являются безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость. При этом наиболее употребляемыми из них является безотказность и ремонтопригодность.

В качестве показателей безотказности элемента, устройства, системы используются вероятность отказа $P(t)$ или вероятность безотказной работы $R(t)$ на интервале времени (0,1), интенсивность отказов $\lambda(t)$ в момент t и средняя наработка до отказа $T_{ср}$.

Вероятность безотказной работы и вероятность отказа связаны соотношением:

$$R(t) = 1 - P(t). \qquad (3.1)$$

Интенсивность отказов представляет собой количество отказов, приходящихся на единицу времени работы, т.е.

$$\lambda(t)=\frac{\Delta n}{\Delta t\cdot n(t)}=\frac{n(t)-n(t+\Delta t)}{\Delta t\cdot n(t)}=\frac{\frac{n(t)}{N_0}-\frac{n(t+\Delta t)}{N_0}}{\Delta t\cdot\frac{n(t)}{N_0}}=\frac{R(t)-R(t+\Delta t)}{\Delta t\cdot R(t)};$$

где Δn – количество отказов за время Δt,

$n(t)$ и $n(t+\Delta t)$ – количество работоспособных элементов соответствен–но в моменты времени t и $t+\Delta t$, N_0 – начальное количество элементов в момент времени t_0.

Устремив Δt к нулю и переходя к пределу, получим выражение для $\lambda(t)$

$$\lambda(t)=-\frac{R'(t)}{R(t)}\ \text{ или }\ \lambda(t)=-\frac{P'(t)}{1-P(t)},\qquad(3.2)$$

где $R'(t)$ и $P'(t)$ – соответственно производные от функций $R(t)$, $P(t)$.

Таким образом, интенсивность отказов численно равна вероятности того, что элемент, проработавший безотказно до момента I, откажет в следующую малую единицу времени.

Интегрируя $\lambda(t)$ в пределах от 0 до 1, получим:

$$\int_0^t\lambda(t)dt=-\ln\big(R(t)\big)\ \text{ или }\ -\int_0^t\lambda(t)dt\ .\qquad(3.3)$$

При λ = co*nst*,

$$R(t)=e^{-\lambda\cdot t}\ .\qquad(3.4)$$

Средняя наработка до отказа

$$T_{cp}=\int_0^\infty R(t)dt\ .\qquad(3.5)$$

При

$$T_{cp} = \int_0^{\infty} e^{-\lambda \cdot t} dt = 1/\lambda, \; R(t) = e^{-\lambda \cdot t} \qquad (3.6)$$

Элементы противоаварийных систем обычно высоконадёжны. Поэтому для них справедливо неравенство $\lambda \cdot t << 1$, что позволяет вероятность отказа записать в виде:

$$P(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\lambda t} \approx \lambda t \qquad (3.7)$$

с относительной погрешностью $\frac{\lambda t}{2}$.

В качестве показателя ремонтопригодности чаще всего используется среднее время восстановления (τ).

Интенсивность отказов в функции времени имеет вид, показанный на рис. 3.23.

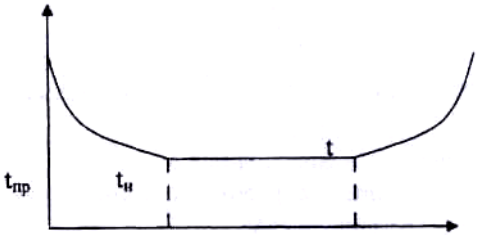

Рис. 3.23. Зависимость интенсивности отказов от времени работы $\lambda = f(t)$

Из рисунка видно, что всё время работы элемента может быть разбито на 3 характерных периода: период приработки или «детства» (0, $t_{пр}$), период нормальной работы ($t_{пр}$, $t_н$) и период старения (износа).

В период приработки отказы происходят в основном в результате недостаточного качества, ошибок в расчётах, использования неправильных режимов работы, недостатков технологии. Для этого периода характерно, что большинство повреждений повторяется при замене отказавшего элемента и носит устойчивый характер. Причина отказа более или менее легко выявляется и при её устранении отказы не наблюдаются. Период приработки длится относительно недолго и после него наступает период нормальной работы.

В период нормальной работы закономерные отказы практически отсутствуют и наблюдаются только случайные отказы. Интенсивность отказов в период нормальной работы относительно невысока и остаётся почти постоянной с течением времени.

В период старения интенсивность отказов резко возрастает и определяется износом, связанным с необратимыми физико-химическими процессами, происходящими в элементе. В этой связи все элементы, важные для нормальной работы ПАС, должны сниматься с эксплуатации до начала наступления этого периода.

В период нормальной работы элемента $R(t) = e^{-\lambda t}$, т.е. описывается экспоненциальным законом. Надёжность в пределах справедливости экспоненциального закона не зависит от времени работы элемента до момента отказа, что позволяет очень просто выполнять расчёты надёжности систем, если известна надёжность составляющих её элементов.

Рассмотрим основные простейшие виды соединений элементов в систему и найдём показатели надёжности системы, работающей до первого отказа, по известным показателям надёжности элементов. При этом будем считать, что отказы элементов представляют собой независимые события. При выводе зависимостей используем основные понятия математической логики.

С точки зрения математической логики любое суждение является сложным, состоящим из простых суждений, связанных между собой логическими операциями.

Одной из таких операций является ранее упомянутая операция логического умножения (конъюнкции), применяемая в том случае, если о некотором суждении «*c*» можно утверждать, что оно истинно, если истинны суждения «*a*» и «*b*». Операция логического умножения обозначается знаком «∧», «И», «·», а суждение «*c*» записывается в виде $c = a \wedge b$.

Другой операцией является операция логического сложения (дизъюнкции), применяемая тогда, когда о некотором суждении «*c*» можно утверждать, что оно истинно, если истинны суждения «*a*» или «*b*». Операция обозначается знаком «∨», «или», «+», а суждение «*c*» записывается в виде $c = a \vee b$.

Для минимизации, т.е. уменьшения числа повторяющихся членов сложной логической функции, что необходимо для исключения возможных ошибок, используются логические формулы. Основные из них:

1. $a \wedge a = a \vee a = a \wedge 1 = a \vee 0 = a \vee ab = a$
2. $a(a \vee b) = a$
3. $a \vee 1 = 1$
4. $(a \vee b)(a \vee c) = a \vee bc$
5. $a \wedge b = b \wedge a$
6. $a \vee b = b \vee a$
7. $(a \wedge b) \wedge c = a \wedge (b \wedge c) = a \wedge b \wedge c$
8. $(a \vee b) \vee c = a \vee (b \vee c) = a \vee b \vee c$
9. $(a \wedge b) \vee c = (a \wedge c) \vee (b \wedge c)$.

Логические функции могут быть преобразованы в алгебраические, если заменить в них логические операции алгебраическими в соответствии со следующими правилами:

$a \vee b = a + b - a \cdot b$;

$a \wedge b = a \cdot b$.

Пусть имеется система, состоящая из «*n*» последовательно соединённых элементов. Безотказная работа такой системы возможна, если безотказно работают все её элементы и, следовательно, используя положения математической логики, можно записать:

$R_c(t) = R_1(t) \wedge R_2(t) \wedge \ldots \wedge R_n(t)$ или, переходя к алгебраическим символам,

$$R_c(t) = R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot \ldots \cdot R_n(t) = \prod_{i=1}^{n} R_i(t)\,. \qquad (3.8)$$

При параллельном соединении элементов отказ системы будет иметь место при отказе всех элементов. Поэтому

$$P_c(t) = P_1(t) \wedge P_2(t) \wedge \ldots \wedge P_n(t) = \prod_{i=1}^{n} P_i(t)\text{, а}$$
$$R_c(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n} \left(1 - R_i(t)\right). \qquad (3.9)$$

Можно показать, что такой же результат получим при применении операции логического сложения. Действительно при параллельном соединении элементов безотказная работа системы «*c*» возможна, если безотказно работает элемент «*a*» или элемент «*b*», т.е.

$R_c(t) = R_a(t) \vee R_b(t)$ или $R_c(t) = R_a(t) + R_b(t) - R_a(t) \cdot R_b(t)$; $1 - P_c(t) = [1 - P_a(t)] + [1 - P_b(t)] - [1 - P_a(t)] \cdot [1 - P_b(t)] = 1 - P_a(t) + 1 - P_b(t) - 1 - P_a(t) + P_b(t) - P_a(t)P_b(t)$; $P_c(t) = P_a(t)P_b(t)$.

Таким образом, при последовательном соединении элементов умножаются вероятности их безотказной работы, а при параллельном соединении – вероятности отказов.

Если интенсивности отказов последовательно соединенных элементов системы λ_1, λ_2, ... , λ_n, то для выражения $R_c(t) = \prod_{i=1}^{n} R_i(t)$ можем записать:

$$e^{-\lambda_c t} = e^{-\lambda_1 t} \cdot e^{-\lambda_2 t} \cdot \ldots \cdot e^{-\lambda_n t} e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \ldots + \lambda_n)t} \text{ или}$$

$$\lambda_c(t) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i(t). \qquad (3.10)$$

Из выражения (3.10) следует, что при последовательном соединении элементов интенсивности отказов складываются и интенсивность отказа системы равна сумме интенсивностей отказов её элементов.

Полученные зависимости позволяют сделать следующие важные выводы:

1. Надёжность системы, состоящей из последовательно соединенных элементов, можно повысить, уменьшив количество элементов, т.е. упростив систему, или уменьшив интенсивность отказов элементов. Меры, принимаемые по повышению надёжности такой системы окажутся неэффективными, если они не осуществляются в отношении наименее надёжного элемента.

2. Надежность системы, состоящей из параллельно соединённых элементов можно повысить увеличив количество элементов. Надёжная система может быть построена из относительно ненадёжных элементов при надлежащем их резервировании.

В общем случае расчёт вероятности отказа системы, состоящей из последовательно и параллельно соединённых элементов, включает следующие этапы:

1. Построение дерева отказов.
2. Определение условия неработоспособности (отказа) системы.
3. Составление логической функции отказа системы $F_л$.
4. Минимизацию логической функции при необходимости.

5. Замену логических операций алгебраическими и переход от логической к алгебраической функции отказа $F_а$.

6. Замену в алгебраической функции событий (отказов) их вероятностями.

7. Определение вероятности отказа системы по вероятностям отказов её элементов.

В качестве примера рассмотрим систему, дерево отказов которой показано на рис. 3.21. Предварительно обозначим: Отказ датчика – событие «*a*». Отказ формирующего блока – событие «*b*».

Отказ основного источника питания исполнительного органа – событие «*c*».

Отказ резервного источника питания исполнительного органа – событие «*d*».

1. Вероятности отказов при продолжительности работы T = 100 ч: датчика – 10^{-2}, формирующего блока – $3{\cdot}10^{-3}$, основного источника питания исполнительного органа – 10^{-3}, резервного источника питания исполнительного органа – $3{\cdot}10^{-2}$.

2. Определяем условие неработоспособности системы. Таким условием является несрабатывание исполнительного органа.

3. Составляем логическую функцию отказа системы $F_л = (a \vee b) \wedge (a \vee b) \vee (c \wedge d)$.

4. Минимизируем логическую функцию, используя логические правила $F_л = (a \vee b) \vee (c \wedge d)$.

5. Переходим к алгебраической функции отказа, используя правила: «$a \vee b = a + b - a \cdot b$» и «$a \wedge b = a \cdot b$». $F_а = (a + b - a \cdot b) \cdot c \cdot d$.

6. Заменяем события (отказы) их вероятностями $P_{сист}(t) = [P_a(t) + P_b(t) - Pa(t)P_b(t)] \cdot P_c(t) \cdot P_d(t)$.

7. Вычисляем вероятность отказа системы, подставив числовые значения вероятностей отказов её элементов $P_{сист}(100) = (10^{-2} \cdot 3 \cdot 10^{-3} - 10^{-2} \cdot 3 \cdot 10^{-3}) \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-2} = 3{,}891 \cdot 10^{-7}$

В резервированных системах утрата работоспособности наступает при отказе нескольких элементов. Поэтому при оценке надёжности таких систем возникает задача расчёта вероятности отказа определённого числа элементов.

Если система состоит из «*n*» независимых элементов, функционирующих на заданном интервале времени и имеющих вероятность отказа «*p*», то вероятность отказа её «*m*» элементов может быть найдена с использованием биномиального распределения

$$P_n(m) = C_n^m p^m (1-p)^{n-m}. \qquad (3.11)$$

Например, для системы, состоящей из четырёх независимых элементов с вероятностью отказа каждого $p = 10^{-3}$, вероятность отказа двух элементов будет равна

$$P_4(2) = C_4^2 p^2 (1-p)^{4-2} = \frac{4\cdot 3}{1\cdot 2}\left(10^{-3}\right)^2\left(1-10^{-3}\right)^2 = 5{,}988\cdot 10^{-6}.$$

В качестве показателей надёжности противоаварийных систем рассматриваются:

– вероятность несрабатывания на требование, под которым понимается вероятность пребывания системы в неработоспособном состоянии при поступлении требования на её срабатывание;

– вероятность оперативного несрабатывания, т.е. вероятность не включения системы в работу при поступлении требования или включения, но отказа на заданном интервале времени;

– интенсивность ложных срабатываний или вероятность их возникновения на заданном интервале времени.

Получим расчётные зависимости для определения указанных показателей надёжности, а также рассмотрим влияние на них различных способов контроля работоспособности ПАС.

Вероятность несрабатывания системы на требование, работоспособность которой в режиме ожидания проверяется с периодичностью $T_п$, а скрытые отказы происходят с интенсивностью λ, с учётом зависимости (3.7), очевидно, может быть записана в виде

$$P_{ист} = \frac{\lambda\cdot T_П}{2}. \qquad (3.12)$$

При этом предполагается, что процесс проверки и, при необходимости, восстановления работоспособности мгновенны, а система контроля абсолютно надёжна.

При конечном времени контроля и восстановления, равном τ,

$$P_{ист} = \frac{\lambda(T_П + \tau)}{2}.$$

И, следовательно, при постоянном контроле ($T_п = 0$) и восстановлении системы в течение времени τ

$$P_{ист} = \frac{\lambda\tau}{2}. \qquad (3.13)$$

Ранее рассмотренная система при условии постоянного контроля, интенсивности отказов $\lambda = 3{,}891 \cdot 10^{-9}$ 1/ч и времени восстановления $\tau = 1$ ч будем иметь вероятность несрабатывания на требование, равное

$$P_{ист} = \frac{3{,}891 \cdot 10^{-9} \cdot 1}{2} = 1{,}946 \cdot 10^{-9},$$

т.е. на три порядка ниже, чем в предыдущем случае.

Постоянный контроль позволяет обнаружить отказ в момент его возникновения и оперативно восстановить работоспособность системы. Однако, как показывает практика, не все отказы выявляются постоянным контролем. Некоторые из них могут быть выявлены только периодическим контролем.

Если долю отказов, выявляемых постоянным контролем, обозначить «χ», то выражение (3.12) следует записать в виде:

$$P_{ист} = \frac{(1-\chi)\lambda T_П}{2}. \qquad (3.14)$$

Из приведённых зависимостей очевидно, что изменение частоты проверок позволяет в широких пределах изменять показатели надёжности системы. Уменьшение периода между проверками приводит к уменьшению вероятности несрабатывания на требование, что эквивалентно повышению безотказности системы. В пределе при постоянном контроле, полном выявлении всех отказов постоянным контролем и мгновенном восстановлении система была бы абсолютно надёжна. Однако, как было сказано выше, это невозможно, и поэтому для выявления скрытых отказов должны предусматриваться специальные периодические проверки работоспособности системы с оптимальным периодом между ними.

Оптимальное значение периода может быть найдено из условия равенства среднего времени наработки до отказа времени восстановления работоспособности системы, т.е. $T_{\text{ср}}=\tau$.

$$T_{\text{ср}} = \int_0^{T_n} t \cdot P'(t)dt = \int_0^{T_n} t \cdot \lambda dt = \frac{\lambda \cdot T_n^2}{2}$$

Отсюда

$$T_{\text{П}}^{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \tau}{\lambda}} \,. \qquad (3.15)$$

Найдём оптимальный период между проверками для ранее рассмотренной системы при условии восстановления её работоспособности в течение времени τ =1 ч.

$$T_{\text{П}}^{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{3{,}891 \cdot 10^{-9}}} \cong 2{,}261 \cdot 10^4 \text{ ч.}$$

Вероятность оперативного несрабатывания системы на требование при ранее сделанных предположениях будет складываться из вероятности её несрабатывания на требование (невключения в работу по требованию) и вероятности включения в работу с последующим отказом на интервале времени работы $T_{\text{р}}$. При интенсивности отказов λ_p и отсутствии восстановления на интервале работы $(0,T_{\text{р}})$ она может быть представлена в виде:

$$P_{\text{онст}} = \frac{\lambda \cdot T_{\text{П}}}{2} + \lambda_{\text{р}} T_{\text{р}} \ \ll 1 \,. \qquad (3.16)$$

Анализ возможностей повышения надёжности ПАС путём введения периодических проверок показывает, что только ими добиться желаемого результата невозможно и, следовательно, они должны сочетаться с другими мерами, в частности с мерами структурного резервирования, т.е. обеспечения многоканальности системы.

При ранее сделанных предположениях для систем типа «*m* из *n*» с учётом биномиального распределения отказов и $\lambda T_{\text{П}} >> 1$ вероятность оперативного несрабатывания на требование запишется в виде:

$$P_{\text{онст}}^{m/n} = \sum_{i=0}^{n-m+1} C_n^i \frac{(\lambda \cdot T_{\text{П}})^i}{i+1} C_{n-i}^{n-i-m+1} (\lambda_{\text{р}} T_{\text{р}})^{n-i-m+1}, \qquad (3.17)$$

где первые два сомножителя отвечают отказу *i*-х элементов из критической группы к моменту поступления требования, два остальных – отказу оставшихся элементов из критической группы на интервале работы.

Вероятность несрабатывания системы на требование равна слагаемому соотношения (3.17) при $i = n - m + 1$. В соответствии с (3.17) формулы для расчёта вероятности несрабатывания на требование наиболее распространённых структурно-резервированных систем будут иметь вид:

$$p_{\text{нст}}^{1/2} = \frac{(\lambda \cdot T_{\text{П}})^2}{3}; \; p_{\text{нст}}^{1/3} = \frac{(\lambda \cdot T_{\text{П}})^3}{4}; \; p_{\text{нст}}^{2/3} = (\lambda \cdot T_{\text{П}})^2;$$

$$p_{\text{нст}}^{2/4} = (\lambda \cdot T_{\text{П}})^3; \; p_{\text{нст}}^{3/4} = 2 \cdot (\lambda \cdot T_{\text{П}})^2.$$

При различных вариантах структурного резервирования ранее рассмотренной системы, предназначенной для отключения опасной технологической установки при переходе её в аварийный режим работы, если $\lambda\ T_{\text{П}}$, например, равно 10^{-1}, будем соответственно иметь следующие вероятности её несрабатывания на требование: $0{,}33 \cdot 10^{-2}$; $0{,}25 \cdot 10^{-3}$; 10^{-2}; 10^{-3} и $2 \cdot 10^{-2}$.

Вероятность ложного срабатывания структурно-резервированной системы на интервале между очередными проверками, очевидно, может быть записана в виде:

$$P_{\text{л}}(T_{\text{П}}) = C_n^m (\lambda_{\text{л}} T_{\text{П}})^m, \qquad (3.18)$$

где $\lambda_{\text{л}}$ – интенсивность ложных срабатываний.

Исходя из (3.18), формулы для расчёта вероятностей ложных срабатываний ранее рассмотренных вариантов структурно-резервированных систем будут иметь вид:

$P_л^{1/2}(T_П) = 2\cdot\lambda\cdot l_л\cdot T_П$; $P_л^{1/3}(T_П) = 3\cdot\lambda\cdot l_л\cdot T_п$; $P_л^{2/3}(T_П) = 3(\lambda_л\cdot T_п)^2$;
$P_л^{2/4}(T_П) = 6(\lambda_л\cdot T_П)^2$; $P_л^{3/4}(T_П) = 4(\lambda_л\cdot T_п)^3$.

Для удобства оценок найдём численные значения $P_л(T_П)$, например, при интенсивности ложных срабатываний $\lambda_л = 10^{-6}$ 1/ч и периоде между проверками $T_П = 10^3$ ч. Тогда соответственно будем иметь: $P_л^{1/2}(T_П) = 2\cdot10^{-3}$; $P_л^{1/3}(T_П) = 3\cdot10^{-3}$; $P_л^{2/3}(T_П) = 3\cdot10^{-6}$; $P_л^{2/4}(T_П) = 6\cdot10^{-6}$ и $P_л^{3/4}(T_П) = 4\cdot10^{-9}$.

Из рассмотренного следует, что наименьшей вероятностью несрабатывания на требование обладает система типа «1 из 3», а наименьшей вероятностью ложного срабатывания – система «3 из 4». Однако на практике наибольшее распространение получила система типа «2 из 3», что объясняется тем, что при минимальном общем числе каналов она достаточно надёжна как по отношению к функциональным отказам, так и к ложным срабатываниям. Использование систем типа «2 из 4» и «3 из 4» оправдано лишь в тех случаях, когда система «2 из 3» не обеспечивает требуемого уровня надёжности соответственно по первому или второму параметру.

При количественной оценке надёжности противоаварийных систем необходимо учитывать возможность отказов по общей причине, связанных, например, с ошибками производственного персонала, внешними и внутренними воздействиями, общими производственными дефектами и т.п. явлениями. Если резервированная система может отказать по общей причине, то её надёжность незначительно выше надёжности отдельных элементов, из которых она построена.

Учёт структурно-функциональных отказов по общей причине осуществляется выделением в дереве событий системы или подсистемы, отказ которой приводит к зависимому отказу других систем, объединение их в более крупную систему с последующим рассмотрением её как совокупности независимых элементов и использованием вышеописанных методов.

Зависимые отказы, обусловленные внутренними или внешними воздействиями, учитываются при построении деревьев событий путём исключения из них поражённых элементов.

Вероятность несрабатывания на требование структурно-резервированной ПАС типа «*m* из *n*» в этом случае складывается из вероятности её несрабатывания по причине независимых отказов и

вероятности несрабатывания по общей причине. С учётом зависимости (3.17) и $\lambda T >> 1$ она может быть представлена в виде:

$$P_{\text{ист}} = C_n^i \frac{(\lambda \cdot T_n)^i}{i+1} + \frac{\lambda_{\text{оп}} \cdot T_n}{2}, \qquad (3.19)$$

где λ – интенсивность скрытых независимых отказов канала системы на интервале между проверками $(0,T_{\text{п}})$, $\lambda_{\text{оп}}$ – интенсивность отказов по общей причине на том же интервале времени.

В соответствии с (3.19) для двухканальных систем

$$P_{\text{исп}} = \frac{(\lambda \cdot T_n)^2}{3} + \frac{\lambda_{\text{оп}} \cdot T_n}{2},$$

трехканальных $P_{\text{исп}} = \frac{(\lambda \cdot T_n)^3}{4} + \frac{\lambda_{\text{оп}} \cdot T_n}{2}$.

Из зависимости (3.19) следует, что, если даже в общем числе единичных отказов, доля отказов по общей причине относительно мала, вклад последних в ненадёжность системы может быть значительным, что требует принятия специальных мер защиты от них.

3.3. Устойчивость к ошибкам производственного персонала

3.3.1. «Взаимоотношения» производственного персонала с технологическими установками

Все системы сложных ПООЭ становятся взаимосвязанными только благодаря наличию человека. До ряда крупномасштабных техногенных аварий человеческий фактор в возникновении и развитии аварий считался второстепенным, однако аварии на АЭС, крупных химических и других опасных объектах экономики показали к каким тяжёлым последствиям могут приводить ошибки персонала.

Во «взаимоотношениях» производственного персонала с опасными технологическими установками решающую роль играют три момента:

1. Культура безаварийных взаимоотношений.
2. Информационная поддержка человека (оператора) в процессе его деятельности.

3. Оптимальное распределение обязанностей между человеком и машиной с точки зрения исключения возможности возникновения аварий и предотвращения их развития.

В настоящее время не вызывает сомнений исключительно важная роль человека в предотвращении аварий и обеспечении безопасности. Человек осуществляет контроль за процессом эксплуатации ПООЭ и ОТУ, предотвращает опасные отклонения от нормального хода процесса, в процессе эксплуатации проводит проверки работоспособности ПАС и при необходимости восстанавливает отказавшие элементы и каналы, выполняет корректирующие действия при непредвиденном пути развития аварии. При этом действия его должны базироваться на глубоком понимании протекающих в ОТУ процессов при её нормальном функционировании и при аварии, точном соблюдении технологического регламента и инструкций по эксплуатации как ОТУ, так и её ПАС, т.е. на высокой технической и технологической культуре, не создающей предпосылок для аварий.

Важным направлением повышения эффективности действий производственного персонала является организация его информационной поддержки.

При проектировании систем контроля и ПАС информация, которую получает оператор при авариях, должна быть оптимизирована. Она должна быть минимально необходима для оценки сложившихся ситуаций и не приводить к стрессовым состояниям обилием сигналов.

В настоящее время используется система, в которой на дисплей выводится по требованию любой параметр, а также сигнал о приближении к аварийной границе или о превышении её. Разрабатываются для оказания помощи оператору диагностические системы, снабжающие его информацией о причинах нарушений в работе ОТУ, текущем состоянии технологического процесса и возможном его изменении, дающие рекомендации по необходимым корректирующим действиям. Подобные системы в значительной мере решают проблему оперативной обработки большого количества информации при аварии.

Основными функциями диагностических оперативных систем являются:

– определение причин нарушений в работе ОТУ, предсказание возможных путей их развития и выдача рекомендаций по действиям оператору;

– обеспечение оператора сигнальной информацией в доступной форме, особенно важной во время аварий.

Большой интерес представляют системы диагностики и управления, ориентированные на состояние ОТУ. С привлечением логического анализа отбрасывается ненужная информация, ограничивается число рассматриваемых состояний. Результирующее аварийное сообщение с мнемосхемой выдаётся на диагностический дисплей на основе анализа аварийных сигналов. Параллельно на цветной дисплей выдаётся детальная информация, представляемая в виде графика, диаграммы, схемы.

Подобные системы обеспечивают увеличение скорости и точности обнаружения и локализации возникшей неисправности, значительно сокращая количество выдаваемой при аварии информации.

Распределение обязанностей между человеком и машиной преследует цель освободить персонал (операторов) от рутинной работы, а также помочь ему в управлении сложными ситуациями.

Практический опыт свидетельствует о том, что сложной ситуацией легче и надёжнее управляет автоматическая система, поскольку проектировщики этой системы имеют возможность всесторонне рассмотреть все варианты протекания процесса, не испытывая дефицита времени, в отличие от оператора в условиях реальной ситуации. В то же время автоматическая система должна представлять информацию оператору, показывая ему состояние технологической установки и реакцию на его действие, что позволяет оператору в случае необходимости (отказе автоматической системы) включить ПАС вручную.

С внедрением автоматизированных систем человек не оказался исключённым из сферы управления. Он избавлен от многих тяжёлых и утомительных функций, но вместе с тем за ним осталась главная функция – принимать наиболее важные, ключевые решения на основе данных, подготовленных этими системами. Кроме того, в обязанности человека входит выполнение функций общего контроля системы и принятие на себя управления в критические моменты.

3.3.2. Ошибки производственного персонала

В реальных условиях в большинстве систем независимо от степени их автоматизации требуется в той или иной мере участие человека. В

этой связи оценка надёжности системы без учёта надёжности работы человека будет неполной и не может дать истинной картины.

Надёжность работы человека обычно определяется как свойство успешного выполнения им поставленной задачи на заданном этапе функционирования системы в течение заданного интервала времени при определённых требованиях к продолжительности выполнения работы. Основным препятствием для успешного выполнения человеком поставленной задачи являются ошибки, которые он может совершать в процессе работы.

Ошибки возникают независимо от уровня подготовки, квалификации, опыта и могут следовать с различной частотой, иметь различные последствия. Под ошибками понимается непреднамеренное неправильное действие человека (оператора, производственного персонала) в процессе выполнения им своих обязанностей или пропуск действий, определяемых эксплуатационными инструкциями. В сложных условиях характерны ошибки невмешательства, т.е. случаи, когда человек не подготовлен к проявлению инициативы.

Человек и машина имеют свои достоинства и недостатки, основные из которых приведены в таблице 3.1. Эти достоинства и недостатки должны учитываться при построении и эксплуатации автоматизированных систем.

Основными причинами ошибок являются:

– монотонность работы,

– недостаточный уровень квалификации и опыта,

– следование производственного персонала сомнительным рекомендациям технического обслуживания и эксплуатации,

– непонимание процессов и возможных последствий конкретных действий,

– недооценка приоритета безопасности в деятельности производственного персонала.

Вероятности некоторых ошибок персонала в процессе взаимодействия с автоматизированными системами приведены в таблице 3.2.

Возможные ошибки должны учитываться при проектировании и эксплуатации ОТУ и противоаварийных систем, разработке организационных и технических мер по повышению устойчивости к ним и различного рода нарушениям во «взаимоотношениях» с персоналом. Для этого допускаемые ошибки должны изучаться,

системно анализироваться и ранжироваться с точки зрения их значимости и влияния на процессы, протекающие в системах и ОТУ.

Таблица 3.1

Основные достоинства и недостатки человека и машины

Достоинства и недостатки	**Человек**	**Машина**
Достоинства	Способность принимать решения даже при наличии ограниченной информации. Правильные реакции даже в неожиданных условиях. Способность выполнять операции разными способами в случаях повреждения механизма. Гибкость в действиях и решениях.	Изменяемая по желанию способность к восприятию информации. Возможность улучшения параметров восприятия. Сохранение производительности и точности во времени. Возможность приспособления к окружающим условиям. Быстрое и безошибочное выполнение логических операций.
Недостатки	Ограниченная способность к восприятию информации и скорость её восприятия. Ограниченные возможности органов чувств. Снижение производительности и точности действий с течением времени. Необходимость комфортных условий. Замедленность и относительно невысокая скорость мыслительных операций, повышенная вероятность ошибки.	Функционирование только в соответствии с введёнными программами и полученными командами. Возможность отказа в непредвиденных условиях. Ограниченность количества выполняемых операций. Трудоёмкость изменения программы функционирования.

Таблица 3.2

Вероятности некоторых ошибок производственного персонала

Характер ошибки	**Вероятность**
Ошибка при выборе переключателя	$(1...3)\cdot 10^{-3}$
Ошибка при выборе переключателя из-за ошибки при считывании обозначений	$3\cdot 10^{-3}$
Ошибка, связанная с пропуском операции при отсутствии сигнала на пульте о её выполнении	10^{-2}
Ошибка при считывании информации с пульта	$(1...6)\cdot 10^{-3}$
Ошибки в принятии решения	10^{-3}
Арифметические ошибки без выполнения повторных вычислений	$3\cdot 10^{-2}$

3.3.3. Управляющие воздействия в аварийных ситуациях

Действия производственного персонала в стрессовых ситуациях аварий инерционны и часто сопровождаются ошибками. По разным источникам вероятность ошибок в этих случаях достигает (0,2...0,3).

Время, требующееся персоналу для принятия решения и противоаварийных корректирующих действий носит название упускаемого времени. Опыт аварий свидетельствует, что это время может достигать (10...30) мин и зависит от сложности принимаемых решений, имеющейся информации о складывающейся обстановке, наличия выбора между разными вариантами действий, возможных последствий принимаемых решений. При необходимости выполнения непредусмотренных инструкциями действий упускаемое время может измеряться часами. В течение этого времени развитие аварии предотвращается только действием автоматических систем.

Развитие аварии может быть предотвращено в результате надёжного ручного вмешательства, которое обеспечивается достаточной для принятия решений информацией, наличием инструкций, средств для осуществления требуемых действий, достаточным количеством времени для оценки состояния аварийных систем и выполнения необходимых операций, наличием надёжной связи между обслуживающим персоналом.

Отсюда следует необходимость обеспечения названных условий, а также определение упускаемого времени для каждого предусматриваемого исходного события, ведущего к аварии, и конкретных состояний ОТУ и ПООЭ в целом. Ручное вмешательство на этапе упускаемого времени не должно мешать работе ПАС, совершающих противоаварийные действия.

Опасные технологические установки с точки зрения динамики протекания аварийных процессов могут быть разделены на два типа. Первые из них – установки с динамичными процессами, малоинерционные, характеризующиеся быстротечностью аварийных процессов и малым временем (в течение секунд) достижения параметрами аварийных пределов, с автоматическим запуском ПАС. Вторые – инерционные установки с высокой аккумулирующей способностью, развитым самоуправлением аварийными процессами и их медленным (в течение десятков минут или часов) протеканием, с пассивными ПАС.

Установки второго типа более благоприятны для управляющих воздействий в аварийных ситуациях, т.к. более устойчивы к ошибкам и более восприимчивы к корректирующим действиям. Поэтому необходимо стремиться к созданию установок, обладающих развитыми свойствами внутренней самозащищённости, не позволяющих развиваться аварии при любых ошибках оператора и нарушениях требуемых условий эксплуатации.

Действия производственного персонала могут усугубить или ликвидировать аварийную ситуацию. Поэтому важную роль в эффективности управляющих воздействий играют подготовка персонала и эксплуатационные процедуры.

Действия персонала, связанные с предотвращением аварий, условно могут быть разделены на две категории: планируемые, предусмотренные инструкциями по эксплуатации, и незапланированные. Планируемые действия, если они осуществляются в точном соответствии с инструкцией, полезны и безопасны. При отступлении или неполном её выполнении они бесполезны и даже опасны. В некоторых случаях они могут быть такими, что ПАС не справится с их последствиями.

Незапланированные действия персонала непредсказуемы и поэтому должны полностью нейтрализоваться действием ПАС.

При обслуживании и ремонте ОТУ безаварийную работу должна обеспечивать действенность административных процедур. Например, ограниченный допуск персонала к ремонту, контроль его знаний перед допуском и т.п.

Взаимодействие человека с машиной может быть безопасным только при условии его высокой профессиональной подготовки. При этом имеет значение как общий технический уровень подготовки, так и конкретная подготовка к обслуживанию конкретной ОТУ. В процессе нормальной работы ОТУ научить производственный персонал действиям в аварийных ситуациях практически невозможно. Поэтому важным и обязательным звеном как первичной, так и периодической подготовки персонала опасных технологических установок и объектов является его подготовка на тренажёрах, имитирующих реальные условия нормальной эксплуатации и аварийные ситуации. Управляющие воздействия в аварийных ситуациях будут эффективны только в том случае, если они до автоматизма отработаны на этих тренажёрах.

3.4. Анализ устойчивости потенциально-опасных объектов экономики к авариям

Анализ устойчивости ПООЭ чаще всего основан на использовании вероятностных методов, что связано с рядом обстоятельств.

Детерминистские методы, позволяя выделить критические пути развития аварий, приводят к необходимости их сопоставления при различном количестве отказов элементов, устройств, ошибок персонала и тем самым к необходимости количественного сравнения при отсутствии единой меры осуществимости аварий.

Использование детерминистского анализа позволяет рассматривать только полностью зависимые системы, когда отказ одной системы неизбежно приводит к отказу другой. В то же время практика аварий свидетельствует о том, что зависимые отказы также являются случайными событиями. Например, случаи отказа нескольких однотипных систем по общей причине могут иметь или не иметь место. Две однотипные системы, имеющие одинаковое назначение, могут существенно отличаться по частоте отказов вследствие особенностей эксплуатации, конструкции или технологии изготовления.

Вероятностный анализ устойчивости представляет собой системный анализ причин возникновения, всевозможных путей развития и последствий аварий с использованием различных методов исследований устройств, конструкций и систем ПООЭ, дополненный исследованием надёжности противоаварийных систем и вероятностной оценкой развития событий.

В процессе проведения анализа обычно выделяют три этапа. На первом этапе оценивается интенсивность исходных событий, вызывающих аварию, а также надёжность ПАС. Интенсивности исходных событий определяются на основе статистических данных по этим событиям, надёжность ПАС – вышеизложенными методами.

На втором этапе анализируются аварийные процессы, которые могут привести к аварии ПООЭ, выявляются их причины и частоты возникновения.

На третьем этапе рассматриваются физические и химические процессы, протекающие при аварии, оценивается её вероятность, экономические, экологические и социальные последствия.

Для решения рассматриваемой задачи необходим метод выделения и последовательного перебора возможных путей развития аварии. В

качестве такого метода используется метод дерева событий. Анализу подвергаются деревья событий второго и третьего этапов.

За начальную точку дерева принимается исходное событие, ведущее к аварии. Для построения дерева событий определяются элементы, системы, устройства, влияющие на развитие аварии. Элементы, системы, устройства

располагаются в порядке по времени воздействия на протекание аварийного режима. При этом в первую очередь рассматриваются те из них, состояние которых оказывает влияние на наибольшее число других элементов, систем и устройств. Затем в зависимости от состояния систем, влияющих на развитие аварийной ситуации, осуществляется логический перебор различных путей развития аварии, представляющих собой ветви дерева событий, и её последствий. Вид получаемого дерева событий показан на рис. 3.24.

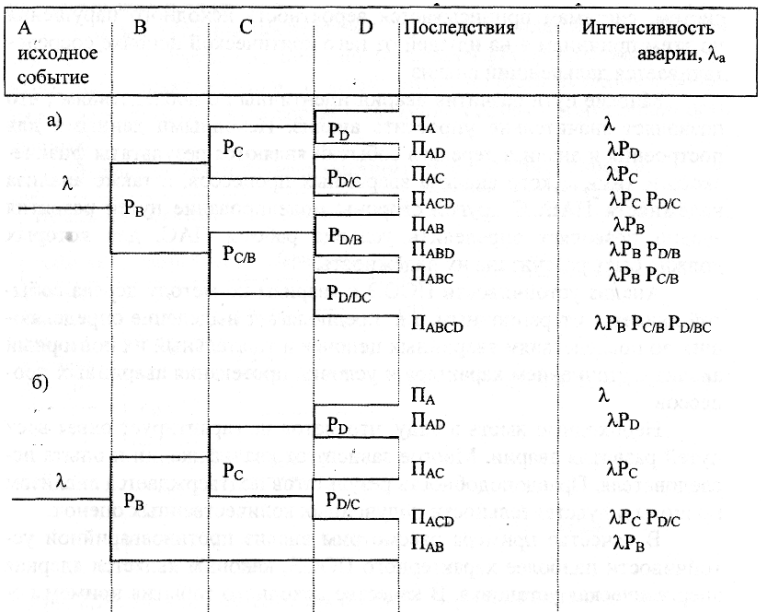

Рис. 3.24. Вид дерева событий:
а) общий случай; б) упрощённое дерево для случая зависимых отказов ($P_{C/B} = P_{D/B} = 1$); P – вероятность отказа системы ($P << 1$); $1–P \approx 1$;
λ – интенсивность исходного события

Из рисунка 3.24 видно, что в общем случае может быть «2^n» путей развития аварии, если на её протекание влияет «*n*» независимых систем, каждая из которых может находиться в одном из двух состояний: работоспособном и неработоспособном.

Однако системы не всегда независимы. Между ними могут быть связи, влияющие на функционирование. Кроме функциональных связей могут быть общие элементы, отказ которых приведёт к отказу этих систем.

Если учесть существующие функциональные и схемные связи, ТО отдельные пути развития аварии могут быть опущены, и, соответственно, упрощено дерево событий. Так, если системы *B*, *C* и *D* функционально зависимы или имеют общие элементы, в результате чего при отказе системы В происходит отказ систем *C* и *D*, дерево событий может быть представлено в виде, показанном на рис. 3.24, б.

Необходимо также иметь в виду, что вероятность отказа одной и той же системы может быть различной при разных путях развития аварии в связи с возможным влиянием на работоспособность её элементов и системы в целом особенностей протекания аварии.

В общем случае система может находиться не только в работоспособном или неработоспособном состоянии, но и в состоянии частичной работоспособности. В зависимости от числа работоспособных каналов может потребоваться выделение у некоторых из рассматриваемых систем трёх и более состояний. Эти обстоятельства учитываются при более детальном анализе. При этом рассматриваемые состояния системы должны образовывать полную группу событий, т.е. должны быть несовместимыми и иметь суммарную вероятность состояний, равную единице.

При построении дерева событий необходимо учитывать возможные отказы по общей причине и ошибки производственного персонала. Если они приводят к отказам или к неэффективной работе систем, системам приписывается вероятность исходного нарушения по этим причинам и на идущей от него критической цепочке сосредотачивается дальнейший анализ.

Многие пути развития аварий идентичны по последствиям, что позволяет значительно упростить анализ. Исходными данными для построения и анализа деревьев событий являются результаты физического и химического анализа аварийных процессов, а также анализа надёжности ПАС. С другой стороны моделирование путей

развития аварии позволяет определить условия работы ПАС, для которых должна быть рассчитана их надёжность.

Анализ устойчивости ПООЭ к авариям по методу дерева событий является итерационным, т.к. предполагает выделение определяющих по последствиям аварийных цепочек и тщательный их повторный анализ с уточнением характера и условий протекания аварийных процессов.

Необходимо иметь в виду, что метод не гарантирует охват всех путей развития аварии. Многое зависит от квалификации и опыта исследователя. Правдоподобность результатов подтверждается анализом полноты и чувствительности полученных количественных оценок.

В качестве примера рассмотрим анализ противоаварийной устойчивости наиболее характерного ПООЭ, каковым является ядерная энергетическая установка. В качестве исходного события примем потерю внешнего электропитания, т.е. событие, моделируемое перед катастрофой на ЧАЭС.

При нормальной работе реактора его охлаждение обеспечивается конденсатно-питательной системой. При отказе этой системы по каким-либо причинам реактор остаётся без охлаждения. Для предотвращения плавления его активной зоны ядерная энергетическая установка имеет систему аварийной защиты, обеспечивающую быстрое снижение мощности, и систему аварийного отвода тепла, обеспечивающую отвод остаточных тепловыделений.

При потере внешнего электропитания конденсатно-питательная система перестаёт функционировать, реактор останавливается с помощью системы аварийной защиты и переводится в режим расхолаживания, которое осуществляется с использованием системы аварийного отвода тепла. Поэтому авария ядерной энергетической установки, сопровождающаяся плавлением активной зоны реактора, зависит от срабатывания или несрабатывания указанных систем. Дерево событий, отражающее возможные пути аварии в этом случае, будет иметь вид, показанный на рис. 3.25.

Там же указаны последствия: П-авария (плавление активной юны), НП-отсутствие аварии (нет плавления активной зоны) и вероятностные характеристики событий: интенсивность исходного события λ, вероятность отказа соответствующих систем P и интенсивность аварии λ_a.

Ветвь 1 соответствует проектному протеканию процесса.

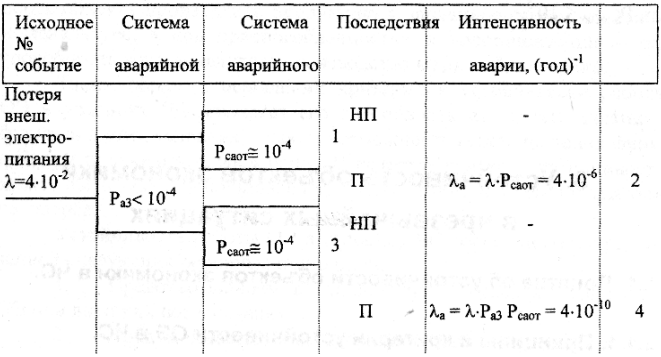

Рис. 3.25. Дерево событий для аварии с потерей внешнего электропитания

Ветвь 2 – срабатыванию системы аварийной защиты и отказыванию системы аварийного отвода тепла, в результате чего может иметь место необходимое охлаждение активной зоны и предотвращение её плавления. Ветвь 4 – несрабатыванию обоих аварийных систем с неизбежным плавлением активной зоны.

Если принять время эксплуатации ядерной энергетической установки 1 равной 25 годам, то вероятности аварий, развивающихся по путям 2 и 4, с учётом зависимости (3.7) будут соответственно равны:

$P_{а2} = X_a t = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 25 = 10^{-4}$ и $P_{а4}(t) = 10^{-8}$, вероятности безаварийной работы: $R_{a2}(t) = 1 - P_{а2}(t) = 0{,}9999$ и $R_{а4}(t) = 1$, суммарная вероятность аварии $P_а(t) = P_{а2}(t) + P_{а4}(t) = 10^{-4} + 10^{-8} = 10^{-4}$ и соответственно безаварийной работы $R_а(t.) = 0{,}9999$.

Судить о наличии или отсутствии противоаварийной устойчивости ПООЭ можно при наличии соответствующего критерия. В качестве такого критерия целесообразно выбрать приемлемую вероятность аварии ПООЭ $[P_{а\ ПООЭ}]$. В этом случае противоаварийная устойчивость обеспечивается, если выполняется условие:

$$P_{а\ ПООЭ} \leq [P_{а\ ПООЭ}],$$

где $P_{а\ ПООЭ}$ – найденная вероятность аварии ПООЭ. Например, приемлемая вероятность аварии ядерной энергетической установки за год эксплуатации определяется значением $[P_{а\ ЯЭУ}] = 10^{-5}$ и, следовательно, её противоаварийная устойчивость обеспечена, если $P_{а\ ЯЭУ} \leq 10^{-5}$.

Глава 4. УСТОЙЧИВОСТЬ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

4.1. Принципы и критерии устойчивости объектов экономики в чрезвычайных ситуациях

Человеческий опыт свидетельствует о том, что объекты экономики (ОЭ) не могут рассматриваться как абсолютно безопасные или как объекты, которым в процессе функционирования не угрожает опасность. Некоторые ОЭ являются особо опасными, создающими угрозу не только для себя, но и для других ОЭ, а иногда и для региона или даже государства в целом.

В условиях рыночной экономики нарушение нормального функционирования предприятий чревато для них банкротством, а для экономики в целом – кризисом. Особенно велико значение устойчивого функционирования экономики в военное время, когда его нарушение является одной из главных целей противников, а также в условиях ЧС в мирное время.

В этой связи очевидна необходимость обеспечения безопасности ОЭ и сопротивляемости их действию поражающих факторов. Эти цели достигаются в процессе решения задачи, которая получила название задачи устойчивости ОЭ в условиях ЧС.

Под устойчивостью ОЭ в ЧС в общем случае понимают их способность в заданных пределах противостоять действию поражающих факторов. Часто говорят об устойчивости работы ОЭ в условиях ЧС. При этом очевидно, что устойчивость работы ОЭ в ЧС не может быть обеспечена без его устойчивости к действию поражающих факторов.

Под устойчивостью работы ОЭ понимают его способность бесперебойно выполнять заданные функции в условиях ЧС, а также приспособленность к восстановлению в случае получения повреждений [3]. При этом под выполнением заданных функций понимают способность объекта производить продукцию в запланированном объёме и номенклатуре, а под приспособленностью к восстановлению – его способность восстанавливать производство в кратчайшие сроки.

Таким образом, основными критериями устойчивости работы ОЭ в условиях ЧС являются его способность выполнять заданные функции в этих условиях, а также возможность восстановления функций при

получении повреждений. В качестве критерия устойчивости может быть также использована удельная величина предотвращённого ущерба.

Устойчивость работы ОЭ в условиях ЧС обеспечивается реализацией следующих основных принципов:

1. Предотвращением возникновения и развития аварий на ОЭ при внешних воздействиях.
2. Продуманностью и всесторонней обоснованностью конструкций, технических решений, и технологий, применяемых на ОЭ, с точки зрения возможности его эксплуатации в условиях ЧС.
3. Высокими качественными показателями оборудования ОЭ (повышенной надёжностью, прочностью, огнестойкостью, радиационной стойкостью и т.п.), позволяющими его эксплуатировать при повышенных нагрузках.
4. Применением мер защиты производственного персонала и технологического оборудования от действия поражающих факторов при ЧС.
5. Подготовкой производственного персонала к работе в условиях ЧС.

Как следует из изложенного в главе 3.1 материала, эти принципы в значительной мере реализуются при обеспечении противоаварийной устойчивости ОЭ.

В качестве детерминированной количественной меры устойчивости выбирается величина параметра того или иного поражающего фактора с учётом вышеназванных критериев. Систематизация и анализ различных сценариев поведения ОЭ в ЧС, а также наиболее общая количественная оценка его устойчивости реализуются при вероятностных подходах.

Устойчивость к действию поражающих факторов должна обеспечиваться на любом этапе производственной деятельности ОЭ вплоть до его полного прекращения. Требования по устойчивости работы ОЭ формулируются в техническом задании на его проектирование и реализуются в процессе строительства. В дальнейшем обеспечение необходимого уровня устойчивости или его повышения при неблагоприятном изменении условий является постоянной заботой руководителя ОЭ и его главного инженера, непосредственно отвечающего за техническую политику и техническое состояние предприятия. Руководитель ОЭ и главный

инженер несут всю полноту ответственности за выполнение требований по устойчивости работы, предъявляемых предприятию.

4.2. Организация исследования устойчивости объектов экономики в чрезвычайных ситуациях

Для принятия необходимых мер по обеспечению устойчивости ОЭ, их достаточности и эффективности должно быть известно фактическое состояние устойчивости, которое выясняется в результате проведения исследований. Проведение исследований позволяет предупредить потерю устойчивости ОЭ в условиях возможных ЧС; обеспечить её оптимальность в конкретных условиях функционирования; определить необходимую периодичность и объём мер, обеспечивающих поддержание устойчивости на требуемом уровне.

В результате исследований выявляются наиболее слабые элементы ОЭ, определяется возможный ущерб и объём восстановительных работ при различных степенях повреждения объекта; разрабатываются мероприятия, направленные на обеспечение устойчивости как наиболее слабых элементов ОЭ, так и всего объекта в целом. Устойчивость работы ОЭ должна рассматриваться в условиях тех ЧС, которые для него возможны, независимо от вероятности их наступления.

Работа по оценке устойчивости и её обеспечению должны быть частью повседневных функциональных обязанностей персонала ОЭ и представлять собой постоянно действующую систему.

В соответствии со сложившейся практикой работа по оценке устойчивости производится периодически в сроки, определяемые руководителем предприятия. К работе привлекается инженерно-технический персонал ОЭ и при необходимости работники научно-исследовательских, проектных, строительных организаций и организаций-разработчиков оборудования и технологических процессов. Схема организации исследования устойчивости работы ОЭ показана на рис. 4.1.

Общее руководство исследованиями осуществляет руководитель ОЭ, приказом которого определяются рабочие группы исследователей. Обычно выделяется группа руководства во главе с главным инженером и расчётно-исследовательские группы по направлениям деятельности главных специалистов предприятия (группы главных специалистов). Эти группы осуществляют основной объём работ по

оценке устойчивости своих служб и разработке мероприятий по её обеспечению в случае необходимости.

Основные задачи этих групп на примере групп главного механика, главного технолога и главного энергетика сводятся к следующему:

Рис. 4.1. Схема организации исследования устойчивости работы ОЭ

Группы главного механика:

– оценка уязвимости станочного и технологического оборудования к воздействию предполагаемых поражающих факторов;

– определение возможных потерь технологического и станочного оборудования, приборов и систем управления;

– определение способов сохранения и защиты особо ценного и уникального оборудования;

– определение сроков и объёма восстановительных работ, потребности в силах, средствах и материалах;

– разработка перечня наиболее важных узлов и деталей и необходимых объёмов их запасов для ведения восстановительных работ.

Группы главного технолога:

– описание технологического процесса с указанием изменений при переводе производства на режим работы в условиях ЧС (времени перевода, готовности, наличия документации и т.п.);

– оценка уязвимости технологического процесса;

– оценка возможности быстрой безаварийной остановки производства;

– разработка предложений по продолжению производства при частичном прекращении поставки сырья, полуфабрикатов, деталей и запчастей; оценка возможности замены недостающих поставок; разработка плана восстановления производства при приемлемых повреждениях и составление перечня технологического оборудования, которое может потребовать замены;

– разработка предложений по сохранению основной производственно-технологической документации.

Группы главного энергетика:

– оценка устойчивости энергетического оборудования и сетей к воздействию возможных поражающих факторов;

– оценка возможных последствий и потерь энергетического оборудования вследствие ЧС;

– определение способов сохранения и защиты энергетических источников, оборудования и сетей;

– определение сроков и объёмов восстановительных работ на оборудовании и сетях, потребности в силах, средствах и материалах;

– разработка перечня необходимых для проведения восстановительных работ запасных частей, узлов, деталей с указанием их требуемого количества.

Группа руководства обобщает результаты исследований расчётно-исследовательских групп и на их основе даёт общую оценку устойчивости работы ОЭ в целом, которая отражается в обобщённом докладе.

Оценка устойчивости осуществляется в соответствии с календарным планом, являющимся приложением к приказу руководителя ОЭ. Календарный план, как правило, предусматривает 4 этапа в проведении исследований: подготовительный, первый, второй и заключительный.

В подготовительный период проводится организационная работа, связанная с определением состава групп исследователей, их задач и сроков проведения исследования, изучением руководящих документов

и справочных материалов, оценкой возможной обстановки на ОЭ при и после ЧС.

На первом этапе исследования проводится практическая работа в группах главных специалистов по оценке устойчивости структурных подразделений ОЭ, направленная на выявление наиболее слабых мест и определение участков, для которых необходимо разработать мероприятия по обеспечению устойчивости их работы. Первый этап заканчивается докладами старших расчётно-исследовательских групп группе руководства о результатах проделанной работы.

На втором этапе производится комплексная оценка устойчивости структурных подразделений и объекта в целом, разрабатываются организационные и инженерно- технические мероприятия, направленные на обеспечение устойчивости работы ОЭ в условиях возможных ЧС.

На заключительном этапе исследования составляется отчёт о проделанной работе.

Подготовительный этап длиться (15...20) дней, первый – (1,5...2) месяца, второй – (10...15) дней и заключительный – (7...10) дней.

Для проверки правильности проведённых расчётов, разработанных предложений и рекомендаций на ОЭ могут быть поведены объектовые учения.

4.3. Факторы, влияющие на устойчивость объектов экономики в условиях чрезвычайных ситуаций

ОЭ являются сложными техническими системами, в состав которых входят здания и сооружения, различное технологическое оборудование, системы энергообеспечения, материально-технического снабжения, сбыта готовой продукции, связи, управления. Каждый из этих элементов исходной системы имеет свои особенности. Здания имеют разную конструкцию, этажность, размеры, перекрытия и т.п. Они различным образом размещены на территории ОЭ по отношению к источникам ЧС и друг другу. Технологическое оборудование различается типом, заводом-изготовителем, насыщенностью приборами и системами автоматического управления, длительностью и сложностью эксплуатации, надёжностью. Системы энергоснабжения могут иметь различные источники энергии, коммуникации и другие особенности. Системы материально-

технического снабжения отличаются поставщиками и потребителями, поставляемыми комплектующими изделиями и сырьём, сбываемой продукцией. Управление производством отличается степенью подготовки и ответственностью руководителей, обеспеченностью средствами связи и системами управления, их дублированием. Каждый ОЭ имеет разные финансовые и материальные возможности. Отмеченные обстоятельства определяют специфику ОЭ.

Однако, несмотря на это, устойчивость работы любого из них определяется рядом общих факторов. К числу таких факторов относятся: надёжность защиты производственного персонала; устойчивость основных производственных фондов и технологических процессов при действии поражающих факторов; надёжность энергообеспечения ОЭ; надёжность его материально-технического снабжения, сбыта и кооперативных связей с другими предприятиями; надёжность управления и подготовка к восстановлению нарушенного производства. Неудовлетворительное состояние любого их этих факторов неизбежно отразится на устойчивости ОЭ.

Глава 5. ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

5.1. Правовые основы деятельности по обеспечению устойчивости объектов экономики

Правовые основы мероприятий по обеспечению устойчивости разрабатываются в ходе реализации аналитико-прогностической функции превентивного управления ЧС. Эта функция включает в себя оценку риска возникновения ЧС, т. е. определение его вероятных источников установление степени их опасности, а также управление проектом, под которым понимается разработка совокупности мер правового, организационного и инженерно-технического характера, направленных на минимизацию угрозы возникновения и ослабление последствий ЧС [1].

Примером такой деятельности является разработка законов, строительных норм, кодексов и правил, правил страхования, зонирование и картирование возможных ЧС. Она нашла отражение в законах РФ «О защите населения и территорий от ЧС природного и технологического характера» [43], «О безопасности» [44], «Об обороне» [45], «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»[46], «О гражданской обороне» [47], «О радиационной безопасности населения» [48], «О безопасности гидротехнических сооружений [49] и др., постановлениях Правительства «О декларации безопасности промышленного объекта РФ» [50], «О порядке разработки радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий» [511 порядке эксплуатации водохранилищ» [52], «О лицензировании деятельности в области использования атомной энергии»[53] и др. строительных нормах и правилах СНиП П-0151-90 [54]. Документы [43,46,47,50,54] играют основополагающую роль в правовом обеспечении устойчивости ОЭ в ЧС. Они определяют обязанности граждан организаций и руководящих органов и меру их ответственности перед законом.

5.1.1. Декларация безопасности промышленного объекта РФ

5.1.1.1. Структура и основные требования, предъявляемые к декларации

Постановление Правительства РФ UO декларации безопасности промышленного объекта РФ» определяет требования к

декларированию безопасности, а следовательно и устойчивости, промышленного объекта, деятельность которого связана с повышенной опасностью производства. К таким объектам относятся проектируемые и действующие промышленные объекты, имеющие в своем составе особо опасные производства (ООП), на которых единовременно используют, производят, перерабатывают, хранят или транспортируют взрывопожароопасные или опасные химические вещества в количестве, определяемом Федеральным горным и промышленным надзором России (Госгортехнадзором) и Министерством по делам ГО, ЧС и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС), и гидротехнические сооружения, на которых возможны гидродинамические аварии.

Декларирование направлено на обеспечение контроля за соблюдением мер безопасности и возможность оценки достаточности и эффективности мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС на объекте.

Декларация безопасности промышленного объекта является документом, определяющим возможный характер и масштабы ЧС.

Декларация безопасности промышленного объекта является документом, определяющим возможный характер и масштабы ЧС на объекте и мероприятия по их предупреждению и ликвидации. Она характеризует безопасность объекта на всех этапах его существования

От ввода из эксплуатации. В декларации даются базовые термины и определения и всесторонняя оценка декларируемого объекта, которая включает:

– общие характеристики об объекте:

– основные характеристики и особенности технологических процессов производства;

– анализ риска возникновения на объекте ЧС природного и техногенного характера;

– характеристику систем контроля за безопасностью производства, а также сведения об объемах и содержании мероприятий по предупреждению ЧС;

– сведения о создании и поддержании в готовности локальной системы оповещения персонала объекта и населения о возникновении ЧС;

– характеристику мероприятий по созданию и поддержанию в готовности сил и средств по предупреждению и ликвидации ЧС, а

также обучению производственного персонала способам защиты и действиям в ЧС;

– характеристику мероприятий по защите производственного персонала возникновении ЧС и порядок действий сил и средств по предупреждению и ликвидации ЧС;

– сведения об объемах и номенклатуре материальных и финансовых и, необходимых для ликвидации ЧС;

– порядок информирования населения и органа местного самоуправления о прогнозируемых и возникших на объекте ЧС.

Декларация должна включать следующие структурные элементы:

- Титульный лист;
- аннотацию;
- оглавление;
- Разделы включающие:
  - общие сведения;
  - анализ опасностей и риска;
  - общие меры обеспечения технической безопасности;
  - действия в случае промышленной катастрофы;
  - информирование общности;
- Приложения, включающие:
  - ситуационный план объекта;
  - информационный лист;
  - сведения о выводе промышленного объекта (ООП) из эксплуатации.

На титульном листе декларации должны быть указаны ее регистрационный номер, гриф утверждения, наименование, место и дата составления.

В аннотации приводятся сведения о разработчиках и краткое изложение основных разделов декларации с указанием основных опасностей.

Оглавление включает наименование всех разделов и приложение с указанием страниц.

В общие сведения об объекте, составляющие содержание соответствующего раздела декларации, включаются краткие административные и юридические сведения об объекте, обоснование идентификации его ООП, описание месторасположения объекта, данные о персонале и проживающем вблизи населении, страховые данные. При обосновании идентификации ООП приводится их перечень с указанием потенциально-опасных веществ и их количества

для каждого опасного производства. Описание месторасположения содержит размеры и границы территории объекта, границы запретных и санитарно-защитных зон, данные о топографии и природно-климатических условиях. В данные о персонале и населении входят их численность и размещение. В страховых данных указываются наименование и адреса организаций, в которых застрахован объект, вид страхования, максимальный размер застрахованной ответственности за нанесенный ущерб при аварии, а также порядок возмещения ущерба.

Следующий обширный по объему раздел, носящий название «Анализ опасностей и риска», содержит характеристики опасных веществ и данные о их распределении; описание технологии и основного технологического оборудования; перечень технологических параметров, влияющих на безопасность, и описание технических решении ее обеспечивающих; характеристику пунктов управления; сведения об авариях, анализ условий их возникновения и развития, оценку риска аварий и ЧС; оперативную часть плана локализации аварийных ситуаций и выводы.

Характеристика опасных веществ включает их наименование, химические формулы, состав, физико-химические и токсикологические данные. В данных о распределении веществ указывается наименование технических блоков и количество опасного вещества в них, условия содержания вещества в блоках.

При писании технологии приводится принципиальная технологическая с обозначением основного технологического оборудования технологических потоков и межблочной запорной арматуры, а также краткое постадийное описание технологического процесса. Технологического оборудования – план размещения, сведения о системе противоаварийного назначения, пультах управления технологическим процессом, автоматических извещателях, средствах связи и оповещения оборудовании, в котором хранится или обращается опасное вещество.

Перечень, технологических параметров включает наименование процесса и технологического параметра (температура, давление и т. д.) размерность, предельно-допустимые значения, данные о средствах контроля параметра.

В описании технических решений, обеспечивающих безопасность, приводятся решения по исключению разгерметизации оборудования и предупреждению аварийных выбросов опасных веществ, обеспечению

взрывопожаробезопасности, дается характеристика системы автоматического регулирования, блокировки, сигнализации и пр.

Характеристика пунктов управления предполагает представление сведений о их расположении, оборудовании и противоаварийной устойчивости.

В сведениях об авариях приводятся данные об авариях и неполадках на декларируемом и других аналогичных объектах. Анализируются условия возникновения и развития аварий с выявлением причин, возможных сценариев и количеств опасных веществ, способных участвовать в них. Приводится обоснование применяемых физико-математических моделей и методов расчета.

При оценке риска аварий и ЧС определяются их возможные последствия, зоны действия основных поражающих факторов при различных сценариях аварии, число пострадавших среди персонала и на возможный ущерб, наносимый физическим и юридическим лицам.

При прогнозировании воздействия поражающих факторов аварии оценивается возможность их выхода за территорию объекта и, если такая возможность существует, проводится моделирование аварийных ситуаций (выброса, пролива, истечения, испарения, рассеяния, воздействия потенциально опасных веществ, разрушения оборудования, зданий, сооружений и т.п.) с учетом их развития во времени и поведения людей при аварии. Осуществляется анализ возможной неопределенности результатов, обусловленной неточностью исходной информации по надежности оборудования, ошибкам персонала, а также допущениями применяемых при расчетах моделей и сценариев аварий. Заключительным этапом анализа риска является разработка рекомендаций по его уменьшению. Рекомендации могут признать риск приемлемым или указывать меры, направленные на его уменьшение, которые могут носить технический, эксплуатационный или организационный характер.

Оперативная часть плана локализации аварийных ситуаций включает наименование сценария (стадии) и опознавательных признаков аварии, оптимальные способы и технические средства противоаварийной защиты, исполнителей и порядок их действия.

Основные результаты анализа опасностей и риска, а также разработанные меры по уменьшению риска аварий и ЧС отражаются в выводах, завершающих раздел.

Характеристика систем контроля за безопасностью на объекте, сведения об объемах и содержании мероприятий по предупреждению

ЧС, организации служб технического надзора, противоаварийных и аварийно-спасательных сил, профессиональной и противоаварийной подготовке персонала, мероприятиях по его обучению способам защиты и действиям при аварии приводятся в разделе «Общие меры обеспечения технической безопасности». Здесь же даются перечни необходимых и (или) действующих лицензий на осуществление опасных видов деятельности, планируемых мероприятий по повышению технической безопасности и основных нормативных документов, регламентирующих требования по безопасному ведению работ.

В следующем разделе декларации, который носит название «Действия в случае промышленной катастрофы» содержится описание системы оповещения в ЧС, описание средств и мероприятий по защите людей, порядок организации их медицинского обеспечения. При описании системы оповещения приводятся сведения о ее создании и поддержании в готовности, схемы и порядок оповещения, требования к передаваемой информации. Описание средств и мероприятий по защите людей включает характеристики мероприятий по созданию, подготовке и поддержанию в готовности к применению сил и средств по предупреждению и ликвидации ЧС; обучению работников объекта способам защиты и действий в ЧС; по защите персонала в случае возникновения ЧС. Приводится порядок действий сил и средств по предупреждению и ликвидации ЧС и сведения о необходимых объемах и номенклатуре материальных и финансовых резервных ресурсах для ликвидации ЧС. Порядок организации медицинского обеспечения предполагает наличие сведений о составе сил медицинского обеспечения и порядка оказания доврачебной помощи на объекте пострадавшим.

Порядок информирования населения и органа местного самоуправления о прогнозируемых и возникающих на объекте ЧС, и порядок представления информации, содержащейся в декларации излагаются в разделе «Информирование общественности».

Обстановка, которая может сложиться в результате возможной аварии, отображается в ситуационном плане. План содержит обозначение промплощадки объекта с расположенными на ней зданиями и сооружениями с указанием количества в них работающих; организаций, населенных пунктов и других мест массового нахождения людей, которые находятся в зоне действия поражающих

факторов; зон возможного поражения с указанием численности людей в этих зонах и времени достижения поражающих факторов.

В приложении «Информационный лист» определяется порядок информирования общественности об опасном объекте, характере его производственной деятельности, применяемых опасных веществах, возможных авариях. Указываются наименование объекта, лицо, ответственное за связь с общественностью, способы оповещения при авариях и необходимые действия населения при катастрофе. Завершают декларацию сведения о выводе объекта или ООП из эксплуатации. В них приводятся обоснования безопасного вывода; информация о решении, на основе которого производится вывод, и плане вывода, согласованном с региональными органами МЧС и Госгорнадзора.

В декларациях безопасности проектируемых промышленных объектов и гидротехнических сооружений приводится дополнительная информация в соответствии с предъявляемыми к ним особыми требованиями. Эти требования касаются месторасположения объектов и обоснования принимаемых технических решений. Из декларации проектируемого объекта исключаются сведения о страховании, авариях и неполадках, информировании общественности.

5.1.1.2. Правила составления декларации и лицензирование деятельности промышленного объекта

Декларация безопасности разрабатывается предприятиями, организациями и учреждениями независимо от их организационно-правовой формы для проектируемых и действующих промышленных объектов. Организации разрабатывают ее самостоятельно или с привлечением организаций, имеющих лицензию на проведение экспертизы безопасности промышленных производств. Декларация безопасности действующих промышленных объектов утверждается руководителем организации, проектируемых – заказчиком проекта. Лицо, утвердившее декларацию, несет ответственность за полноту и достоверность представленной в ней информации.

Декларация составляется в четырех экземплярах и представляется в МЧС, Госгортехнадзор и орган местного самоуправления, на территории которого располагается декларируемый объект. Первый экземпляр утвержденной декларации хранится в утвердившей ее организации.

После утверждения декларация проходит экспертизу, порядок которой определяется МЧС и Госгортехнадзором. Экспертиза проводится в целях установления полноты и достоверности представляемой в ней информации, ее соответствия установленным требованиям по безопасному ведению работ, степени выявления опасностей и рисков на декларируемом объекте, достаточности принятых на объекте мер по обеспечению промышленной безопасности. Проведение экспертизы осуществляется организациями, имеющими лицензию на ее проведение. Результаты экспертизы также представляются в вышеназванные организации.

Декларация безопасности является обязательным документом для действующего промышленного объекта, который представляется в органы Госгортехнадзора при получении лицензии на осуществление промышленной деятельности, связанной с повышенной опасностью производства.

Разработка декларации и ее экспертиза осуществляются за счет средств декларируемого промышленного объекта.

Декларация безопасности пересматривается не реже одного раза в 5 лет, не позднее 1 года после ввода объекта в эксплуатацию и изменении действующих требований в области промышленной безопасности и предупреждения ЧС и не позднее 6 месяцев при изменении сведений, входящих в нее и влияющих на обеспечение безопасности, предупреждение ЧС и защиту населения.

Ведение компьютерного банка данных промышленных объектов, подлежащих декларированию безопасности, и анализ хода выполнения процедуры декларирования безопасности на территории РФ полагаются на органы МСЧ и Госгортехнадзора.

5.1.2. Строительные нормы и правила СНиП II.0151-90

5.1.2.1. Назначение, содержание и применение норм проектирования инженерно-технических мероприятий гражданской обороны

Строительные нормы и правила СНиП И. 0151-90 [54] являются документом, содержащим основополагающие требования в области обеспечения устойчивости ОЭ и всего народного хозяйства страны в условиях военного времени. Выполнение этих требований, обеспечивая устойчивость ОЭ при применении оружия, обеспечивает

ее и при стихийных бедствиях, а также промышленных катастрофах в условиях мирного времени. Требования содержатся в отдельной главе СНиП II. 0151-90, которая носит название «Нормы проектирования инженерно-технических мероприятий гражданской обороны» (НП ИТМ I О).

В целом НП ИТМ ГО направлены:

– на защиту населения и снижение возможных потерь при применении современных средств поражения, стихийных бедствиях и промышленных катастрофах;

– обеспечение устойчивости работы ОЭ, отраслей и народного хозяйства в целом в этих условиях;

– создание благоприятных условий для проведения спасательных и других неотложных работ в очагах поражения.

Требования НП ИТМ ГО излагаются в разделах: 1. Общие положения. 2. Защитные сооружения ГО. 3. Размещение объектов и планировка городов. 4. Предприятия и инженерные системы. 5. Электроснабжение и гидротехнические сооружения. 6. Электросвязь и радиовещание, телевидение. 7. Транспортные средства. 8. Защита сельскохозяйственных животных, продукции животноводства и растениеводства. 9. Светомаскировка городов и сельских поселений. 10. Объекты коммунально-бытового назначения.

Объем и содержание ИТМ ГО определяется в зависимости от групп городов и категорий ОЭ по гражданской обороне с учетом зонирования территории по возможному действию современных средств поражения, их вторичных поражающих факторов, масштабов возможных аварий, катастроф и стихийных бедствий. Разрабатываются и проводятся ИТМ ГО заблаговременно в мирное время, а, если это невозможно, то они осуществляются в особый период в возможно более короткие сроки. ИТМ ГО, изложенные в нормах, должны предусматриваться при составлении генеральной схемы развития и размещения производительных сил страны, схем развития и размещения производительных сил и расселения населения по экономическим районам, т.е.:

– схем развития и размещения отраслей народного хозяйства и отраслей промышленности;

– схем и проектов районной планировки;

– проектов планировки и застройки городских и сельских поселений;

– проектов планировки и застройки промышленных зон городов;

– проектов промышленных районов и узлов;

– материалов, обосновывающих строительство (технико-экономических обоснований и технико-экономических рекомендаций), а также проектно-сметной документации на новое строительство, расширение, реконструкцию и техническое перевооружение предприятий, зданий и сооружений.

В соответствии с требованиями норм должно осуществляться проектирование ИТМ ГО на действующих предприятиях.

5.1.2.2. Зонирование территорий

Для рационального и дифференцированного решения задач по предупреждению, реагированию и ликвидации ЧС территории, на которых могут действовать поражающие факторы, зонируются.

Территория с расположенными на ней категорированными городами и объектами особой важности, на которой может возникать избыточное давление во фронте воздушной ударной волны $\Delta P_ф > 10$ кПа составляет зону возможных разрушений (ЗВР). Зона возможных разрушений делится на зону возможных слабых (ЗВСл.Р) и зону возможных сильных разрушений (ЗВСР). ЗВСл.Р составляет часть ЗВР, в пределах которой возможно давление ΔРф от 10 до 30 кПа, ЗВСР – часть ЗВР с $\Delta P_ф > 30$ кПа. Граница ЗВСР располагается в границах проектной застройки категорированных городов и на удалении 3 км от границ проектной застройки объектов особой важности, расположенных вне категорированных городов, ЗВС л. *Р* – соответственно на удалении 7 и 10 км от их проектных границ. Зона возможных разрушений с прилегающей к ней территорией протяженностью 20 км составляет зону возможного опасного радиоактивного заражения (ЗВОРЗ). Полоса территории шириной 100 км, прилегающая к границе ЗВОРЗ, зону возможного сильного радиоактивного заражения (ЗВСРЗ).

Территория, прилегающая к химически опасному объекту (ХОО), в пределах которой при возможном разрушении емкостей с АХОВ вероятно распространение последних с поражающими концентрациями, составляет зону возможного опасного химического заражении (ЗВОХЗ). Удаление границы ЗВОХЗ приводится в приложении к «Нормам».

Территория, в пределах которой в результате возможного затопления возможны массовые потери людей, разрушение зданий и

сооружений, повреждение или уничтожение других материальных ценностей составляет зону возможного катастрофического затопления (ЗВКЗ). Размеры зон возможного катастрофического затопления определяются при разработке материалов, обосновывающих выбор площадей для строительства городов, сельских селений, объектов или зданий.

Территория в пределах границ республики, края, области или района, располагающаяся вне зон возможных разрушений, опасного радиоактивного, химического заражения, катастрофического затопления и пригодная для жизни местного и эвакуированного населения, образует загородную зону.

5.1.2.3. Требования НП ИТМ ГО к размещению объектов и планировке городов

Требования «Норм» к размещению объектов и планировке городов направлены на защиту и обеспечение жизнедеятельности населения при ЧС, исключение и ограничение возникновения возможных вторичных факторов и очагов поражения, повышение устойчивости ОЭ.

В соответствии с требованиями НП ИТМ новые предприятия и объекты должны располагаться на расстоянии не ближе 60км от границ зон возможных сильных разрушений и зон возможного катастрофического затопления для городов особой важности и 1й группы, 40 км – для городов 2-й группы и 25 км – для городов 3-й группы по ГО. При этом численность трудящихся групп не должна превышать 20 тыс. человек.

Размещение атомных станций (АЭС) связано с численностью соседствующих с ними городов. Требуемые удаления атомных станций от поселений и городов приведены в таблице 5.1

Удаление АЭС от зоны отдыха не должно быть менее 25 км. Плотность населения в 25-й километровой зоне вокруг АЭС не должна превышать 100 чел/км^2, а численность поселков для работников АЭС и их удаление от объекта – соответственно 50 тыс. человек на 1 км. Зона должна обладать дорожной сетью, необходимой для эвакуации персонала и населения при возможной аварии на АЭС.

Среди ОЭ особого внимания требуют объекты, работающие с легковоспламеняющимися, взрывоопасными и аварийными химически опасными веществами, являющиеся потенциальными источниками как

первичных, так и вторичных очагов поражения. Предприятия и склады этих веществ должны размещаться ниже по уклону местности по отношению к жилой застройке, предприятиям, пристаням, вокзалам. Базисные склады – располагаться в загородной зоне на расстоянии не менее 100 м от берегов рек и 200 м ниже поселений по течению рек.

Таблица 5.1

Удаление атомных станций от населенных пунктов

Населенный пункт и его численность тыс. чел	Расстояние от станции, км	Минимальное допустимое расстояние, км
Поселения	8	4
Города 100…500	25	25
Города 500…1000	30	25
Города 1000…1500	40	35
Города 1500…2000	50	40
Города >2000	100	100

Базисные продовольственные склады, предназначенные для снабжения категорированных городов, должны располагаться на окраине этих городов, а распределительные холодильники, склады продовольствия и промышленных товаров первой необходимости областного и республиканского значения – вне зон возможных сильных разрушений. Вне зон возможных разрушений должны располагаться базы и склады государственных материальных и продовольственных резервов. Особо важные ОЭ могут размещаться в горных выработках.

Горные выработки могут использоваться для хранения АХОВ, отходов атомной промышленности, топлива.

За пределами зон возможных разрушений и катастрофического затопления следует располагать пансионаты, санатории, дома и базы отдыха, детские оздоровительные учреждения и т.п. объекты, которые могут использоваться в условиях ЧС для размещения в них лечебных учреждений и эвакуированного населения.

Требования к планировке и застройке городов направлены на повышение пожарной безопасности категорированных городов, создание условий для организованного и быстрого проведения эвакомероприятий, обеспечение быстрого ввода сил и средств в пострадавшие в результате ЧС города, уменьшение вероятности разрушения объектов городского хозяйства.

В соответствии с существующей классификацией города делятся на крупнейшие с численностью населения более 500 тыс. человек, крупнейшие с численностью населения от 250 до 500 тыс. человек, большие с численностью населения от 100 до 250 тыс. человек, средние с численностью населения от 50 до 100 тыс. человек и малые с численностью населения до 50 тыс. человек. Наиболее экономичными среди них признаются города с населением до 250 тыс. человек. В этой связи НП ИТМ требуют руководствоваться при создании населенных центров нормами, приведенными в таблице 5.2 и 5.3.

Таблица 5.2

Максимальная численность населенных центров межрайонных и районных систем расселения

Группы городов, вокруг которых располагаются центры	Максимальная численность населенных центров, тыс. чел.	Минимальное расстояние между центрами, км
Особая и 1я группа	150	60
2я группа	75	40
3я группа	50	25

Таблица 5.3

Максимальная плотность населения жилых районов и микрорайонов.

Группа города по ГО	Плотность населения, чел/км^2		Место расположения района в городе
	Жилые районы	Микрорайоны	
Особая и 1я группа	280	459	Периферийные районы
2я группа	250	400	Периферийные районы
3я группа	235	375	Периферийные районы
Особая и 1я группа	235	375	Центральные районы
2я группа	220	350	Центральные районы
3я группа	200	325	Центральные районы

При реконструкции, планировке и застройке категорированных городов следует предусматривать членение селитебной территории, под которой понимают совокупность жилой застройки, коммунально-

бытовых, культурно-просветительских, оздоровительных зданий и сооружений с прилегающими к ним парками, скверами, водоемами, на жилые районы площадью не более 250 Га и создание между ними противопожарных разрывов протяженностью не менее 100 м, что позволяет избежать массовых пожаров и огневых штормов. В парках, садах, скверах необходимо предусматривать искусственные водоемы для тушения пожаров. Емкость водоемов должна приниматься из расчета 3000 $м^3/км^2$. В некоторых случаях допускается снижение до 1500 $м^3/км^2$. К водоемам и рекам, если они есть, должны устраиваться подъезды, обеспечивающие удобный забор воды в любое время года не менее, чем 3-мя пожарными машинами.

Магистральные улицы категорированных городов должны прокладываться с учетом обеспечения выхода по ним из жилых и промышленных районов на загородные дороги не менее, чем по двум направлениям. Эти магистрали должны пересекаться с другими улицами в разных уровнях. В зонах возможных сильные разрушений пересечения должны дублироваться другими переездами на расстоянии не менее 50 м от переезда или путепровода.

С целью уменьшения вероятности образования завалов и барьерных участков расстояние между зданиями, расположенными по обеим сторонам магистральных улиц, должно быть на 15 м больше высоты наиболее высокого здания, кроме высотных общественных зданий каркасной конструкции. Внутригородская транспортная сеть должна обеспечивать надежное сообщение между отдельными районами города и с центром, обеспечивая свободный доступ к магистралям, ведущим за город, к вокзалам, станциям и портам.

Сортировочные железнодорожные станции и узлы связи следует размещать за пределами зон возможных сильных разрушений, а на территории города - лишь пассажирские и грузовые станции. Гаражи пи автобусов, грузовых и легковых автомобилей должны размещать рассредоточено и, как правило, на окраинах городов.

Больницы должны размещаться за пределами зоны возможных разрушений.

5.1.2.4. Требования НП ИТМ к зданиям, сооружениям и внешним инженерным сетям

Устойчивость оборудования ОЭ в значительной мере определятся ограждающими конструкциями зданий и сооружений, в которых, но

размещается. НП ИТМ в этой связи рекомендуют при строительстве производственных зданий применять легкие несгораемые или трудносгораемые конструкции. Технологическое оборудование в тех случаях, когда это допускается условиями эксплуатации, размещать ни открытых площадках или под навесами.

При выборе типов зданий для складов продовольствия и продовольственного сырья с целью защиты от радиоактивного заражения предпочтение следует отдавать сооружениям силосного типа и закрытым резервуарам. Количество дверных и оконных проемов должно быть, минимально необходимым. При ликвидации последствий радиоактивного и химического заражения и проведении АС и ДНР требуется большое количество пунктов обработки. С этой целью НП ИТМ требуют душевые помещения на 10 и более кабин на предприятиях, бани в категорированных городах, поселках и населенных пунктах проектировать с учетом возможности их использования в качестве санитарно-обмывочных пунктов для обработки людей, подвергшихся заражению. Помещения для мойки автомобилей в гаражах, парках, на станциях обслуживания и других местах должны проектироваться с учетом возможности их использования для обеззараживания транспорта. Химчистки, механические прачечные должны допускать их использование для обеззараживания одежды.

Водоснабжение должно решать задачу устойчивого обеспечения водой категорированных городов в мирное и в военное время. При этом системы водоснабжения должны поддерживаться в готовности к использованию для целей пожаротушения. Вновь проектируемые системы для обеспечения водой городов и ОЭ необходимо базировать на двух независимых источниках воды, один из которых по возможности должен быть подземным. При невозможности такого решения водозабор одного из них следует предусматривать за пределами зоны возможного сильного разрушения. Суммарную мощность головных сооружений необходимо рассчитывать по нормам мирного времени из расчета 50 л/сут.чел. Предпочтение при строительстве следует отдавать системам оборотного водоснабжения, относящихся к числу наиболее эффективных способов уменьшения расхода воды и загрязнения водоемов. Все водозаборные скважины должны иметь приспособления для забора воды в переносную тару и пожарными машинами с дебетом 5 л/с. Оголовки водозаборных скважин следует размещать ниже уровня земли, а водонапорные

башни иметь обводные линии (байпасы). При проектировании новых водопроводов старые необходимо сохранять в качестве резервных.

При газоснабжении категорированных городов от двух и более самостоятельных магистральных газопроводов подача газа должна осуществляться не менее чем через две газораспределительные станции, расположенных с разных сторон города за пределами его застройки. С целью предотвращения выхода газа в окружающую среду при разрушении газопровода следует предусматривать отключающие устройства, срабатывающие от действия ударной волны. Надежное газоснабжение категорированных городов и ремонт поврежденных участков газопровода обеспечивают дублирование вводов и внедрение автоматических включающих и переключающих устройств. НП ИТМ предусматривают также закольцовывание сетей и применение байпасов. При этом газораспределительные станции должны быть оборудованы подземными байпасами. В категорированных городах следует предусматривать подземную прокладку газопроводов, их закольцовывание и применение обводных линий.

5.1.2.5. Требования НП ИТМ ГО к электроснабжению, гидротехническим и транспортным сооружениям, связи

Электроснабжение играет особую роль, поскольку ни один ОЭ не может без него работать. Поэтому энергетические сооружения и электрические сети должны обеспечивать устойчивость электроснабжения. Новые крупные тепловые электростанции мощностью 600 мвт и более должны размещаться на расстоянии не менее двух радиусов зон возможных сильных разрушений друг от друга и от категорированного города и объектов. В качестве резерва следует предусматривать мелкие стационарные станции, а также передвижные (железнодорожные, судовые) электростанции и подстанции. Схемы электрических сетей энергосистем должны предусматривать возможность их автоматического деления при необходимости на сбалансированные независимо работающие части. В настоящее время в стране существуют энергосистемы, условно разбиваемые на три группы, сформированные на базе линий 500 кв (Центр, Урал и др.), 330 кв (Северо-запад, Юг) и 220 кв (Забайкалье, Юг, Дальний Восток и др.). Сети размещаются вне зон возможных разрушений, энергосистемы закольцовываются. Линии электропередач должны проходить по разным трассам, закольцовываться и

подключаться к нескольким источникам. Для управления энергосистемами должны иметься отдельно стоящие загородные диспетчерские пункты.

При проектировании и строительстве гидроузлов в их бьефе должны быть предусмотрены мероприятия, обеспечивающие устойость сооружений напорного фронта при прохождении волны про-»а, образующейся при разрушении вышерасположенных гидроузлов также условия ее пропуска через фронт этих сооружений. Определены параметры волны прорыва и границы зоны возможного затопит в нижнем бьефе для случаев разрушения сооружений напорного фронта в условиях нормального и сниженного подпорных уровней водохранилища. Границы зон возможных затоплений, отметки максимальных уровней и другие параметры волны прорыва определяются для расчетного прорана в сооружениях напорного фронта при нормальном подпорном уровне воды в нижнем бьефе, а также для условий сниженного подпорного уровня с учетом возможного форсированного освобождения водохранилища в особый период. Должны быть предусмотрены приборы для регистрации прорыва и система оповещения населения о затоплении.

На железных дорогах следует предусматривать устройство обходов и веток для возможности проезда вне категорированных городов. Базы-стоянки резерва и пункты подвижного состава должны рас полагаться вне зон возможных разрушений и затопления. Необходимо предусматривать двухстороннее снабжение электрических тяговых подстанций.

Автомобильные дороги общегосударственного и республиканского значения должны прокладываться за пределами границ застройки категорированных городов. Мосты через судоходные реки также должны размещаться вне категорированных городов на расстояниях, исключающих их разрушение одним ядерным взрывом.

Трассы магистральных трубопроводов должны проходить при наземной прокладке за пределами ЗВР, при заглубленной – вне ЗВСР. Прокладка трубопроводов должна сопровождаться кольцеванием.

НП ИТМ ГО требуют при проектировании и строительстве метрополитена учитывать возможность его использования в качестве убежища, для эвакуации и рассредоточения, а также перевозки рабочих, продолжающих работу в военное время. Для оперативного руководства метрополитеном в нем должен быть предусмотрен командный пункт.

Специальными требованиями «Норм» сетевые узлы связи, узловые станции и магистрали, обслуживаемые усилительные пункты и приемные станции должны располагаться за пределами зон возможных разрушений и катастрофического затопления. За пределами зон возможных сильных разрушений и катастрофического затопления прокладываются междугородные кабельные линии. Вне зон возможных разрушений – радиорелейные линии. Переходы кабельных магистралей через судоходные реки прокладываются по мостам. Местные АТС должны быть связаны с федеральными сетями.

5.2. Основные принципы повышения устойчивости объектов экономики

Основные принципы деятельности по повышению устойчивости ОЭ в ЧС сводятся к следующему:

1. Повышение устойчивости объектов экономики должно являться органической составной частью деятельности проектных, строительных, монтажных организаций, осуществляющих проектирование, строительство и монтаж ОЭ и его технологического оборудования, руководства и всего производственного персонала объекта в процессе его эксплуатации от ввода до вывода. Требования повышения устойчивости ОЭ должны быть встроены в процедуру принятия управленческих, проектных, строительных, хозяйственных и социальных при создании и эксплуатации ОЭ на приоритетных правах.
2. ОЭ полностью гарантированных от риска возникновения ЧС не существует. Отсюда следует принцип максимально необходимого повышения устойчивости за счет обеспечения надежности и мости инженерных систем и технологического оборудования ОЭ на всех стадиях существования от разработки до вывода из эксплуатации и осуществления необходимых защитных мероприятий.
3. Деятельности по повышению устойчивости должна быть присуща комплексность. Содержание этого принципа подразумевает охват всех стадий существования ОЭ, всех видов его производственной деятельности, всех инженерных систем и всех путей и способов повышения устойчивости.
4. Деятельности по повышению устойчивости ОЭ должна быть присуща превентивность, что означает, что приоритет в этой деятельности должен отдаваться мероприятиям, направленным на

уменьшение риска возникновения причин потери устойчивости (безопасному размещению ОЭ и его структурных элементов относительно опасных зон потенциальных очагов поражения, обеспечению максимально возможной надежности инженерных систем и технологического оборудования, эргономике, использованию имитационных моделей и тренажеров для подготовки производственного персонала по направлению их основной деятельности и деятельности при угрозе возникновении ЧС, психофизиологической устойчивости, дисциплинированности и высокой профессиональной подготовке персонала, его умению быстро принять решение и действовать в ЧС). Этот принцип предполагает процедуру конкурсов проектов по повышению устойчивости и их всестороннюю оценку независимыми экспертами.

5. Повышение устойчивости ОЭ должно отвечать требованиям эффективности и экономической целесообразности, что означает учет всех факторов, влияющих на устойчивость ОЭ, достаточность и адекватность осуществляемых мероприятий возможным ЧС при их одновременном положительном влиянии на совершенствование процесса производства и другие показатели производственной деятельности.

5.3. Пути, способы и мероприятия по повышению устойчивости объектов экономики

5.3.1. Общие положения

Пути и способы повышения устойчивости работы ОЭ в условиях ЧС, и могут быть представлены в виде структурной схемы, показанной на рис. 5.1.

Они делятся на пути и способы, предотвращающие причины потери устойчивости, предотвращающие потерю устойчивости, обеспечивающие устойчивость и восстанавливающие ее. Первые два пути предотвращают причины возникновения ЧС и сами ЧС, являющиеся причиной потери устойчивости ОЭ. Они приемлемы только по отношению к ЧС, потенциально возможным на самом объекте. Третий и четвертый путь – к внутренним и внешним ЧС.

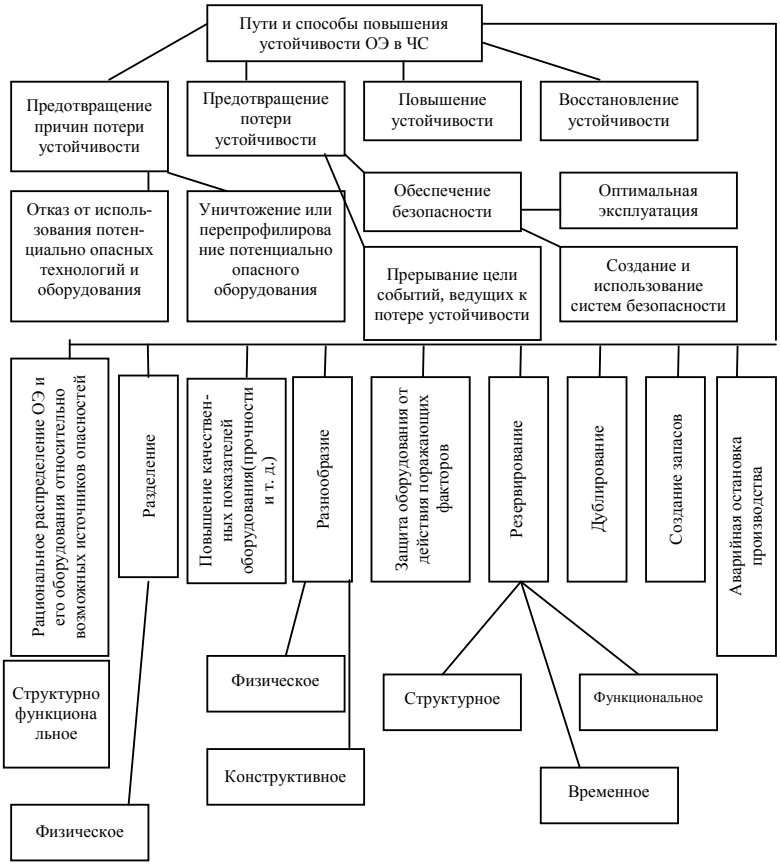

Рис 5.1 Пути и способы обеспечения устойчивости работы ОЭ в ЧС

Способы повышения устойчивости по направлению первого пути сводятся к отказу от использования, уничтожению или перепрофилированию потенциально опасного оборудования и технологий. Второго пути - прерыванию цепи событий, ведущих к ЧС, и обеспечению безопасности. Третьего пути – повышению надежности используемого оборудования и технологий. Четвертого пути – к быстрому восстановлению устойчивости ОЭ после ее потери в

результате ЧС. Наиболее эффективными являются первые два пути. Однако повышение устойчивости ОЭ с их использованием не всегда возможно в отличие от третьего и четвертого путей.

Способы повышения устойчивости многообразны, но решение задачи может быть достигнуто только при их комплексном применении. Поэтому работу по повышению устойчивости проводят, используя все доступные в данных конкретных условиях пути и способы. Выбор путей и способов основывается на системном анализе значимости влияющих на работу ОЭ поражающих факторов при ЧС и чувствительности элементов ОЭ к их изменению.

Мероприятия по повышению устойчивости разрабатываются на основе возможных путей и способов на завершающем этапе исследований каждого из факторов, оказывающих влияние на работу ОЭ. Большая часть их них осуществляется на объекте заблаговременно, меньшая – в преддверии ЧС, наступление которых известно или заранее спрогнозировано.

При разработке мероприятий руководствуются требованиям НП ИТМ ГО [54] и результатами реальной оценки устойчивости, полученными в ходе проведения ее исследования. При этом учитывается, что достижение абсолютной устойчивости и исключение ущерба практически невозможно. Поэтому планируются и осуществляются лишь те мероприятия, которые позволяют уменьшить ущерб, обеспечить защиту производственного персонала и выпуск запланированной продукции при условии экономической целесообразности мероприятий. Обычно мероприятия считаются целесообразными, если суммарные затраты на них не превышают (1-2) % стоимости основных производственных фондов. Осуществляемые мероприятия, прежде всего, направлены на повышение устойчивости тех видов производственных структур без участия которых невозможен выпуск основной продукции ОЭ. Важную роль играют мероприятия по рациональному размещению производств на территории объекта экономики. Эти мероприятия обычно осуществляются на этапах проектирования и реконструкции предприятия и реже на этапе его эксплуатации. Они сводятся к зонированию производств, т.е. к размещению однотипных видов производств в отдельных зонах, отделяемых друг от друга широкими магистральными проездами, искусственными водоемами или зелеными насаждениями; использованию рельефа местности; малоэтажной рассредоточенной планировке производств; максимально

возможному с учетом производственного и экономического факторов уменьшению плотности застройки; переносу в загородную зону вспомогательных и пирующих производств, складов сырья и готовой продукции; размещению оборудования, если это возможно, вне зданий или в зданиях с облегченным покрытием.

Объем мероприятий и их содержание определяются масштабами и характером возможных ЧС; величиной риска их возникновения характеристиками, степенью важности объекта в системе экономики страны и степенью его опасности для окружающей среды и населении при ЧС на самом объекте; собственными возможностями и возможностями государственных и иных структур, которые могут оказать помощь объекту в обеспечении необходимой степени его устойчивости.

При выборе путей, способов и мероприятий для повышения устойчивости ОЭ ориентируются на ситуации, которые определяются значительной величиной риска их реализации и наибольшими потерями и ущербом.

В условиях возможной военной конфронтации такой ситуацией и является применение потенциальным противником ядерного оружия и возникновение очага ядерного поражения в месте расположения объекта. Эта ситуация является основной для важных в структуре народного хозяйства объектов промышленности, энергетики, транспорта и других при сохранении в мире ядерного оружия и концепции ядерного сдерживания, поскольку сохранение экономического потенциала и зашита населения являются составляющими ядерного паритета. При этом учитываются ЧС мирного времени, создающие дополнительные действия на ОЭ.

В безъядерном варианте ведения военных действий ориентируются на сценарии с применением особо точных боевых средств.

Для некоторых объектов определяющими могут быть ЧС мирного времени. К таким объектам относятся объекты, применение оружия по которым в военное время маловероятно, т.е. расположенным вне категорированных городов и на значительном удалении от категорированных объектов за пределами очагов ядерного поражения, но в районах, где возможно проявление опасных природных явлений (землетрясений, ураганов, наводнений и др.), а также в зонах поражения при авариях на потенциально опасных объектах, прежде всего радиационно и химически опасных.

Содержание и объем мероприятий для этих объектов определяются действием всех возможных первичных и вторичных поражающих факторов при условии их наибольшего поражающего эффекта.

При выборе мероприятий учитываются вопросы оптимизации производимых затрат, что главным образом определяется минимально необходимым объемом мероприятий и их полезностью в условиях повседневной производственной деятельности ОЭ, связанной с улучшением условий труда производственного персонала, увеличением выпуска товарной продукции, улучшением экологической обстановки в районе объекта и т.п.

Все разработанные мероприятия отражаются в сводном плане. Заблаговременные мероприятия и мероприятия, осуществляемые в преддверии ЧС, составляют содержание отдельных разделов плана. Каждый из этих разделов делится на мероприятия, осуществляемые ОЭ, и мероприятия, требующие привлечения сторонних организаций. В плане указываются объем и стоимость работ, источники финансирования, необходимые силы, средства и материалы, ответственные исполнители и сроки исполнения. По мере развития ОЭ и изменения обстановки, в которой он функционирует, в план вносятся необходимые коррективы.

5.3.2. Обеспечение защиты производственного персонала

Надежная защита производственного персонала в ЧС является важнейшим условием повышения устойчивости ОЭ.

Мероприятия, обеспечивающие защиту персонала, основаны на своевременном обнаружении, оповещении и исключении или ослаблении действия поражающих факторов путем осуществления мониторинга окружающей среды и производственных процессов, использования эффективных систем оповещения и средств защиты, проведения эвакомероприятий. Решение задачи мониторинга достигается оснащением объекта приборами и системами, позволяющими обнаруживать опасные концентрации углеводородных топлив и химических веществ, радиоактивные излучения и тому подобные факторы, оказывающие поражающее воздействие на людей. ОЭ должны иметь объектовую систему оповещения об опасности, подключенную к городской или региональной системе оповещения и достаточное для укрытия наибольшей работающей смены количество защитных сооружений. При их недостаточном количестве

осуществляется дополнительное строительство убежищ и противорадиационных укрытий соответствующих классов и групп, быстровозводимых убежищ и простейших укрытий. Строительство последних производится в военное время в и рожаемый период. Однако вся подготовительная работа осуществляется заблаговременно. К ней относится приобретение проектной документации; выбор конкретных мест, на которых будет осуществлять строительство; их посадка и привязка; заготовка всех необходимых строительных материалов и оборудования, инструмента и технических средств; выделение и обучение производственного персонала.

Каждый рабочий и служащий ОЭ должен иметь средства индивидуальной защиты, обеспечивающие ее при перспективных авариях и катастрофах. Накопление средств индивидуальной защиты производится ОЭ самостоятельно с хранением их в местах, максимально приближенных к тем, для кого они предназначены. Каждый член производственного коллектива должен уметь пользоваться средствами защиты и находиться в них в течение всего времени возможного действия поражающих факторов.

Для вывода персонала с территории и из сооружений объекта при возникновении опасных очагов поражения или угрозе применения оружия в военное время планируется проведение эвакомероприятий. Спланированные эвакомероприятия должны постоянно уточняться с учетом изменяющейся обстановки. Их эффективная реализация обеспечивается проведением учений и тренировок, а также хорошей подготовкой руководящего состава объекта.

Для уменьшения риска поражения людей при попадании ОЭ в зону радиоактивного заражения в случае аварий на радиационно-опасных объектах и применении ядерного оружия в военное время, авариях на химически опасных объектах, угрозе бактериального заражения производится герметизация производственных зданий и помещений. При герметизации зданий предполагается заделка всех щелей и трещин в ограждающих конструкциях; закладка дверных, оконных и иных проемов, отсутствие которых не нарушает условий эксплуатации; штукатурка внутренних поверхностей наружных стен при наличии пустот в швах кладки; герметизация вводов в наружные стены коммуникаций (водопровода, отопления, воздуховодов, канализации, электроснабжения и др.). На воздухозаборных и вытяжных устройствах приточно-вытяжных систем вентиляции устанавливаются герметические задвижки или крышки. Работы по

герметизации выполняются по проекту, разрабатываемому проектной организацией в соответствии с заданием на проектирование, выданным объектом. Перечень и объем инженерно-технических мероприятий по герметизации определяется в ходе проведения исследования устойчивости ОЭ.

Для защиты от радиоактивных веществ открытых частей машин, агрегатов и пультов управления, с которыми соприкасаются люди во время работы, могут быть использованы полиэтиленовые чехлы, брезенты и другие покрытия.

Для обеззараживания воды, поступающей для хозяйственно-бытовых и производственных нужд из открытых источников очистные сооружения (отстойники, фильтры, хлоратные установки) оборудуются устройствами для задержки радиоактивных, отравляющих, аварийно химически опасных веществ и бактериальных средств.

С целью проведения возможной специальной обработки оборудования и санитарной обработки людей создаются запасы дезактивирующих, дегазирующих и дезинфицирующих веществ, а также необходимых материалов и технических средств. Душевые объекты приспосабливаются для проведения при необходимости полной санитарной обработки производственного персонала. Работы по специальной обработке зараженных помещений и оборудования производятся личным составом формирований обеззараживания гражданской обороны объекта.

5.3.3. Повышение устойчивости инженерно-технического комплекса

Повышение устойчивости зданий и сооружений может быть достигнуто за счет их рационального размещения на территории ОЭ, оптимальной конструкции и усиления прочности. При этом повышение прочностных характеристик в виду больших затрат целесообразно только для зданий особо важных производственных участков и цехов. Предел прочности таких зданий увеличивают, как правило, до общепринятого на данном ОЭ.

По времени мероприятия по повышению устойчивости производственных зданий осуществляются на этапе проектирования,

нового строительства, реконструкции и на этапе эксплуатации. Одним из основных факторов, вызывающих разрушение зданий,

является ударная волна. По отношению к ней предусматривается либо ее пропуск через здание, либо повышение прочностных свойств основных конструктивных элементов здания. На этапе проектирования, нового строительства и реконструкции задача решается за счет применения каркасных конструкций из железобетонных или металлических унифицированных элементов и легкого стенового заполнения из хрупких материалов (пенобетона, керамзитобетона или подобных материалов). Мгновенное разрушение стенового заполнения при взрыве превращает здание в открытую каркасную конструкцию, обладающую большей сопротивляемостью действию ударной волны. Для пропуска ударной волны стеновые панели могут выполняться не только «вышибными», но и поворачивающимися вокруг горизонтальной оси при действии ударной волны с последующим возвращением в исходное состояние под действием сил гравитации. При проектировании перекрытий применяются прочные, но легкие материалы и конструктивные решения, позволяющие уменьшить массу перекрытий, что приводит к уменьшению ущерба при их обрушении. Каркасные конструкции, стеновые заполнения, перекрытия, перегородки проектируют из несгораемых или трудно сгораемых материалов, что значительно снижает риск возникновения пожаров и их масштабы. Уменьшается парусность зданий за счет снижения их высоты и увеличения отношения суммарной площади оконных проемов к общей площади стен. При величине отношения более 50 % ударная волна, затекающая в здание, практически не усиливается за счет отражения. Уменьшение парусности повышает устойчивость зданий не только к действию ударной волны, но и к действию ветра при ураганах. Устойчивость зданий к действию ударных и сейсмических волн при землетрясениях повышается при использовании антисейсмических принципов строительства (простой конфигурации в плане, членении на отсеки антисейсмическими швами, сооружении антисейсмических железобетонных поясов в уровнях междуэтажных перекрытий и других принципов). Поскольку повышенная сложность антисейсмических конструкций увеличивает стоимость здания, антисейсмические принципы используются обычно лишь для зданий и сооружений основных производств. Некоторые типы зданий и сооружений проектируются полузаглубленными, что не только увеличивает их устойчивость, но и позволяет использовать подземные

этажи для размещения уникального оборудования и защитных сооружений для укрытия производственного персонала.

Решение задачи повышения устойчивости эксплуатируемых зданий достигается уменьшением расчетных пролетов существующей сети опорных колонн путем установки дополнительных опор; подведением дополнительных опор вне сетки проектных колонн; усиление опорных колонн металлическим бандажом с заливкой пустот бетоном; введение дополнительных элементов жесткости каркаса и усилением его наиболее слабых узлов дополнительными связями; усилением несущих плит перекрытия нижних этажей подведением дополнительного ряда опор; усилением опорных колонн ферм перекрытия путем разгрузки части несущей стены; освобождением верхних этажей здания от второстепенного технологического оборудования.

Обсыпка стен цокольных и первых этажей грунтом обеспечивает не только повышение устойчивости к действию ударной волны небольших по габаритам зданий, но и радиационную защиту работающего в них производственного персонала.

Для уменьшения последствий действия ударной волны на панели межэтажных перекрытий применяются противоударные элементы, поглощающие энергию удара. В качестве противоударных элементов могут использоваться трубы из отпущенной стали, работающие на смятие. В целом задача повышения устойчивости функционирующих зданий решается значительно сложнее, чем проектируемых. Поэтому во многих случаях, осуществляя доступные мероприятия по повышению устойчивости этих зданий, целесообразно основное внимание обращать на повышение устойчивости технологического оборудования.

Устойчивость технологического оборудования достигается применением мероприятий, направленных на обеспечение сохранности особо ценного и уникального станочного парка, без которого невозможно продолжение производства; рациональное размещение оборудования и усиление его наиболее слабых элементов; создание запаса элементов, особо ответственных узлов и деталей, материалов и инструментов, необходимых для ремонта. Принимаются меры для повышения устойчивости оборудования, прочности его закрепления на фундаментах, защиты от воздействия обломков разрушающихся конструкций зданий.

В любом из видов производств всегда есть группа наиболее важного технологического оборудования, от устойчивости работы которого зависит выпуск продукции. Для защиты такого оборудования от падающих обломков разрушенных конструкций здания применяют металлические сетки, выполненные из арматурной стали, и приспособления, защищающие наиболее ответственные и уязвимые узлы и станков. Это могут быть козырьки, колпаки, навесы и т. п. приспособит. Могут использоваться особые свойства элементов из отпущенного металла, поглощающие энергию падающих строительных элементов и их обломков. С их помощью изготавливаются приспособления, получившие название «зонта».

В качестве противообвальных и противоударных устройств могут применяться витые цилиндрически звенья, работающие на растяжение, сжатие и скручивание; дуговые опоры; ленты; пространственные податливые опоры; податливые болты, шпильки и анкеры. В целом вопрос защиты оборудования от действия обломков решается комплексно одновременно с вопросом повышения устойчивости зданий цехов, в которых оно расположено. При защите оборудования от непосредственного действия ударной волны могут использоваться ее аэродинамические свойства. Другим способом защиты является крепление станочного оборудования на фундаментах болтовыми соединениями.

На практике, как правило, используются все имеющиеся возможности по защите, как отдельных видов оборудования, так и их групп, участков, линий с учетом специфики ОЭ.

Наибольшую сложность в повышении устойчивости технологического оборудования представляют поточные линии сборочных цехов, имеющие большое количество подвесных конструкций и приспособлений с низкой устойчивостью к действию поражающих факторов.

Повышают их устойчивость, применяя податливые крепежные элементы, воспринимающие энергию удара.

Действенным способом является постоянная модернизация технологического оборудования с целью повышения надежности его работы.

Надежность технологических процессов обеспечивается за счет устойчивости системы управления и бесперебойного обеспечения всеми видами сырья, материалов и энергии; их упрощения; исключения или ограничения использования горючих, взрывоопасных

и аварийно химически опасных веществ; возможности переноса производим в другие цехи; разработки эффективных способов безаварийной остановки технологических установок или перевода их на пониженный режим работы и обходных технологических процессов.

Основой для разработки обходных технологических процессов служат возможные разрушения станочного и технологического оборудования с выходом из строя отдельных станков и целых линий, планируемая эвакуация части оборудования, вызывающая нарушение технологического цикла на основном производстве; нарушение поставок сырья; возможность использования другого вида инструмента, топлива и другие причины. Измененные технологии (не обязательно упрощенные) должны отвечать требованиям выпуска планируемой продукции хорошего качества и в установленные сроки. При разработке обходных технологий должна учитываться возможность получения тем или иным цехом слабых или средних разрушений и продолжения работы с оставшимся оборудованием, инструментом, сырьем, материалами и производственным персоналом. Каждый разработанный технологический процесс обеспечивается необходимой технологической документацией. Предусматривается возможность выпуска продукции, ее узлов и агрегатов упрощенной конструкции.

Обходные технологические процессы и все необходимые для их реализации мероприятия разрабатываются заранее.

Промышленные объекты являются крупнейшими потребителями электроэнергии со сложной и разветвленной системой их электроснабжения. Специфической особенностью энергосистем является большое разнообразие приемников электроэнергии по мощности и режиму работы. Для уменьшения потерь электроэнергии и увеличения надежности электроснабжения системы электроснабжения ОЭ строятся таким образом, чтобы все ее элементы постоянно были под нагрузкой.

Схемы распределения электроэнергии внутри предприятия строятся ступенчато. Первой ступенью является участок от главной понизительной подстанции на (110-220) кв до распределительного пункта на (6-10) кв, второй - от распределительного пункта до цеховых подстанций на (6-0,66) кв. Внутризаводская распределительная сеть может быть радиальной с расположением нагрузок в радиальном направлении от центра питания и магистральной с подачей

электроэнергии от главной понизительной подстанции или теплоэлектроцентрали объекта непосредственно к цеховым трансформаторным подстанциям.

Система электроснабжения является определяющей системой ОЭ, от работы которой в значительной мере зависит его устойчивость.

Устойчивость системы электроснабжения достигается совместным выполнением ряда общегородских (региональных) и объектовых инженерно-технических мероприятий. Главные из них следующие.

Предприятие обеспечивается электроэнергией не менее, чем от двух линий распределительной сети города (региона) таким образом, чтобы при выходе из строя одной линии электроэнергия поступала бы от другой. Внутри объекта отдельные участки распределительной сети связаны через автоматическую систему, позволяющую выключать их при аварии. Кабели электроснабжения прокладываются под землей в траншеях или в общих коллекторах. При этом кабельные трассы выбираются наиболее короткими и прямыми под непроезжей частью территории объекта или под тротуарами. Наиболее уязвимые элементы системы, которыми являются наземные сооружения (понизительные и трансформаторные станции, подстанции, распределительные пункты) усиливаются до принятого предела устойчивости к механическим воздействиям, обеспечивается их противопожарная устойчивость. Защищаются внутрицеховые осветительные и силовые щиты. Дублируются воздушные линии внутризаводской распределительной сети, если их невозможно проложить под землей. С учетом технологии производства разрабатывается схема специальных режимов работы системы электроснабжения, позволяющая поэтапно подключать источники питания к цехам и участкам. Готовится систем аварийного электроснабжения главных производств с использованием передвижных электростанций и отбором мощности с имеющихся, но не используемых по прямому назначению электросиловых установок, например, кранов большой грузоподъемности, энергоустановок морских и речных судов.

Для отопления и различных технологических целей на предприятиях широко используются горячая вода и пар. Их источниками являются городские или районные ТЭЦ и котельные, а на очень крупных ОЭ – объектовые ТЭЦ. Подаются горячая вода и пар с помощью тепловых сетей, которые включают в себя систему подающих и обратных теплопроводов горячего теплоснабжения и сеть паропроводов.

Пар в сети подается под давлением (700-2500) кПа. Трубы тепловых сетей обычно прокладываются на наземных эстакадах, а в некоторых случаях – на кронштейнах, закрепленных на стенах зданий и сооружений. Такая прокладка более экономична и проста в эксплуатации, но обладает низкой устойчивостью к действию поражающих факторов. При действии ударной волны средние разрушения наблюдаются, начиная с давлений на фронте воздушной ударной волны ~35 кПа.

Устойчивость тепловых сетей достигается за счет обеспечения равнопрочности ее наземных сооружений с остальными элементами инженерно-технического комплекса объекта, защиты распределительных устройств, контрольно-измерительной аппаратуры и приборов автоматики, кольцевания сетей с установкой автоматических отключающих устройств, прокладки трубопроводов в грунте или в подземных коллекторах. При невозможности переноса тепловых сетей с эстакад в подземные коллекторы принимаются меры по повышению устойчивости эстакад и усилению крепления к ним трубопроводов. При прокладке трубопроводов на низких эстакадах их устойчивость повышается обсыпкой грунтом.

Устойчивость системы водоснабжения ОЭ определяется возможностью подачи необходимого количества воды в условиях ЧС.

Предприятия, расположенные в городе, получают воду из городского водопровода. В сеть внутризаводского водопровода она может подаваться от городских магистралей или через местные повысительные насосные станции.

В целях повышения устойчивости вода подается от городских линий не менее, чем по двум вводам. Сеть закольцовывается для обеспечения возможности маневра путем обхода поврежденных участков. Для нужд производства и пожаротушения создаются резервные источники водоснабжения, которыми могут быть естественные и искусственные водоемы, оборудованные для забора воды; артезианские скважины.

При создании резервных источников водоснабжения обеспечивается их защита от заражения радиоактивными, аварийными химически опасными веществами и бактериальными средствами. Наиболее просто эта задача решается при использовании подземных резервуаров и артезианских скважин, оголовки которых герметизируются. Наземные сооружения системы водоснабжения

(насосные станции, пункты управления, устройства энергопитания) защищаются от действия

механических поражающих факторов. С этой же целью заглубляются в грунт все коммуникации. Переключающие устройства и пожарные гидранты устанавливаются на незаваливаемой территории. Устраиваются перемычки, переключающие устройства и обводные линии (байпасы), значительно повышающие живучесть системы объектового водоснабжения. Осуществляются мероприятия по бесперебойному электроснабжению насосных станций. При отказе основных источников питания предусматривается использование резервных источников.

При новом строительстве и реконструкции целесообразно устройство системы оборотного водоснабжения, более устойчивой к действию поражающих факторов.

Для повышения устойчивости системы канализации она делится на раздельные сети ливневой и промышленно-хозяйственной (фекальной) вод. Для промышленной и хозяйственной канализации устраивается не менее двух выпусков в городские и канализационные коллекторы. Предусматриваются аварийные сбросы и перепуски на случай аварий или разрушения городских насосных станций. Обеспечивается защита наземных станций перекачки и их надежное электроснабжение. На объектовых канализационных коллекторах устанавливаются аварийные задвижки, которые находятся в колодцах, располагаемых с интервалом 50 м на незаваливаемой территории.

Снабжение ОЭ газом осуществляется от системы городского газоснабжения. Мероприятия, обеспечивающие устойчивость функционирования этой системы, сводятся в основном к следующему. Питание ОЭ газом должно осуществляться от закольцованной распределительной сети высокого (300-600 кПа) и среднего (5-300 кПа) давления через не менее, чем два ввода от разных магистралей. Вводы соединяются на территории объекта, образуя закольцованную внутри-объектовую сеть. Все газовые вводы на территорию объекта и в здания цехов оборудуются автоматическими отключающими устройствами. Сеть газопроводов на территории объекта должна быть подземной с прокладкой на глубине не менее (2-2,5) м, а наземные сооружения (газо-регулирующие пункты, газораспределительные установки) надежно защищены. На сети должны быть предусмотрены обводные линии (байпасы) с отключающими устройствами, а сама сеть приспособлена для работы при сниженном давлении в целях

уменьшения вероятности возникновения пожаров. Резервные емкости для хранения газа должны располагаться под землей и выдерживать высокое давление газа. Кроме них в качестве автономных источников могут использоваться также подземные хранилища или автоцистерны со сжиженным газом.

Существенную роль в повышении устойчивости систем энергоснабжения играет подготовка к использованию при необходимости резервных источников топлива. Объемы резервных запасов топлива должны быть рассчитаны на период времени, необходимый для восстановления пострадавших при ЧС систем энергоснабжения, а технические средства, сооружения, транспортные средства, производственный персонал – подготовлены для работы с ними. Подготовка включает организацию хранения, доставки, выделение и обучение производственного персонала, приспособление энергосистем для работы на резервных видах топлива и т.п. вопросы.

В целом устойчивость работы систем энергоснабжения достигается осуществлением мероприятий регионального и объектового характера. Дорабатываются вопросы возможности использования дублирующих и создания резервных источников энергии. Дублируются, закольцовываются и защищаются сети; защищаются особо ответственные элементы и устройства энергетических систем; повышается их прочность; разрабатываются и используются источники энергии, способные работать на различных видах энергоносителей; создается запас материалов и деталей, необходимых для ремонта; запас энергоносителей. Принимаются меры по предупреждению возникновения вторичных поражающих факторов. Внедряются на энергосетях системы автоматического управления, отключающие поврежденные участки без вмешательства производственного персонала.

Повышение пожароустойчивости ОЭ обеспечивается блокированием факторов, способствующих возникновению и развитию пожаров, а также осуществлением мероприятий, связанных с их своевременным обнаружением, локализацией и тушением.

К числу мероприятий, повышающих устойчивость ОЭ к пожарам, прежде всего относится строгое выполнение правил и норм пожарной безопасности при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации. Для уменьшения вероятности возникновения пожаров необходимо проводить работу по очистке территории, чердачных и подвальных помещений, лестничных клеток и других помещений всех

горючих и особенно легковоспламеняющихся веществ и материалов. Все малоценные деревянные строения, заборы, навесы должны быть снесены. Количество пожаровзрывоопасных веществ в цехах не должно превышать требующегося для осуществления операций усмотренных технологическим процессом. Если по технологии возможно , горючие вещества и материалы заменяются негорючими. Емкости с горючими веществами усиливаются, заглубляются или обваловываются, устраиваются стоки и ловушки. На опасных в пожарном отношении технологических аппаратах и линиях устанавливаются устройства подавления взрывов и возгораний, водяных завес, автоматически срабатывающие задвижки, гидрозатворы. Осуществляется подготовка к безаварийной остановке плавильных, нагревательных закалочных печей и им подобного технологического оборудования.

Ограничение распространения возникших пожаров достигается возведением дополнительных противопожарных стен (брандмауэров), перегородок, дверей, разрывов, полос.

Для эффективной борьбы с пожарами производственные здания и сооружения оснащаются противопожарным инвентарем, ручными

средствами пожаротушения, автоматическими системами пожарной сигнализации и тушения, противопожарной техникой. Исправность средств борьбы с пожаром должна периодически, в соответствии с установленными сроками, контролироваться и поддерживаться. Создаются запасы огнетушащих веществ, необходимых для тушения специфических видов пожаров. На территории ОЭ при отсутствии естественных строятся искусственные противопожарные водоемы с необходимым запасом воды, дорогами и подъездами к ним, площадками для постановки пожарных машин, мотопомп и другой противопожарной техники. Могут устраиваться артезианские скважины, оборудованные для забора воды пожарными машинами, устанавливаться резервуары с запасом воды для тушения пожаров. Система водоснабжения оборудуется гидрантами. Для беспрепятственного доступа пожарных и техники к местам возникших пожаров проходы в цехах должны быть освобождены от лишнего имущества и материалов, а магистральные проезды и подходы к цехам расчищены.

Защита от возгорания горючих материалов при действии светового излучения ядерного взрыва достигается окраской оконных проемов известковой или меловой побелкой, закрытием их легкими

несгораемыми щитами, теплоотражающими шторами, жалюзи, удалением матерчатых занавесей, штор с окон, заменой в них сгораемых утеплителей на несгораемые. Деревянные конструкции зданий и сооружений покрываются огнезащитными составами (известково-солевым, суперфосфатным, глиняным), а наружное технологическое оборудование красится огнезащитными красками.

В преддверии ЧС производится подготовка к немедленному использованию пожарных гидрантов, водоемов, артезианских скважин, резервуаров, противопожарной техники и оборудования. Сокращается до минимума количество пожаровзрывоопасных веществ в цехах, а оставшиеся хранятся в специальных емкостях. Осуществляется подготовка к безаварийной остановке работающих цехов и при необходимости остановка как отдельных цехов и участков, так и всего технологического процесса в целом. Последовательно отключаются в случае опасности подача газа, жидкого топлива, электроэнергии. Усиливается надзор за противопожарным состоянием объекта.

Существенную роль в повышении пожароустойчивости ОЭ играют создание и подготовка противопожарных формирований, а также разработка инструкций; отражающих специфические особенности возникновения и развития пожаров в цехах и на участках объекта.

5.3.4. Подготовка к безаварийной остановке производства

Одним из важных направлений повышения устойчивости ОЭ является разработка мероприятий по безаварийной остановке производства. Причинами, вызывающими такую необходимость, могут быть выход из строя отдельных агрегатов, прекращение подачи электроэнергии, воды, пара, повреждение предохранительных устройств и т.д. Следствием этого могут быть аварии, связанные со значительным повреждением и разрушением технологического оборудования и отдельных его элементов, выходом в окружающую среду ядовитых веществ и гибелью производственного персонала, взрывами, пожарами и т.п. последствиями, которые в конченом счете приведут к нарушению нормальной производственной деятельности ОЭ, Т.е. потере им устойчивости. Поэтому необходимо заблаговременно продумать и разработать способы и мероприятия безаварийной остановки объекта, понижения режима работы, отключения потребителей от источников энергии, а на предприятиях

химической промышленности и поступления технологического сырья. Для повышения надежности автоматические отключающие системы должны дублироваться устройствами, позволяющими производить эти операции вручную. Быстрому отключению потребителей от источников энергии или технологического сырья может способствовать оснащение объектов системами и устройствами, срабатывающими от предвестников основного поражающего фактора. Например, от предвестника землетрясения, предшествующего основному толчку; гамма-излучения, светового излучения или электромагнитного импульса при ядерном взрыве, достигающих объекта раньше ударной волны, и т.п. Этой же цели может служить оснащение систем подачи различного рода клапанами-отсекателями, отключающими, например, системы подачи воды, топлива, газа при изменении давления в трубопроводах и т.п. устройствами

Перечень мероприятий общего плана в целом сводится к снятию напряжения со щитов питания в цехах, выключению электроприборов, машин, станков и другого оборудования; прекращению подачи газа, пара, сжатого воздуха, сжатых и сжиженных газов; отключению систем отопления и горячего водоснабжения; отключению электропитания на объектовой подстанции. Все остальные мероприятия специфичны и зависят от вида производства или технологической установки. для примера приведем комплекс мероприятий по безаварийной остановке термических и литейных цехов, внезапная остановка которых приводит к авариям и выпуску некондиционной продукции.

В термических цехах примерный перечень мероприятий по их безаварийной остановке включает в себя:

– перекрытие подачи топлива у печей и главного ввода и выключение электроэнергии для отопления печей;

– слив масла из закалочных печей в сборные емкости;

– прекращение подачи в цех изделий на термообработку, выключение транспортеров, подвесных конвейеров, рольгангов и других механизмов;

– перекрытие подачи цементирующего газа в шахтных печах;

– отключение электроэнергии и оборудования для глубокого охлаждения в камерных и шахтных печах для азотирования;

– прекращение хранения и применения цианистых солей на участках цеха;

– оставление на свободное остывание ранее загруженных в печи отливок и поковок.

Для безаварийной остановки литейного цеха:

– перекрывается подача газа, пара, сжатого воздуха;

– отключается подача электроэнергии;

– включаются насосы повышенного давления водопроводной сети;

– жидкий металл в печах и раскаленные отливки покрываются слоем песка и шлака;

– для обеспечения слива металла и шлака в подготовленные емкости засыпаются в вагранки две холостые калоши с оставлением открытыми фурм и леток;

– закрываются термические печи;

– прекращаются все технологические процессы смесеприготовления, формовки, изготовления стержней и обработки готовых отливок;

– отгоняются к торцевой стене цеха и закрепляются мостовые краны, выводится в специально подготовленные места внутрицеховой транспорт.

Для осуществления мероприятий по безаварийной остановке производства в каждой смене создаются бригады (группы) людей, ответственных за отключение агрегатов и остановку производственных процессов в отработанной последовательности. После выполнения мероприятий осуществляющий их персонал при необходимости укрывается в защитных сооружениях.

5.3.5. Повышение устойчивости материально-технического снабжения

Нормально функционирующий ОЭ имеет многочисленные связи и взаимодействия с предприятиями, обеспечивающими его электричеством, водой, паром, газом, сырьем, материалами, комплектующими изделиями; потребляющими изготовленную продукцию; предоставляющими транспортные услуги. В условиях ЧС эти связи могут быть полностью или частично нарушены, что приведет к срыву поставок, невозможности отгрузки готовой продукции потребителям и в конечном счете к сбоям в работе или ее полному прекращению. На некоторых ОЭ (нефтехимических, нефтеперерабатывающих, угольных, горнодобывающих и др.)

накопление готовой продукции из-за невозможности ее своевременной отгрузки является предпосылкой для ЧС. Такая опасность не исключается и для объектов, потребляющих нефтегазовые продукты и аварийно химически опасные вещества, если они накапливаются на них из-за нарушения ритмичности поставок в больших количествах. Поэтому заблаговременно осуществленные мероприятия по материально-техническому снабжению предприятия во многом определяют возможность его нормального функционирования, особенно в условиях ЧС.

Разработка мероприятий по повышению устойчивости материально-технического снабжения ОЭ в ЧС является сложной задачей и в основном сводится к разработке вариантов использования возможностей различных поставщиков материальных ресурсов и потребителей готовой продукции, повышению устойчивости инфраструктуры, организации надежного хранения материальных ресурсов и готовой продукции.

Для того, чтобы продолжать производство в условиях нарушения производственных связей, должны быть подготовлены запасные варианты этих связей, базирующиеся на поставщиков, расположенных в промышленно-экономических районах, не попадающих в зоны ЧС, перспективных для данного ОЭ, а в военное время не являющихся возможными целями. То же самое относится и к потребителям готовой продукции. Предпочтительно с точки зрения упрощения перевозок чтобы запасные потребители и поставщики располагались в пределах своего экономического или административного района.

В условия ЧС нельзя надеяться на бесперебойную работу транспорта. Поэтому возможно, что отлаженные производственные связи ОЭ будут прерваны и не исключается, что в некоторых случаях надолго. Для большинства ОЭ основным средством доставки сырья и вывоза готовой продукции является железнодорожный транспорт, являющийся достаточно уязвимым при ЧС. Поэтому целесообразно дублировать этот вид перевозок автомобильным, речным и морским транспортом с максимально короткими маршрутами.

Устойчивость материально-технического снабжения и поставок по кооперации тесно связана с созданием запасов (резервов) материальных ресурсов и организацией их надежного хранения. Размеры этих запасов должны обеспечивать бесперебойною работу объекта до возобновления связей по поставкам или до получения

необходимого сырья, материалов и комплектующих от резервных поставщиков.

Хранение запасов возможно с использованием двух вариантов, имеющих свои положительные и отрицательные стороны. По первому варианту запасы размещаются в складских помещениях непосредственно на территории объекта при условии обеспечения надежности их защиты от действия поражающих факторов. В этом случае складские сооружения располагаются под землей или обваловываются грунтом. Выполняются все необходимые противопожарные мероприятия и мероприятия по защите от заражения радиоактивными веществами при авариях на радиационно-опасных объектах. При использовании второго варианта запасы рассредоточиваются таким образом, чтобы уменьшить их уязвимость, что достигается путем сокращения до минимальных технологических потребностей имеющихся на объекте запасов и размещения их полностью или частично в районах, безопасных с точки зрения возможности возникновения ЧС (в военное время в загородной зоне). При выборе мест для размещения складов учитывается наличие и состояние путей подвоза. Немало трудностей может возникнуть из-за невозможности своевременного вывоза готовой продукции потребителям. Поэтому следует предусматривать отдельные защищенные склады для кратковременного хранения готовой продукции или предусмотреть ее вывоз в безопасные места.

Повышение устойчивости может быть также достигнуто строительством в безопасных местах филиалов ОЭ и различных его производств, дублирующих выпуск некоторых видов продукции или ее составных частей.

В заключение необходимо отметить, что подавляющая часть мероприятий по повышению устойчивости материально-технического снабжения ОЭ должна быть согласована со снабжающими, участвующими в выпуске продукции и потребляющими ее объектами и организациями.

5.3.6. Мероприятия по подготовке к быстрому восстановлению производства

Подготовка к восстановлению нарушенного производства направлена на сокращение времени проведения восстановительных работ и выпуск продукции ОЭ в минимально короткие сроки.

Готовность объекта возобновить выпуск продукции является важным показателем устойчивости его работы и определяется возможностью, экономической целесообразностью, временем восстановления и обеспеченностью силами и материальными ресурсами.

Каждый объект в результате ЧС может получить различные повреждения. При получении объектом слабых и средних повреждений его восстановление экономически целесообразно и может быть произведено силами самого объекта или с дополнительным привлечением сил сторонних организаций.

Для успешного решения этой задачи разрабатываются планы восстановления объекта и соответствующая техническая документация. Разработка планов производится на основе анализа вариантов возможного повреждения ОЭ при перспективных чрезвычайных ситуациях. Чем больше рассмотрено и проанализировано таких вариантов, тем выше вероятность совпадения одного из них с реальными условиями, в которых может оказаться объект. По каждому варианту разрабатывается свой план восстановления объекта. В планах и проектах восстановления отражается объем работ с расчетом потребностей в рабочей силе, материалах, строительной технике, оборудовании, инструменте. При определении объема работ учитывается не только степень разрушения объекта, но также характер и объем его производственной программы. Разрабатываются оптимальные инженерные решения по восстановлению работоспособности объекта, в том числе целесообразность восстановления тех или иных зданий и сооружений, станочного и технологического оборудования, коммуникаций. С учетом главного требования – как можно скорее возобновить выпуск продукции в проектах допустимы некоторые отступления от принятых строительных, технических и других норм, которые, однако, не должны выходить за рамки разумных пределов и экономических критериев. Отдельные элементы производства могут размещаться во временных облегченных сооружениях, под легкими навесами или даже на открытом воздухе. Могут применяться упрощенные строительные конструкции, временные и надувные сооружения с максимальным использованием сохранившихся элементов, деталей и узлов.

При выходе из строя отдельных видов оборудования может планироваться их восстановление путем ремонта, замена резервным оборудованием или временное исключение из технологического процесса.

В проектах восстановления приводятся календарный план или сетевой график проведения работ, которые должны объективно отражать возможности привлекаемых сил, средств и очередность восстановления цехов, исходя из их важности в выпуске основной продукции ОЭ. Общее количество и стоимость строительных материалов, основного оборудования и рабочей силы для проведения восстановительных работ отражаются в «Сводной ведомости ориентировочной стоимости восстановления».

В расчетах на проведение восстановительных работ исходят в основном из возможностей восстановления производства силами и средствами самого ОЭ, для чего предусматривается создание ремонтно-восстановительных бригад или отрядов из специалистов и квалифицированных рабочих объекта. Отряды могут усиливаться за счет привлечения подрядных, строительных и монтажных организаций, обслуживающих объект. В тех случаях, когда восстановление объекта собственными силами и средствами в приемлемые сроки невозможно, планируется привлечение сторонних организаций. Для подготовки восстановительных отрядов (бригад) с ними проводятся учебно-тренировочные занятия.

Разработка, проектов восстановления, как правило, поручается проектной организации, работающей в той же отрасли, что и ОЭ. Расчеты и предложения, заложенные в планы и проекты, могут иметь значительные изменения, связанные с реальным состоянием объекта после ЧС. Поэтому не исключена необходимость их корректировки, которая может быть осуществлена специальной группой проектировщиком, ранее участвовавшей в разработке проекта, после обследования объекта.

Разработанные планы, проекты, техническая и технологическая документация хранятся вместе с основной документацией объекта с соблюдением необходимых мер ее сохранности в условиях ЧС.

Таким образом, мероприятия по подготовке к восстановлению нарушенного производства в целом сводятся к разработке эффективных проектов восстановления объекта; созданию запасов материалов, оборудования и технических средств, необходимых для проведения восстановительных работ и восполнения потерь; формированию и подготовке восстановительных бригад; организации надежного хранения проектной, строительной, технической и технологической документации.

5.3.7. Повышение устойчивости системы управления объектом

Обеспечение надежного и непрерывного управления ОЭ в ЧС возможно при условии хорошей подготовки и четкой организации деятельности руководящего состава, наличии планов действий на случай ЧС и защищенных пунктов управления, оснащенных необходимыми средствами связи. Эти условия определяют основные направления деятельности по повышению устойчивости системы управления объектом в ЧС.

Дня повышения устойчивости системы управления на ОЭ создаются два органа (группы) управления. Один из них возглавляет руководитель объекта, другой – главный инженер или один из заместитель руководителя ОЭ. Одна группа находится непосредственно на объекте, вторая – в безопасном месте (в военное время в загородной зоне). Каждая группа управления, состоящая из руководящих работников объекта, действует и сменяется с прикрепленной к ней сменой производственного персонала, что позволяет четко организовывать руководство производством. Обе группы имеют идентичную управленческую документацию.

К числу инженерно-технических мероприятий, имеющих наибольшую значимость в повышении устойчивости управления, относятся оборудование пунктов управления, оснащенных средствами связи, оповещения и сигнализации, и защищенных пультов управления, позволяющих осуществлять дистанционное автоматическое управление синологическими процессами. На объекте один пункт управления как обычно оборудуется в кабинете руководителя объекта, другой (запасной) размещается в одном из защитных сооружений ОЭ. Загородный пункт управления, как правило, оборудуется в одном из противорадиационных укрытий.

Управление с оборудованного пункта осуществляется путем передачи устных приказов и распоряжений по проводным средствам связи и объектовой радиосети. Могут использоваться сигнальные и подвижные средства связи. Узел связи на пункте управления оборудуется коммутатором, телефонами, радиостанциями. Кабели проводной связи прокладываются в траншеях, что значительно повышает их устойчивость. На загородном пункте управления предусматривается надежная вязь с пунктом управления на объекте и с ближайшим районным узлом связи. Устанавливается телефонный коммутатор внутренней.

Дня своевременного оповещения должностных лиц ОЭ подготавливаются и используются вне всякой очереди все виды связи: внутриобъектовая радиосеть, наружные и внутрицеховые звуковые и цветовые средства оповещения.

Устойчивая работа системы связи имеет особое значение для обеспечения устойчивого управления объектом. Поэтому система связи должна находиться в постоянной готовности к вводу в действие в полном объеме и уверенно обеспечивать управление производством. Эффективность работы средств связи проверяется в ходе тактико-специальных и комплексных учений.

Для управления невоенизированными формированиями в ходе проведения ими спасательных работ могут создаваться подвижные пункты управления.

Повышение устойчивости средств связи может быть обеспечено использованием традиционных и спутниковых дублирующих систем, надежных источников питания и систем, подготовленных к быстрому ремонту непосредственно на месте их установки, интеллектуализацией сетей.

Пульты дистанционного автоматического управления технологическими процессами и их сети должны быть рассчитаны на работу в условиях действия прогнозируемых поражающих факторов при их размещении вне защитных сооружений. При этом должна быть обеспечена и защита обслуживающего их производственного персонала.

Подготовка руководящего состава к работе в составе групп осуществляется в ходе специальной подготовки по программам обучения, учитывающим условия, которые могут сложиться на ОЭ при ЧС. Слаженность групп отрабатывается в ходе учений и тренировок. Существенную помощь в подготовке могут оказать тренажеры с использованием компьютерных программ, имитирующих ЧС. Для повышения надежности разрабатываются варианты взаимозаменяемости должностных лиц. Для руководящего состава объекта, правило, ограничиваются глубиной замещения до трех человек, структурных подразделений – до двух человек.

Подготовка управленческой документации производится заблаговременно. В ее состав входят:

– планы гражданской обороны на мирное и военное время;
– план перевода работы объекта на режим военного времени

– основная техническая и технологическая документация, необходимая для организации производственной деятельности объекта;

– варианты плана восстановления производства при его нарушении;

– планы приведения в готовность невоенизированных формирований гражданской обороны;

– карта района с нанесенной на ней управленческой информацией;

– режимы защиты производственного персонала ОЭ;

– цеховые графики и инструкции по безаварийной остановке производства или соответствующие документы в целом по объекту;

– инструкции дежурному персоналу объекта, оперативному дежурному по пункту управления, дежурным диспетчерам, дежурному противопожарной службы и т.д.;

– справочные материалы для расчетов, необходимых для принятия быстрых решений при изменении обстановки.

Количество подготавливаемых комплектов управленческой документации определяется количеством пунктов управления.

Типовой комплекс мероприятий по повышению устойчивости ОЭ в ЧС, осуществляемых заблаговременно, приведен в приложении 1.

5.3.8. Мероприятия, завершающие подготовку объектов экономики к работе в условиях чрезвычайных ситуаций

Завершают комплекс мероприятий, повышающих устойчивость ОЭ в ЧС, мероприятия, осуществляемые непосредственно перед наступлением ЧС. В обычных условиях эти мероприятия не нужны и экономически нецелесообразны, но необходимы в условиях ЧС.

К их числу относятся мероприятия, связанные с переходом на выпуск другой продукции, например, продукции военного времени; переходом на пониженный режим работы; завершением работ по защите производственного персонала и основных производственных фондов. Типичными мероприятиями такого рода являются мероприятия по оповещению персонала об опасности; укрытию его в защитных сооружениях или эвакуации; строительству недостающих быстровозводимых или простейших защитных сооружений; введению режимов защиты; защите производственных сооружений, оборудования, прогон питания и воды от заражения; повышению

прочности, жесткости и герметичности строительных конструкций; укрытию особо ценного и уникального оборудования; подготовке к работе резервных источников энергоснабжения; защите энергетических, технологических и коммунальных сетей; сокращению запасов горючих, взрывчатых и аварийно химически опасных веществ в цехах и на территории ОЭ; рассредоточению запасов материальных ресурсов.

Для обеспечения четких действий руководящего состава в условиях дефицита времени и психологической дискомфортности мероприятия, реализуемые в преддверии ЧС, представляются в виде план-графика. Мероприятия в план-графике группируются по основным управлениям повышения устойчивости ОЭ. В нем обычно указываются объем работ, сроки их выполнения и ответственные исполнители. Иногда объем работ, и ответственные исполнители для упрощения план-графика не приводятся. Сроки выполнения мероприятий для удобства работы с документами отображаются в графическом виде.

Примерный вид план-графика наращивания мероприятий по повышению устойчивости ОЭ в ЧС приведен в приложении 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заключая изложение материала, хочется обратить внимание на следующее:

Объекты экономики различны. Одни из них не представляют опасности для окружающей среды, другие потенциально опасны. Под устойчивостью первых понимают их способность противостоять действию внешних поражающих факторов, вторых - не только действию этих факторов, но и возникновению на них аварий и инициируемых ими внутренних поражающих факторов, если авария произошла. Под устойчивостью работы ОЭ в ЧС понимают их способность в условиях ЧС производить продукцию в запланированном объёме и номенклатуре, а также приспособленность к восстановлению частично нарушенного производства в предельно короткие сроки. Таким образом, понятие «устойчивость ОЭ» шире понятия «устойчивость работы ОЭ» включает последнее. Поэтому в тексте при употреблении понятия «устойчивость ОЭ» одновременно подразумевается и устойчивость его работы в условиях ЧС.

«Устойчивость ОЭ в ЧС» как учебная дисциплина базируется на широком спектре фундаментальных и прикладных дисциплин. Её теоретической основой является теория надёжности технических систем и используемыми ею методами исследования и математическим аппаратом. Однако для решения задач, связанных с обеспечением устойчивости ОЭ в ЧС одной теории надёжности недостаточно. Требуется привлечение методик и аппарата и других технических и гуманитарных наук. Поэтому для изучения дисциплины «Устойчивость ОЭ в ЧС» необходимо наличие хотя бы начальных знаний в области этих дисциплин, что, как правило, достигается не ранее четвёртого курса вуза.

Обеспечение устойчивости ОЭ в ЧС обеспечивает снижение ущерба и потерь и одновременно решает задачи защиты производственного персонала объекта, предупреждает или в значительной степени способствует эффективному ведению аварийно-спасательных и других неотложных работ в возникающих на объекте очагах поражения.

В качестве критерия при оптимизации устойчивости ОЭ может рассматриваться отношение величины предотвращённого ущерба к затратам на её обеспечение.

Достаточность мероприятий по обеспечению устойчивости потенциально опасного объекта экономики, как источника поражающих факторов, характеризует лицензия на право ведения производственной деятельности, получаемая на основе представляемой декларации безопасности.

Пособие подготовлено в соответствии с программой СД. 02 образовательного стандарта для студентов специальности 280103 «Защита в чрезвычайных ситуациях».

Приложение 1

Типовой комплекс мероприятий, осуществляемых заблаговременно и целях повышения устойчивости ОЭ в ЧС

Защита производственного персонала 1. Создание и поддержание в готовности систем оповещения об опасности. 2. Накопление фонда защитных сооружений, средств индивидуальной и медицинской защиты и поддержание их в готовности. 3. Планирование эвакомероприятий. 4. Разработка режимов радиационной защиты. 5. Обучение персонала способам защиты и действиям в условиях ЧС. 6. Оборудование зданий системами вентиляции с установкой противопыльных фильтров. 7. Максимальное сокращение АХОВ и размещение их в подземных складах. 8. Применение устройств, исключающих разлив АХОВ на территории ОЭ. 9. Проектирование очистных сооружений с учетом обеззараживания воды для хозяйственно-бытовых и производственных нужд 10. Приспособление душевых в качестве санитарно-обмывочных пунктов. 11. Проектирование технологического оборудования с учетом возможности его использования при проведении специальной обработки ОЭ. 12. Создание запасов дезактивирующих дегазирующих и дезинфицирующих веществ. 13. Создание запаса материалов для укрытия продуктов питания, воды и технологического оборудования от заражения.	Подготовка к быстрому восстановлению нарушенного производства 1. Разработка технической, технологической и другой необходимой документации и ее надежное хранение. 2. Создание запасов материальных средств. 3. Составление расчета сил и средств, необходимых для проведения восстановительных работ и восполнения потерь в рабочей силе и оборудовании. 4. Определение очередности работ по восстановлению производства с учетом имеющихся ресурсов и местных условий. 5. Осуществление страхования на случай чрезвычайных ситуаций.

↓ ↓

Устойчивость ОЭ
Повышение устойчивости ОПФ a) к действию механических поражающих факторов Здания и сооружения Применение жестких каркасных конструкций с легким заполнением стен. Применение мер по увеличению сеймостойкости. Уменьшение высоты и площади стен. Вынос взрывоопасных технологических установок за пределы зданий. Установка во взрывоопасных помещениях устройств локализующих взрыв. Установка дополнительных опор в больших пролетах Технологическое оборудование 1. Рациональное размещение оборудование в цехах: тяжелого - на нижних, наиболее ценного в заглубленных этажах. 2. Установка тяжелого оборудования на самостоятельных фундаментах, не связанных со зданием. 3. Изготовление приспособлений для защиты особо ценного и ударонепрочного оборудования. 4. Обеспечение возможности маневрирования оборудованием на однотипных технологических линиях. 5. Создание запаса комплектующих изделий из наиболее слабых узлов и деталей оборудования. 6. Разработка мероприятий по упрощению технологического процесса при выходе из строя отдельного оборудования. 7. Дублирование автоматических систем и обеспечение возможности выполнения отдельных операций вручную. 8. Внедрение систем безаварийной остановка технологических установок с непрерывным процессом. Технологические и инженерные сети 1. Заглубление сетей в грунт и прокладка их в подземных коллекторах. 2. Размещение сетей на низких эстакадах. 3. Увеличение прочности открытых трубопроводов путем установки хомутов, соединяющих их в один пучок. 4. Применение закольцованных схем прокладки коммуникаций с установкой запорной арматуры в заглубленных сооружениях. 5. Устройство аварийных сбросов канализации в случае аварии в специальные приемники. b) Пожарам 1. Уменьшение плотности застройки территории ОЭ. 2. Повышение огнестойкости зданий. 3. Хранение пожароопасных продуктов в подземных складах и транспортирование их по подземным коммуникациям. 4. Размещение легковоспламеняющихся веществ с учетом направления господствующих ветров. 5. Внедрение автоматических систем обнаружения, сигнализации и тушения пожаров. 6. Создание сил и средств пожаротушения 7. Установка на газопроводах автоматических запорных и переключающих устройств с дистанционным управлением. 8. Создание сети противопожарных ведомств и гидрантов. 9. Соблюдение требований пожарной безопасности

↓ ↓ ↓

Устойчивость ОЭ		
Повышение устойчивости энергоснабжения. 1. Использование нескольких источниковэнергоснабжения, в томчисле автоном-ных. 2. Дублирование вводовпри подаче энергии. 3. Кольцевание систем энергоснабжен ия. 4. Устройство обводных линий и пере-мычек, позволяющих отключить поврежденные участки. 5. Подземная прокладка сетей или на низких эстакадах. 6. Создание запаса энергоносителей и хранение их в подземных складах. 7. Подготовка резервных источников энергии к работе па различных видах энергоносителей.	Повышение устойчивости системы материально-технического обеспечения. 1. .Снабжение ОЭ несколькими поставщиками, расположенными в разных регионах. 2. Подготовка запасных вариантов производственных связей. 3. Обеспечение возможности замены привозных материалов местными 4. Дублирование путей доставки сырья, материалов и комплектующих изделий. 5. Создание запасов сырья, материалов, комплектующих изделий, оборудования. 6. Обеспечение рассредоточенного и надежного хранения запасов на складах, расположенных в раз-ных районах.	Повышение устойчивости системы управления. 1. Подготовка защищенного пункта управления на территории ОЭ и резервного пункта за его пределами. 2. Подготовка оперативной группы для управления ОЭ с резервною пункта управления. 3. Оснащение пункта управления средствами связи и автономными источниками электропитания. 4. Использование автоматизированных систем управления. 5. Дублирование средств связи и создание их подвижного резерва. 6. Разработка и внедрение надежной системы оповещения руководящего состава ОЭ. 7. Изготовление и надежное хранение дубликатов технической документации.
↓	↓	↓
Устойчивость ОЭ		

Приложение 2

«Утверждаю»
Начальник гражданской
обороны ОЭ

_____

« » 20 г

План-график наращивания мероприятий по повышению устойчивости ОЭ в ЧС

Наименование мероприятия	Время выполнения														
	Часы									Сутки					
	1	2	4	6	9	12	16	20	24	2	3	4	6	8	10
I.По защите производственного персонала. 1 .Приведение в готовность защитных сооружений 2.Строительство быстро-возводимых убежищ 3. Строительство простейших укрытий 4. Выдача средств индивидуальной защиты 5.Проведение эвакомероприятий и т.д.															
II. По повышению устойчивости основных производственных фондов. 1 .Установка дополнительных опор в зданияхцехов. 2.Дополнительное крепление станочного оборудования. 3 .Изготовление и монтаж защитных устройств для уникального оборудование и т.д.															
III.Повышению противопожарной устойчивости . 1.Снос деревянных построек. 2.Обваловани е склада ГСМ.															

Наименование мероприятия	Время выполнения														
	Часы									Сутки					
	1	2	4	6	9	12	16	20	24	2	3	4	6	8	10
3. Расконсервация артезианской скважины и т.д.															
<u>IV. По повышению устойчивости энергоснабжения.</u> 1 .Защита наземных сооружений энергосистем. 2. Обсыпка грунтом наземных линий энергосистем. 3. Усиление креплений трубопроводов на эстакадах. 4.Заполнение хранилища сжиженного газа. 5.Подготовка к работе дизельной электростанции.															
V. <u>По повышению устойчивости материально технического снабжения.</u> 1 .Пополнение запасов материально-технических ресурсов. 2.Уточнение кооперативных связей с поставщиками. 3.Установление связей с резервными потребителями готовой продукции. 4.Рассредоточение запасов материальных ресурсов. 5. Повышение защищенности складов на территории ОЭ и т.д.															
<u>VI. По повышению устойчивости системы управления объектом.</u> 1 .Приведение в готовность групп управления 2. Приведение в готовность пунктов															

Наименование мероприятия	Время выполнения														
	Часы									Сутки					
	1	2	4	6	9	12	16	20	24	2	3	4	6	8	10
управления. 3.Проверка систем оповещения и связи. 4.Приведение в готовность автономных источников электропитания. 5.Укрытие технической документации и т.д.															
VII.По подготовке к восстановлению нарушенного производства 1 .Проверка и пополнение восстановительных бригад. 2.Проверка и пополнение материально-технических ресурсов. 3.Укрытие запасного оборудования и т.д.															

Главный инженер ОЭ

_____

« » 20 г

Начальник штаба (отдела) ГО

_____

« » 20 г

Библиографический список

1. Акимов В.А. и др. Долгосрочное прогнозирование катастроф, инициированных природными явлениями. Сб. Проблемы безопасности при ЧС. Вып. 3. – М.: ВИНИТИ. – 1999.
2. Васильев В.И. Устойчивость объектов экономики в чрезвычайных ситуациях. Уч. пособ. – Спб.: СПбГПУ. – 2002. – 340 с.
3. Голинкевич Т.А. Прикладная теория надежности. – М.: Высшая школа. – 1985.
4. Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. – М.: Сов. Радио. – 1975.
5. Справочник по гражданской обороне. М.: Воениздат. – 1978.
6. Методика определения объемов, потребных сил, средств и времени для выполнения ремонтно-восстановительных работ в отраслях промышленности и строительства. – М.: НИИ ГО СССР. – 1979.
7. Чверткин Н.С. Устойчивость работы промышленных объектов в военное время. – М.: Завод-ВТУЗ при ЗИЛ. – 1987.
8. Шубин Е.П. и др. Гражданская оборона. – М.: Просвещение. – 1991.
9. Атаманюк В.Г. Гражданская оборона. – М.: Просвещение. – 1991.
10. Балаев А.С. и др. Борьба с пожарами на объектах народного хозяйства в условиях ядерного поражения. – М.: Воениздат. – 1973.
11. Нормы радиационной безопасности, НРБ-99. – М. – 1999
12. Методика прогнозирования объемов СНАВР и необходимых сил и средств для их выполнения на промышленных предприятиях. – М.: НИИ ГО СССР. – 1979.
13. Самойлов О.Б. и др. Безопасность ядерных энергетических установок. – М.: Энергоатомиздат. – 1989.
14. Под ред. Ачеркана Н.С. Справочник машиностроителя. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. – 1960.
15. Анго А. Математика для электро- и радиоинженеров. – М.: Наука. – 1965.
16. Щиголев Б.М. Математическая обработка наблюдений. – М.: Наука. – 1969.
17. Прохоров Ю.В., Розанов Ю.А. Теория вероятностей. – М.: Наука. – 1973.

18. Вихров А.И. и др. Безопасность, риск и устойчивость сложных систем. Сб. Проблемы безопасности при ЧС. Вып. 3. – М.: ВИНИТИ. – 1999.
19. Порфирьев Б.Н. Организация управления в чрезвычайных ситуациях. – М.: Знание. – 1989.
20. Стрекозов В.И. и др. Методический подход к обоснованию структуры защиты потенциально-опасных объектов в условиях ЧС. Сб. Проблемы безопасности при ЧС. Вып. 3. – М.: ВИНИТИ. – 1999.
21. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь. – 1993.
22. Хенли Э.Д. Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска. – М.: Машиностроение. – 1981.
23. Митенков Ф.М., Авербах Б.А. Вероятностный анализ безопасности ЯЭУ, его роль и место в практике проектирования. – М.: Атомная энергия. Вып. 2. т.72. – 1992.
24. Баратов А.Н. и др. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочное издание в 2-х томах. – М.: Химия. – 1990.
25. Назаренко Е.С., Казанцев В.А. Пожарная безопасность деревообрабатывающих предприятий. – М.: Лесная промышленность. – 1990.
26. Туричин А.М. и др. Электрические измерения неэлектрических велечин. – М.: Энергия. – 1975.
27. Гинзбург В.М. и др. Голография. Методы и аппаратура. – М.: Советское радио. – 1974.
28. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте, РД 5204.253-90. – Л.: Гидрометеоиздат. – 1991.
29. Кожара В.И. и др. Химическое заражение окружающей среды в чрезвычайных ситуациях мирного времени. – СПб: СПбГТУ. – 1998.
30. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Госкомитет по стандартам. – 1991.
31. Яковлев В.В., Яковлев А.В. Последствия аварийных взрывов газопаровоздушных смесей. – СПб: СПбГТУ. – 2000.
32. Храмов Г.Н. Техногенные взрывы. – СПб: СПбГТУ. – 1998.

33. Алексеев М.В. и др. Основы пожарной безопасности. – М.: Высшая школа. – 1971.
34. Таубкин И.С. Экспертный анализ нормативно-технических документов, регламентирующих пожаровзрывобезопасность автомобильных сливно-наливньгх эстакад, и предложения по их совершенствованию. Сб. Проблемы безопасности при ЧС Вып. 11. – М.: ВИНИТИ. – 1998.
35. Строительные нормы и правила СНиП 21.01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений. – М.: 1996.
36. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной опасности. НБП 105-95 – М.: 1995.
37. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия. – 1977.
38. Авдуевский В.С. и др. Основы теплопередачи в авиационной и ракетной технике. – М.: Оборонгиз. – 1960.
39. Калитаев А.Н. и др. Защита от оружия массового поражения. – М.: Военное издательство. – 1989.
40. Иванов Е.Н. Расчет и проектирование систем противопожарной защиты. – М.: Химия. – 1990.
41. Кутузов Б.Н. Взрывные работы. – М.: Недра. – 1974.
42. Кулаков В.А. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуация. – СПб.: СПбГТУ. – 1999.
43. Закон РФ О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера 11.11.1994.
44. Закон РФ. О безопасности.
45. Закон РФ. Об обороне.
46. Закон РФ. О промышленной безопасности опасных производственных объектов. №116-ФЗ. 27.7.1997.
47. Закон РФ. О гражданской обороне. № 28-ФЗ. 12.2.1998.
48. Закон РФ. О радиационной безопасности населения. №3-ФЗ. 9.1.1997.
49. Закон РФ. О безопасности гидротехнических сооружении. №П7-ФЗ. 21.7.1997.
50. Постановление Правительства РФ. О декларации безопасности промышленного объекта РФ №675. 1.7.1995.
51. Постановление Правительства РФ. О лицензировании деятельности в области использования атомной энергии. № 865. 14.7.1997.
52. Постановление Правительства РФ. О порядке эксплуатации водохранилищ. № 762. 20.6.1997.

53. Авитисов П.В., Акимов В.А. и др. Оперативное управление мероприятиями РСЧС / Сб. лекц. для руководящего состава МЧС России / Книга-1. Издание 2, дополн. и перераб; Под общ. ред. В.Ф. Мищенко. – М.: ООО «ИПП «КУНА», 2004. – 500 с.
54. Строительные нормы и правила СНиШ 1-0151-90. – М.: ЦИТП. – 1990.
55. Цивелев И.П. и др. Инженерно-спасательные работы. – М.: Воениздат. – 1975.
56. Камеррер Ю.Ю., Харкевич А.Е. Аварийные работы в очагах поражения. – М.: Воениздат. – 1980.
57. Строительные нормы и правила СНиШ 1-3-79 ч. II гл.3 Строительная теплотехника. – М.: Госкомитет по делам строительства. – 1986.
58. Действие ядерного оружия. Пер. с англ. – М.: Воениздат. – 1963.
59. Маршалл В. Основные опасности химических производств. – М.: Мир. – 1989.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
Глава 1. ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ И ТЕРРИТОРИЙ 6
1.1. Общие требования по повышению устойчивости отраслевых и территориальных звеньев экономики 6
1.2. Защита населения и обеспечение жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях 12
1.3. Рациональное размещение производительных сил 13
1.4. Подготовка отраслей экономики к работе в чрезвычайных ситуациях 15
1.5. Подготовка к выполнению работ по восстановлению экономики в чрезвычайных ситуациях 24
1.6. Подготовка системы управления экономикой для решения задач в чрезвычайных ситуациях 27
Глава 2. ПОНЯТИЕ И ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРОБЛЕМЕ УСТОЙЧИВОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ 32
Глава 3. ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ПОТЕНЦИАЛЬНО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ 39
3.1. Потенциально-опасные объекты экономики, принципы и критерии их противоаварийной устойчивости 39
3.1.1. Потенциально-опасные объекты экономики и их краткая характеристика 39
3.1.2. Принципы и критерии противоаварийной устойчивости потенциально-опасных объектов экономики 44
3.2. Предотвращение аварий 46
3.2.1. Общие положения 46
3.2.2. Предупреждение аварийных ситуаций 46
3.2.3. Диагностика и контроль повреждений 49
3.2.3.1. Контроль износов 50
3.2.3.2. Контроль нагрузок 57
3.2.3.3. Контроль параметров движения 61
3.2.3.4. Контроль прочности 65
3.2.3.5. Контроль температур 71
3.2.3.6. Контроль состава и концентрации веществ 72
3.2.4. Противоаварийные системы. Обеспечение и анализ их надёжности 77

3.2.4.1. Обеспечение надёжности противоаварийных систем 77
3.2.4.2. Анализ надёжности противоаварийных систем 81
3.3. Устойчивость к ошибкам производственного персонала 100
3.3.1. «Взаимоотношения» производственного персонала с технологическими установками 100
3.3.2. Ошибки производственного персонала 102
3.3.3. Управляющие воздействия в аварийных ситуациях..... 105
3.4. Анализ устойчивости потенциально-опасных объектов экономики к авариям 107
Глава 4. УСТОЙЧИВОСТЬ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ 112
4.1. Принципы и критерии устойчивости объектов экономики в чрезвычайных ситуациях 112
4.2. Организация исследования устойчивости объектов экономики в чрезвычайных ситуациях 114
4.3. Факторы, влияющие на устойчивость объектов экономики в условиях чрезвычайных ситуаций 117
Глава 5. ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ 119
5.1. Правовые основы деятельности по обеспечению устойчивости объектов экономики 119
5.1.1. Декларация безопасности промышленного объекта РФ ... 119
5.1.1.1. Структура и основные требования, предъявляемые к декларации 119
5.1.1.2. Правила составления декларации и лицензирование деятельности промышленного объекта 125
5.1.2. Строительные нормы и правила СНиП II.0151-90..... 126
5.1.2.1. Назначение, содержание и применение норм проектирования инженерно-технических мероприятий гражданской обороны 126
5.1.2.2. Зонирование территорий 128
5.1.2.3. Требования НП ИТМ ГО к размещению объектов и планировке городов 129
5.1.2.4. Требования НП ИТМ к зданиям, сооружениям и внешним инженерным сетям 132
5.1.2.5. Требования НП ИТМ ГО к электроснабжению, гидротехническим и транспортным сооружениям, связи 134

5.2. Основные принципы повышения устойчивости объектов экономики 136
5.3. Пути, способы и мероприятия по повышению устойчивости объектов экономики 137
5.3.1. Общие положения 137
5.3.2. Обеспечение защиты производственного персонала 141
5.3.3. Повышение устойчивости инженерно-технического комплекса 143
5.3.4. Подготовка к безаварийной остановке производства 153
5.3.5. Повышение устойчивости материально-технического снабжения 155
5.3.6. Мероприятия по подготовке к быстрому восстановлению производства 157
5.3.7. Повышение устойчивости системы управления объектом 160
5.3.8. Мероприятия, завершающие подготовку объектов экономики к работе в условиях чрезвычайных ситуаций 162
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 164
Приложение 1 166
Приложение 2 169
Библиографический список 172

Учебное издание

Радоуцкий Владимир Юрьевич
Шульженко Владимир Николаевич

УСТОЙЧИВОСТЬ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ В ЧС

Учебное пособие

Подписано в печать . Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 9,9. Уч-изд. л. 11,3.
Тираж 60 экз. Заказ Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете
им. В.Г. Шухова
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46