



Федеральная служба
по экологическому, технологическому и атомному надзору
(Ростехнадзор)



Федеральное бюджетное учреждение
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПО ЯДЕРНОЙ
И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»
(ФБУ «НТЦ ЯРБ»)

Препринт ФБУ «НТЦ ЯРБ»
№ SEC NRS-2023-01

Preprint SEC NRS-2023-01

**Р. Б. Шарафутдинов, А. В. Курындин, А. М. Киркин, С. В. Синегрибов,
А. В. Симонова, А. О. Смирнов (ФБУ «НТЦ ЯРБ»),
И. И. Линге, А. В. Приходько, В. И. Шпиньков, С. А. Богатов (ИБРАЭ РАН)**

**Установки управляемого термоядерного синтеза.
Глоссарий
(первая редакция)**

Москва, 2023

Шарафутдинов Р. Б., Курьиндин А. В., Киркин А. М., Синегрибов С. В., Симонова А. В., Смирнов А. О., Линге И. И., Приходько А. В., Шпиньков В. И., Богатов С. А. Установки управляемого термоядерного синтеза. Глоссарий (первая редакция). – М.: ФБУ «НТЦ ЯРБ», 2023. – 43 с. – Библиогр.: 21 назв., илл. (Препринт № SEC NRS-2023-01/ФБУ «НТЦ ЯРБ»).

Разработка Глоссария для установок управляемого термоядерного синтеза (далее – Глоссарий) направлена на выработку единой терминологии, применяемой на всех этапах жизненного цикла существующих и перспективных установок управляемого термоядерного синтеза в Российской Федерации. В Глоссарии представлены определения основных специфических терминов, которые применяются в отношении управляемого термоядерного синтеза с различными механизмами удержания плазмы и конструкционными особенностями. Глоссарий содержит термины и их определения, разработанные на основании применяющихся в настоящее время нормативных документов в области использования атомной энергии. Помимо применения в проектной документации и обосновывающих материалах, Глоссарий может учитываться при разработке федеральных норм и правил в области использования атомной энергии, устанавливающих требования по обеспечению безопасности установок управляемого термоядерного синтеза.

В настоящей редакции Глоссария содержится 151 определение, и учтены полученные замечания и предложения от организаций, осуществляющих деятельность по проектированию, конструированию и эксплуатации в отношении установок управляемого термоядерного синтеза.

Ключевые слова: терминология, специфические термины, установка управляемого термоядерного синтеза, термоядерная установка, термоядерный синтез, регулирование безопасности, область использования атомной энергии.

Sharafutdinov R. B., Kuryndin A. V., Kirkin A. M., Sinegribov S. V., Simonova A. V., Smirnov A. O., Linge I. I., Prihodko A. V., Shpinkov V. I., Bogatov S. A. Controlled thermonuclear fusion facilities: glossary (first edition). – M.: SEC NRS, 2023 – 43 p. – Bibliography 21, ill. (Preprint SEC NRS-2023-01).

Development and publication of Glossary for controlled thermonuclear fusion facilities (hereinafter – Glossary) is aimed at developing a unified terminology used at all stages of life cycle of existing and perspective controlled thermonuclear fusion facilities in the Russian Federation. The Glossary provides definitions of main and specific terms that are used in relation to controlled thermonuclear fusion with various plasma confinement methods and design features. The Glossary contains terms and their definitions developed on the basis of current regulatory documents in the field of atomic energy use. In addition to be used in design documents and safety justification the Glossary will be taken into account during development of federal rules and regulations in the field of atomic energy use which establish requirements for ensuring the safety of controlled thermonuclear fusion facilities.

Current version of the Glossary contains 151 definitions and takes into account comments and propositions of organizations engaged in design, construction and operation of controlled thermonuclear fusion facilities.

Keywords: terminology, specific terms, controlled thermonuclear fusion facility, fusion facility, thermonuclear reaction, safety regulation, field of atomic energy use.

ISBN 978-5-907011-49-6

© SEC NRS, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

1. Обозначения и сокращения.....	4
2. Введение.....	5
3. Подходы, используемые при составлении глоссария для установок управляемого термоядерного синтеза.....	11
4. Термины, применимые к технологиям управляемого термоядерного синтеза и их определения.....	17
5. Список источников	40

Обозначения и сокращения

В настоящей работе применяются следующие обозначения и сокращения:

ИТЭР	–	международный исследовательский термоядерный экспериментальный реактор
ОИАЭ	–	объект использования атомной энергии
РВ	–	радиоактивные вещества
УТС	–	управляемый термоядерный синтез легких атомов

Введение

Вместе с развитием технологий ядерных реакторов, основанных на реакции деления тяжелых ядер, начиная с 1950-х годов обсуждались идеи реализации управляемого термоядерного синтеза легких атомов (далее – УТС). Развитие технологий, средств компьютерного моделирования, появление новых материалов, накопление опыта исследований позволили в последние годы подойти вплотную к возможности практической реализации УТС. Получение энергии за счет реакции термоядерного синтеза является одним из наиболее перспективных, экологически приемлемых и практически неисчерпаемых источников энергии.

В настоящее время, в соответствии с рядом документов стратегического планирования, в Российской Федерации ведутся активные исследования и разрабатываются проекты принципиально новых технологий установок УТС. В частности, ориентир на инновационные источники ядерной энергии заложен в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642 [1], и Энергетической стратегии Российской Федерации до 2035 года, утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 09.06.2020 № 1523-р [2].

Создание термоядерных, плазменных и иных инновационных технологий для применения в энергетике и других высокотехнологичных отраслях промышленности, а также проведение соответствующих исследований в поддержку развития данного направления предусмотрено Федеральным проектом «Разработка технологий управляемого термоядерного синтеза и инновационных плазменных технологий» (далее – Федеральный проект). Работы по Федеральному проекту проводятся в рамках Государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 29.03.2019 № 377 [3], а также Государственной программы Российской Федерации

«Развитие атомного энергопромышленного комплекса», утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 02.06.2014 № 506-12 [4].

В рамках Федерального проекта запланированы научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в обеспечение разработки базовых технологий и развития физических принципов длительного устойчивого удержания высокотемпературной термоядерной плазмы. Помимо этого, в рамках Федерального проекта будут выполнены мероприятия по строительству новых, а также по модернизации и техническому перевооружению существующих объектов исследовательской инфраструктуры и опытно-промышленной базы, необходимых для развития термоядерных и плазменных технологий, создания на их основе практически неисчерпаемых экологически чистых источников энергии, источников частиц и излучений различных назначений.

Согласно рекомендациям круглого стола Комитета по энергетике Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации от 06.07.2022 № 3.25-5/39 по теме «Энергетическая стратегия России до 2050 года: предложения к проекту стратегического отраслевого документа», с учетом стремительных темпов развития наукоемких направлений в российской атомной отрасли, а также с учетом имеющихся на данный момент планов по разработке инновационных технологий, термоядерные технологии будут занимать важное место в энергетическом развитии Российской Федерации и к 2050 году будут играть значимую роль в обеспечении ее энергетической и технологической независимости.

Несмотря на обширный опыт проектирования технологий УТС и значительное количество проведенных исследований, единая терминология для установок УТС в Российской Федерации не сформирована. Более того, у международных организаций также отсутствует единый терминологический инструментарий. Свое видение терминологии безусловно сформировалось в проектной документации (далее – проект) международного проекта

ИТЭР [5] за годы его реализации, однако подобные материалы зачастую узко специализированы и относятся либо к устройствам УТС с магнитным удержанием плазмы типа токамак, либо к конкретной установке ИТЭР. Данная проблема также неоднократно отмечалась в рамках технических и консультативных совещаний Международного агентства по атомной энергии, посвященным регулированию и обеспечению безопасности существующих и перспективных установок УТС, в том числе в рамках:

- консультативного совещания по разработке инфраструктуры безопасности для обеспечения и регулирования безопасности при проектировании термоядерных установок (от англ. consultancy meeting on proposals for fusion design safety and regulation IAEA framework development), прошедшего в период с 11 по 14 октября 2021 г.;

- технического совещания по синергии между разработками в области технологий термоядерного синтеза и инновационных ядерных реакторов деления (от англ. technical meeting on synergies in technology development between nuclear fission and fusion for energy production), прошедшего в период с 6 по 10 июня 2022 г.;

- серии совещаний по международному проекту по инновационным ядерным реакторам и топливным циклам «Правовые и организационные вопросы перспективного развертывания термоядерных установок» (от англ. International project on innovative nuclear reactors and fuel cycles “Legal and institutional issues of prospective deployment of fusion facilities”), проводящихся на регулярной основе с февраля 2022 г.

Отсутствие единого понятийного аппарата зачастую приводит к возникновению дискуссий и вопросов, вызванных различными определениями, закладываемыми в одни и те же термины.

Актуальны в настоящее время также вопросы обеспечения безопасности установок УТС, которые не в полной мере урегулированы как в нормативной правовой базе Российской Федерации, так и в документах международных организаций.

Таким образом, разработка Глоссария для установок управляемого термоядерного синтеза (далее – Глоссарий) с участием представителей атомной отрасли, органов регулирования безопасности при использовании атомной энергии, ученых и специалистов в области УТС в дальнейшем позволит избежать длительных дискуссий по поводу формулировок обязательных требований, которые будут опираться на понятные и заранее согласованные определения терминов. Такой подход позволит значительно ускорить разработку специализированной нормативной правовой базы регулирования безопасности установок УТС в Российской Федерации и будет способствовать реализации соответствующих проектов.

Использование единой терминологии при проектировании и конструировании, равно как и при обеспечении и регулировании безопасности существующих и перспективных установок УТС в Российской Федерации является одним из важных аспектов будущего развития и применения технологий УТС.

Публикация настоящего Глоссария направлена на выработку единой терминологии, применяемой при проектировании, конструировании и регулировании безопасности существующих и перспективных установок УТС в Российской Федерации. Помимо исключения недопонимания при обсуждении особенностей проектов установок УТС, единая терминология позволит снизить риски невыполнения или некорректного выполнения отдельных задач проектными, конструкторскими, эксплуатирующими организациями и иными организациями, оказывающими услуги в области использования атомной энергии. Также в дальнейшем определения, приведенные в Глоссарии, будут использоваться при разработке нормативных документов, устанавливающих требования по обеспечению безопасности установок УТС и, следовательно, должны будут учитываться при подготовке обоснований безопасности установок УТС.

В Глоссарии представлены определения основных специфических терминов, которые используются при проектировании и конструировании

установок УТС с различными механизмами удержания плазмы и конструктивными особенностями. Также Глоссарий содержит специализированные термины, необходимые для дальнейшего обоснования и обеспечения безопасности установок УТС. В частности, Глоссарий включает термины и их определения, разработанные на основании используемых в настоящее время нормативных документов в области использования атомной энергии [6– 17].

В настоящей редакции Глоссария содержится 151 определение и учтены полученные замечания и предложения от организаций, осуществляющих деятельность по проектированию, конструированию и эксплуатации в отношении установок УТС.

Глоссарий построен в алфавитном порядке. В процессе структуризации авторы старались объединить термины в группы вокруг ключевого слова (понятия). Однако, если это приводило к алогизмам, данная схема не использовалась, и каждый термин рассматривался как самостоятельное понятие. Слово может быть многозначным, однако в Глоссарии приводятся только те его значения, которые относятся к технологиям УТС и областям, связанным с обеспечением безопасности установок УТС.

В конце приведен список литературы, которая послужила основой для составления настоящего Глоссария.

Проект Глоссария в 2022 г. направлен для рассмотрения в следующие организации:

- Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»;
- Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» (АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ»);
- Акционерное общество «Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н. А. Доллежала» (АО «НИКИЭТ»);

- Институт лазерно-физических исследований федерального государственного унитарного предприятия «Российский Федеральный Ядерный Центр Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» (ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ»);
- Акционерное общество «Наука и инновации» (АО «Наука и инновации»);
- Частное учреждение Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» «Проектный центр ИТЭР» (Частное учреждение «ИТЭР-Центр»);
- Акционерное общество «НИИЭФА им. Д. В. Ефремова» (АО «НИИЭФА»);
- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук (ФГБУ «ФТИ им. А. Ф. Иоффе»).

Данная версия Глоссария не является окончательной и со временем может быть переработана и дополнена. В частности, представляется необходимым дополнительное включение в Глоссарий терминов, описывающих режимы работы, системы и элементы, в том числе системы безопасности, установок УТС, по мере того, как подобные данные будут детализироваться в реальной конструкторской и проектной документации конкретных установок УТС.

Предложения по корректировке приведенных в Глоссарии определений, а также по дополнению Глоссария новыми терминами можно направлять в адрес ФБУ «НТЦ ЯРБ» или по электронной почте по адресу secnrs@secnrs.ru.

Подходы, используемые при составлении Глоссария для установок управляемого термоядерного синтеза

Основой подхода к разработке определений для Глоссария является разделение на категории всех устройств термоядерного синтеза (устройств, реализующих одну из реакций термоядерного синтеза легких атомов). Хотя ряд устройств термоядерного синтеза с низкой степенью потенциальной опасности уже активно применяется как в исследовательских, так и в промышленных целях, однако даже существующие устройства термоядерного синтеза варьируются по степени потенциальной опасности в широком диапазоне. С появлением крупномасштабных установок УТС для выработки тепловой или электрической энергии этот диапазон только расширится в сторону появления потенциально более опасных установок. Глоссарий направлен на разработку терминологии в первую очередь в отношении таких потенциально более опасных технологий, регулирование безопасности которых в дальнейшем будет осуществляться в соответствии с нормативными документами в области использования атомной энергии. В связи с этим для разделения устройств термоядерного синтеза принята следующая схема (см. рисунок).

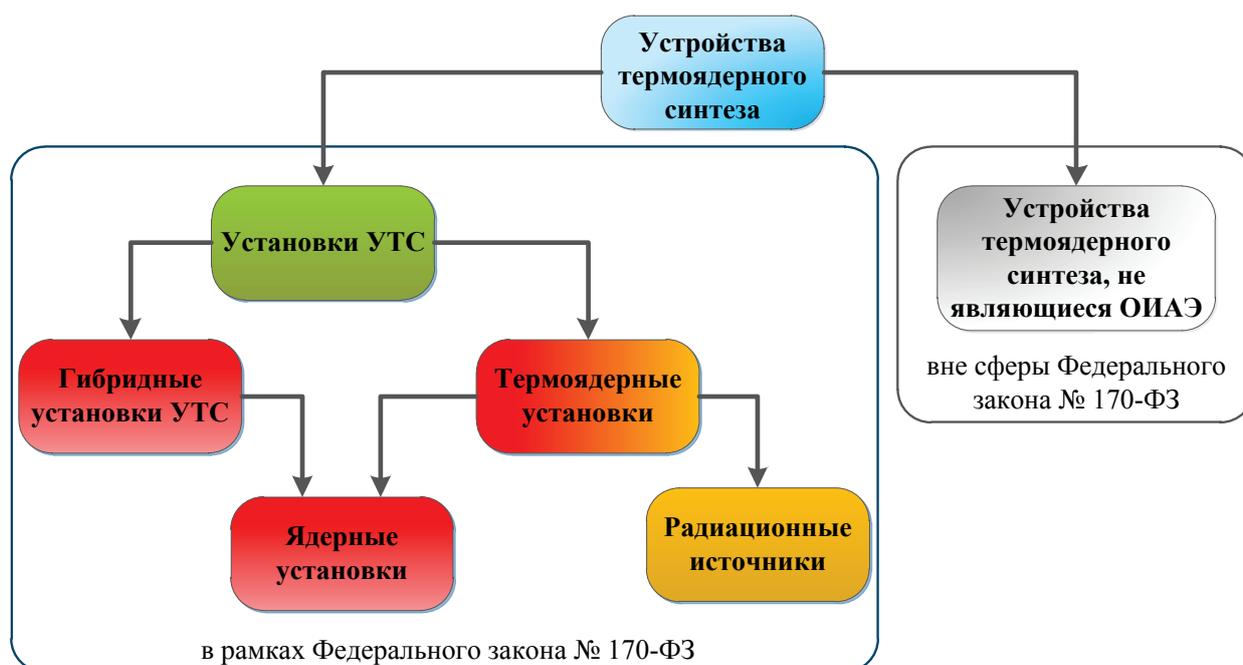


Рис. Классификация устройств термоядерного синтеза

Таким образом, как показано на рисунке, часть устройств, способных реализовать реакцию термоядерного синтеза легких атомов, предлагается не относить к установкам УТС. Так, в настоящее время уже эксплуатируются устройства термоядерного синтеза, отнесение которых к объектам использования атомной энергии (далее – ОИАЭ) является нецелесообразным. В качестве примера можно привести скважинные генераторы нейтронов, которые реализуют реакции синтеза ядер дейтерия (D–D) или дейтерия с тритием (D–T) или предназначены для использования в качестве источника нейтронов в составе аппаратных комплексов для геофизических исследований (каротажа). Такие устройства в настоящее время отнесены к категории источников ионизирующего излучения (генерирующих), а деятельность в их отношении лицензируется в соответствии с Федеральным законом от 04.05.2011 № 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности» [18].

С учетом изменений [19], планируемых к внесению в Федеральный закон от 21.11.1995 № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» [20], установки УТС, для которых приводятся определения в настоящем Глоссарии, можно условно разделить на ядерные установки и радиационные источники (см. рисунок). При этом, с учетом планируемых к реализации инновационных технологий, можно выделить два основных типа установок – «чистые» термоядерные установки, реализующие только реакции термоядерного синтеза легких атомов, и гибридные установки, в которых, помимо реакции термоядерного синтеза легких атомов, происходят реакции деления тяжелых атомов. Для этого в Глоссарий введены соответствующие термины «термоядерная установка» и «гибридная установка», определяющие виды установок УТС.

Так, сооружаемая в настоящее время в рамках международного проекта исследовательская установка ИТЭР не предполагает целевого использования ядерных материалов и реализации реакции деления, в связи с чем может быть отнесена к термоядерным установкам. Следует отметить, что комплекс

ИТЭР признан Управлением по атомной безопасности Франции «базовой ядерной установкой» и регулируется на основе принципов, схожих с другими ядерными установками, включая атомные станции большой мощности [5, 21].

При разработке Глоссария предполагалось, что, в зависимости от параметров, термоядерные установки в Российской Федерации могут быть отнесены либо к ядерным установкам, либо к радиационным источникам. Такая классификация позволит обеспечить надлежащий уровень надзора со стороны государственного регулирующего органа и исключить чрезмерное регулирующее воздействие.

Как отмечено ранее, одной из целей разработки Глоссария является закрепление определений для специфических терминов, актуальных именно для установок УТС. Исходя из сказанного, в Глоссарий включены термины, которые позволяют однозначно трактовать цели и функции определенных специфических систем и элементов. При этом в Глоссарии приведены определения для оборудования, применяемого в различных технологиях УТС, как с магнитным, так и с инерциальным удержанием плазмы. В частности, в Глоссарий введены определения «дивертор», «магнитная система удержания плазмы», «драйвер», «вакуумная камера», «криогенная система» и другие.

Также в Глоссарии приведены определения некоторых явлений и процессов, специфических для установок УТС, а также их характерные особенности. При этом учитывались явления и процессы, характерные для нормальной эксплуатации установок УТС, нарушений нормальной эксплуатации и аварийных процессов (в устоявшемся понимании федеральных норм и правил в области использования атомной энергии [7, 15]), что в будущем, в том числе, позволит сформировать примерный перечень исходных событий проектных аварий и примерный перечень сценариев запроектных аварий. Например, в Глоссарии приведены определения таких процессов и явлений, как «абляция» «имплозия», «срыв плазмы», «квенч» и другие.

Следует отметить, что установкам УТС свойственны факторы опасности, характерные для ОИАЭ, в том числе:

- использование РВ (например, трития), а также ядерных материалов в случае гибридных термоядерных установок;
- генерация высокоэнергетического нейтронного ионизирующего излучения;
- активация конструкционных элементов, образование радиоактивной пыли и иных РВ;
- возможные выбросы РВ при нормальной эксплуатации и авариях.

В Российской Федерации в настоящее время сформирована эффективная система регулирования безопасности в области использования атомной энергии, которая включает в себя более 100 федеральных норм и правил и ряд иных нормативных документов. Ряд документов распространяется на все ОИАЭ, их требования являются нейтральными к технологиям и применимы как для различных типов ядерных установок (атомные станции, исследовательские ядерные установки, объекты ядерного топливного цикла), так и для радиационных источников и пунктов хранения. Сформулированные в таких документах термины и определения также являются в достаточной степени нейтральными к широкому спектру технологий и могут быть использованы при описании и обосновании безопасности установок УТС в полном объеме.

При этом российская система регулирования безопасности условно может быть разделена на несколько «секторов» в зависимости от ОИАЭ, которые входят в область применения того или иного нормативного документа. Так, существует серия нормативных документов, устанавливающих требования по обеспечению безопасности атомных станций, исследовательских установок, радиационных источников, объектов ядерного топливного цикла и других. Основой каждого «сектора» являются Общие положения обеспечения безопасности, которые устанавливают фундаментальные принципы и основные специфические требования по

обеспечению безопасности отдельной категории ОИАЭ. При этом, Общие положения обеспечения безопасности могут устанавливаться для ОИАЭ различных категорий. Так, например, НП-001-15 устанавливает требования к атомным станциям, НП-016-05 – к ядерным установкам и пунктам хранения, а НП-109-20 – к судам атомного технологического обслуживания, которые, в зависимости от функций, могут относиться к ядерным установкам или радиационным источникам. Используемая терминология в различных Общих положениях обеспечения безопасности имеет много аналогичных определений, но также ряд определений одних и тех же терминов может в значительной степени отличаться в зависимости от специфических особенностей ОИАЭ.

Для установок УТС также необходимо определение основных понятий, связанных с обеспечением безопасности на различных этапах жизненного цикла. В связи с этим в Глоссарии в первую очередь приведены определения этапов жизненного цикла, что частично связано с необходимостью лицензирования на каждом из данных этапов.

С учетом специфики поддержания стабильной реакции термоядерного синтеза могут быть определены несколько режимов работы установок УТС, в частности необходимо предусмотреть такие основные эксплуатационные режимы работы, как «режим пуска и работы на мощности» и «режим временного останова». Кроме того, в случае необходимости модернизации, технического перевооружения или вывода из эксплуатации останов может быть более длительным, для чего введены определения «режим длительного останова» и «режим окончательного останова». Для определения данных режимов работы использовались определения аналогичных режимов работы исследовательских ядерных установок [8, 12]. Также отдельно определены этапы ввода в эксплуатацию установок УТС, имеющие такие специфические подэтапы, как получение первой плазмы и фиксирование первых реакций термоядерного синтеза.

В Глоссарии также определены основные термины, используемые при описании различных отклонений в работе установок УТС. Следует отметить, что для иных ОИАЭ часто возникают дискуссии по трактовке требований и определений, относящихся к нарушениям нормальной эксплуатации и авариям. Так, термин «авария» может применяться в нескольких различных контекстах, с точки зрения:

- развития аварийного процесса (что непосредственно связано с нарушением установленных в проекте пределов и условий, а также с уровнями глубокоэшелонированной защиты);
- анализа безопасности (анализа проектных и запроектных аварий);
- аварийного реагирования (в зависимости от масштаба последствий аварии).

Для исключения в будущем ошибочной трактовки требований к установкам УТС в Глоссарии даны определения всех понятий, применяемых при описании отклонений от нормальной эксплуатации.

Еще одним важным аспектом проектирования и обеспечения безопасности установок УТС является грамотное проектирование систем, обеспечивающих безопасность при возникновении отказов и развитии аварийных процессов, а именно систем безопасности. В Глоссарии даны определения защитных, управляющих, обеспечивающих и локализирующих систем безопасности. В определении защитных систем безопасности учтена специфика установок УТС, которые в общем случае не имеют систем контроля за реактивностью в связи с отсутствием ядерных материалов или отсутствием возможности реализации самоподдерживающейся цепной реакции деления (исключение – гибридные установки УТС). При этом функции локализирующих систем безопасности практически не отличаются от функций аналогичных систем для иных ОИАЭ.

Термины, применимые к технологиям управляемого термоядерного синтеза и их определения

Абляция – механизм сжатия мишени в устройстве термоядерного синтеза с инерциальным удержанием плазмы, возникающий за счет «эффекта отдачи» при высокой скорости уноса вещества с поверхности твердого тела, вызванного нагревом после имплозии.

Аварийное реагирование на установке УТС – согласованные действия эксплуатирующей организации, федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций, направленные на предупреждение чрезвычайных ситуаций, ослабление и ликвидацию последствий радиационно опасных ситуаций.

Авария запроектная на установке УТС – авария, вызванная не учитываемыми для проектных аварий исходными событиями или сопровождающаяся дополнительными по сравнению с проектными авариями отказами систем безопасности¹ сверх единичного отказа и/или реализацией ошибочных решений работников (персонала).

Авария локальная на установке УТС – авария, последствия которой ограничиваются одним помещением (зданием).

Авария местная на установке УТС – авария, последствия которой ограничиваются территорией санитарно-защитной зоны.

Авария общая на установке УТС – авария, последствия которой распространяются за пределы санитарно-защитной зоны.

¹ Системы безопасности не являются специфичными для установок УТС. Термин «системы безопасности» определен в «Общих положениях обеспечения безопасности атомных станций» (НП-001-15), «Общих положениях обеспечения безопасности исследовательских ядерных установок» (НП-033-11) и «Общих положениях обеспечения безопасности объектов ядерного топливного цикла» (НП-016-05). Данный термин будет определен в общих положениях безопасности установок УТС.

Авария проектная на установке УТС – авария, для которой проектом установки УТС определены исходные события и конечные состояния и предусмотрены системы безопасности, обеспечивающие ограничение ее последствий установленными для таких аварий пределами с учетом принципа единичного отказа систем безопасности или одной независимой от исходного события ошибки работников (персонала).

Авария радиационная на установке УТС – нарушение нормальной эксплуатации установки УТС, при котором произошел выход РВ и (или) ионизирующего излучения за предусмотренные проектом для нормальной эксплуатации границы в количествах, превышающих установленные пределы безопасной эксплуатации. Авария характеризуется исходным событием, путями протекания и последствиями.

Авария ядерная на гибридной установке УТС – авария, сопровождающаяся образованием критической массы ядерных материалов в результате повреждения элементов конструкции гибридных установок УТС или в результате нарушений при перегрузке, транспортировании или хранении ядерных материалов.

Автоматизированное управление установки УТС – управление, осуществляемое с участием персонала при помощи управляющей системы (систем), важной для безопасности.

Автоматическое управление установки УТС – управление, осуществляемое управляющей системой (системами), важной для безопасности, без участия персонала.

Активная система (элемент) установки УТС – система (элемент), функционирование которой зависит от нормальной работы управляющей системы, системы электроснабжения или другой системы.

Безнейтронный источник энергии синтеза – разновидность устройства термоядерного синтеза, в котором энергия выделяется в результате

термоядерных реакций, сопровождающихся образованием только заряженных частиц и гамма-квантов².

Безопасность установки УТС – свойство установки УТС при нормальной эксплуатации, нарушениях нормальной эксплуатации, включая аварии, ограничивать радиационное воздействие на работников (персонал), население и окружающую среду установленными пределами.

Биологическая защита установки УТС – физические барьеры установки УТС, в том числе строительные конструкции, предназначенные для защиты персонала и населения от воздействия ионизирующего излучения.

Бланкет – элемент установки УТС, предназначенный для использования нейтронов реакции синтеза в различных целях, включая воспроизводство термоядерного топлива, проведение исследований, генерацию тепловой энергии, в том числе за счет реакции деления, трансмутацию минорных актинидов.

Вакуумная камера – разновидность герметичного корпуса установок УТС с магнитным удержанием плазмы, выполняющая функции первого барьера на пути распространения РВ в окружающую среду.

Ввод установки УТС в эксплуатацию – комплекс работ на начальном этапе эксплуатации установки УТС, в рамках которого проверяется работоспособность систем, оборудования и установки УТС в целом, а также оценивается соответствие установки УТС проекту. Ввод в эксплуатацию

² К таким реакциям, в частности, близки реакции синтеза бора-11 и протона ($p-^{11}\text{B}$) и синтеза дейтерия с гелием-3 ($\text{D}-^3\text{He}$), в которых образование нейтронов существенно меньше, чем при реакции синтеза дейтерия с тритием ($\text{D}-\text{T}$). При этом нейтроны могут рождаться в результате протекания реакций по иным веткам (например, реакция синтеза бора-11 и протона также имеет ветвь с углеродом-11 и нейтроном в качестве продуктов ($p + ^{11}\text{B} \rightarrow ^{11}\text{C} + n$) или в результате побочных реакций (например, в реакции синтеза дейтерия с дейтерием ($\text{D}-\text{D}$), неизбежно происходящей параллельно с реакцией синтеза дейтерия с тритием ($\text{D}-^3\text{He}$)).

включает в себя пусконаладочные работы, физический пуск, энергетический пуск и опытную эксплуатацию.

Взрыв – быстрое экзотермическое химическое превращение взрывоопасной среды, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить работу³.

Взрывозащита (водородная) установки УТС – технические и организационные меры, которые при нормальной эксплуатации установки УТС, а также при нарушениях нормальной эксплуатации, включая аварии, обеспечивают предотвращение взрыва водородсодержащих смесей в оборудовании установки УТС и пространстве, ограниченном герметичным ограждением установки УТС, а также ослабление воздействия горения водородсодержащих смесей на герметичное ограждение установки УТС и другие системы и элементы установки УТС, важные для безопасности.

Вибростойкость – способность изделия сохранять прочность, устойчивость, герметичность и работоспособность во время и после вибрационного воздействия.

Внешние воздействия (события) на установку УТС – воздействия характерных для площадки размещения установки УТС природных явлений и деятельности человека, например, землетрясения, высокий и низкий уровень наземных и подземных вод, ураганы, аварии на воздушном, водном и наземном транспорте, пожары, взрывы на прилегающих к установке УТС объектах, потеря внешнего электроснабжения.

³ Взрыв, в широком смысле этого слова, представляет собой процесс весьма быстрого физического или химического превращения системы, сопровождающийся переходом ее потенциальной энергии в механическую работу. Работа, совершаемая при взрыве, обусловлена быстрым расширением газов или паров, независимо от того, существовали ли они до или образовались во время взрыва. Самым существенным признаком взрыва является резкий скачок давления в среде, окружающей место взрыва. Это служит непосредственной причиной разрушительного действия взрыва.

Внутренние воздействия (события) на установку УТС – воздействия, возникающие при нарушениях нормальной эксплуатации, вызванных отказами элементов установки УТС либо ошибками персонала, включая ударные волны, струи, летящие предметы, изменение параметров среды (например, давления, температуры, химической активности), пожары и затопления.

Вывод установки УТС из эксплуатации – вид деятельности, направленной на достижение заданного конечного состояния установки УТС, исключающего эксплуатацию установки УТС по назначению, и обеспечивающей безопасность персонала, населения и окружающей среды. Для установок УТС с гибридными системами вывод из эксплуатации осуществляется только после удаления бланкетов с ядерными материалами и других ядерных материалов с площадки установки УТС.

Выход термоядерного топлива – обусловленная нарушениями нормальной эксплуатации установки УТС неконтролируемая утечка термоядерного топлива за пределы оборудования, установленные проектом.

Герметичное ограждение установки УТС – совокупность элементов установки УТС, включая строительные конструкции, которые, ограждая пространство вокруг устройства термоядерного синтеза или другого объекта, содержащего РВ, образуют предусмотренную проектом установки УТС границу и препятствуют распространению РВ и ионизирующего излучения в окружающую среду в количествах, превышающих установленные пределы.

Герметичность – способность элемента или системы ограничивать распространение жидких и газообразных веществ, включая аэрозоли, за установленную границу.

Герметичный корпус – часть установки УТС с размещенными в ней термоядерным топливом и другими элементами, в том числе бланкетами, необходимыми для поддержания реакции синтеза и предотвращения выхода термоядерного топлива и РВ в количествах, превышающих установленные пределы.

Гермоклапан – клапан запорный, герметический, вентиляционный, с электроприводом, фланцевый.

Гибридная термоядерная установка – разновидность установок УТС, в которых нейтроны, образовавшиеся в результате ядерной реакции синтеза легких атомов, инициируют ядерную реакцию деления тяжелых ядер в ядерных материалах в подкритической активной зоне (бланкете).

Давление рабочее – наибольшее избыточное или наименьшее вакуумметрическое давление рабочей среды в трубопроводной арматуре при нормальной эксплуатации, определяемое с учетом гидростатического давления.

Давление расчетное – наибольшее избыточное или наименьшее вакуумметрическое давление рабочей среды в трубопроводной арматуре, используемое при выборе размеров арматуры, определяющих ее прочность, при котором допускается нормальная эксплуатация арматуры при расчетной температуре.

Детонация – взрыв вещества в ограниченном объеме, фронт реакции которого распространяется со сверхзвуковой скоростью и при котором создается высокое давление и высокий скоростной напор.

Дефлаграция – взрыв вещества в ограниченном объеме, фронт реакции которого распространяется с дозвуковой скоростью и при котором создаются умеренное давление и тепловые нагрузки (взрывное горение).

Дивертор – часть устройства термоядерного синтеза с магнитным удержанием плазмы, расположенная внутри вакуумной камеры, предназначенная для сбора, нейтрализации и откачки частиц с периферии плазмы и выполняющая отвод тепловых нагрузок от стенок устройства.

Драйвер – часть устройства термоядерного синтеза с инерциальным удержанием плазмы, работающая в импульсном режиме и предназначенная для быстрой передачи атомам термоядерного топлива необходимой энергии (нагрев и сжатие) и создания условий, достаточных для инициации реакции термоядерного синтеза, в том числе за счет использования высокомошных

лазеров, источников электронных пучков или источников пучков легких и тяжелых ионов.

Живучесть – свойство систем и элементов установки УТС, в том числе пунктов управления, выполнять возложенные на них функции, несмотря на полученные повреждения.

Зависимый отказ системы (элемента) установки УТС – отказ системы (элемента) установки УТС, являющийся следствием другого отказа или события.

Защитные системы (элементы) безопасности установки УТС – системы (элементы) безопасности, предназначенные для исполнения функции по предотвращению или ограничению повреждения герметичного корпуса, бланкетов, а также оборудования и трубопроводов, содержащих РВ.

Зона локализации аварии на установке УТС – пространство, ограничиваемое герметичным ограждением (либо другими элементами локализующих систем безопасности) установки УТС, в пределах которого предусматривается удержание выделившихся при аварии РВ.

Зона планирования защитных мероприятий установки УТС – территория вокруг установки УТС, в границах которой при запроектных авариях на установке УТС возможно радиационное воздействие, превышающее установленные действующими нормами радиационной безопасности значения дозовых критериев, и запланированы мероприятия по защите населения.

Зона планирования мероприятий по обязательной эвакуации населения установки УТС – территория вокруг установки УТС, в границах которой возможно радиационное воздействие при авариях, и планируются мероприятия по эвакуации населения, предусмотренные действующими нормами радиационной безопасности.

Имплозия – процесс предварительного сжатия капсулы с термоядерным топливом (перед абляцией ее поверхности) за счет реактивной силы, возникающей под воздействием мощного потока лазерного или мягкого

рентгеновского излучения с целью создания условий, достаточных для инициации реакции термоядерного синтеза с инерциальным удержанием плазмы.

Исходное событие – единичный отказ в системе (элементе) установки УТС, внутреннее или внешнее воздействие, или ошибка персонала, либо сочетания указанных событий, которые приводят к нарушению нормальной эксплуатации установки УТС и могут привести к нарушению пределов и (или) условий безопасной эксплуатации.

Квенч (внезапная потеря сверхпроводимости) – нарушение нормальной эксплуатации магнитной системы установки УТС с магнитным удержанием плазмы, при котором часть сверхпроводящей катушки теряет свое сверхпроводящее состояние и снова входит в нормальное резистивное состояние⁴.

Консервативный подход – подход, при котором в процессе анализа безопасности установки УТС используются значения параметров и характеристик, заведомо приводящие к более неблагоприятным результатам.

Контролируемое безопасное состояние установки УТС – состояние установки УТС, поддерживаемое в течение неограниченного времени, при котором обеспечены основные функции безопасности установки УТС, установленные Общими положениями обеспечения безопасности установок УТС.

Контур теплоносителя первой стенки – часть устройства термоядерного синтеза с магнитным удержанием плазмы в виде контура вместе с системой компенсации объема (при наличии), предназначенная для циркуляции теплоносителя, охлаждающего первую стенку в предусмотренных проектом установки УТС режимах и условиях эксплуатации.

⁴ Сопротивление приводит к омическому нагреву в определенной области; это тепло затем быстро вызывает гашение других областей магнита. При использовании гелия в качестве криоагента квенч может привести к взрыву или выбросу гелия.

Криоагент – теплоноситель криогенной системы, обеспечивающий охлаждение оборудования установки УТС до криогенных температур⁵.

Криогенная система – часть устройства термоядерного синтеза с магнитным удержанием плазмы в виде криогенной станции вместе с контуром циркуляции криоагента, предназначенная для охлаждения элементов и оборудования магнитной системы удержания плазмы, системы разделения изотопов водорода, криогенных насосов или иных систем до криогенных температур в предусмотренных проектом установки УТС режимах и условиях эксплуатации.

Криостат – часть устройства термоядерного синтеза с магнитным удержанием плазмы в виде камеры, окружающей сверхпроводящие магниты для обеспечения их вакуумной изоляции от внешних тепловых нагрузок, а также выполняющая функции опоры элементов герметичного корпуса и функции защиты элементов герметичного корпуса от повреждений.

Критерии безопасности установки УТС – значения параметров и (или) характеристики установки УТС, в соответствии с которыми обосновывается ее безопасность и которые определены нормативными документами либо обоснованы в проекте установки УТС. Критерии безопасности, обоснованные в проекте установки УТС, не должны противоречить требованиям нормативных документов.

Культура безопасности – набор характеристик и особенностей деятельности организаций и поведения отдельных лиц, который устанавливает, что вопросам обеспечения безопасности установки УТС, как обладающим высшим приоритетом, уделяется внимание, определяемое их значимостью.

Локализирующие системы (элементы) безопасности установки УТС – системы (элементы) безопасности установки УТС, предназначенные для

⁵ Согласно словарю Международного института холода криогенные температуры — это температуры ниже 120 К.

предотвращения или ограничения распространения выделяющихся при авариях РВ и ионизирующего излучения за предусмотренные проектом установки УТС границы и выхода их в окружающую среду.

Магнитная система удержания плазмы – часть устройства термоядерного синтеза с магнитным удержанием плазмы, предназначенная для удержания плазмы и предотвращения ее контакта с первой стенкой посредством создания магнитного поля необходимой конфигурации.

Максимальное расчетное землетрясение – землетрясение максимальной интенсивности на площадке установки УТС с повторяемостью один раз в 10 000 лет.

Мишень – часть устройства термоядерного синтеза с инерциальным удержанием плазмы, содержащая термоядерное топливо, которое в процессе работы инерциального устройства термоядерного синтеза подвергается воздействию со стороны драйвера.

Модернизация установки УТС – работы по замене или доработке оборудования установки УТС, после проведения которых изменяются определенные в проекте установки УТС параметры.

Нарушение нормальной эксплуатации установки УТС – нарушение в работе установки УТС, при котором произошло отклонение от эксплуатационных пределов и условий; при этом могут быть нарушены и другие обоснованные в проекте установки УТС пределы и условия, включая пределы безопасной эксплуатации.

Независимые системы (элементы) установки УТС – такие системы (элементы) установки УТС, у которых отказ одной системы (элемента) не приводит к отказу другой системы (элемента).

Необнаруживаемый отказ – отказ системы (элемента) установки УТС, который не проявляется в момент своего возникновения при эксплуатации установки УТС и не выявляется предусмотренными средствами контроля в соответствии с регламентом технического обслуживания и проверок.

Нижний концентрационный предел распространения пламени – минимальное содержание горючего вещества в однородной смеси с окислительной средой, при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника воспламенения.

Нормальная эксплуатация установки УТС – эксплуатация установки УТС в определенных проектом установки УТС эксплуатационных пределах и условиях.

Обеспечение качества – планируемая и систематически осуществляемая деятельность, направленная на то, чтобы любые работы на этапах выбора площадки, проектирования, конструирования и изготовления оборудования, сооружения, ввода в эксплуатацию, эксплуатации и вывода из эксплуатации установки УТС выполнялись установленным образом, а их результаты удовлетворяли предъявляемым к ним требованиям.

Обеспечивающие системы (элементы) безопасности установки УТС – системы (элементы) безопасности, предназначенные для снабжения систем безопасности установки УТС энергией, рабочей средой и создания условий для их функционирования.

Обитаемость – совокупность факторов, характеризующих условия пребывания персонала установки УТС в помещении и обеспечивающих возможность осуществления персоналом нормальной профессиональной деятельности.

Останов установки УТС – эксплуатация установки УТС в промежутке между окончанием горения плазмы и началом следующего горения плазмы.

Отказы по общей причине – отказы систем (элементов) установки УТС, возникающие вследствие одного отказа или одной ошибки работников (персонала) или внешнего, или внутреннего воздействия.

Отчет по обоснованию безопасности установки УТС – документ, содержащий обоснование безопасности установки УТС и ее отдельных систем и элементов в объеме, необходимом для подтверждения соответствия

установки УТС требованиям федеральных норм и правил в области использования атомной энергии.

Ошибка персонала установки УТС – несвоевременное или неточное выполнение (невыполнение) требуемого единичного действия (единичный пропуск правильного действия) при монтаже, испытаниях или эксплуатации систем (элементов) установки УТС, важных для безопасности.

Пассивная система (элемент) установки УТС – система (элемент) установки УТС, функционирование которой связано только с вызвавшим ее работу событием и не зависит от работы другой активной системы (элемента).

Первая стенка – системы и элементы герметичного корпуса установки УТС, располагающиеся ближе всего к области горения плазмы и выполняющие ряд функций, включая функции физического барьера на пути распространения ионизирующего излучения и отвода тепла от плазмы.

Плазма – агрегатное состояние вещества, при котором оно находится в состоянии частично или полностью ионизированного газа, который содержит электроны и положительно заряженные ионы и который может быть как квазинейтральным (суммарный электрический заряд плазмы равен нулю), так и не квазинейтральным.

Плазма высокотемпературная – практически полностью ионизированная плазма, заряженные частицы которой обладают энергией больше 1 кэВ.

Площадка установки УТС – территория в пределах охраняемого периметра, где размещаются основные и вспомогательные здания и сооружения установки УТС.

Повреждение бланкетов – нарушение хотя бы одного из установленных для бланкетов установки УТС проектных пределов повреждения.

Повреждение герметичного корпуса – нарушение хотя бы одного из установленных для герметичного корпуса установки УТС проектных пределов повреждения.

Пороговый эффект – существенное скачкообразное ухудшение безопасности установки УТС, вызванное небольшими изменениями параметров.

Предаварийная ситуация на установке УТС – состояние установки УТС, характеризующееся нарушением пределов и (или) условий безопасной эксплуатации, не перешедшее в аварию.

Предельные значения выбросов и сбросов установки УТС – установленные в проекте установки УТС максимальные значения выхода радиоактивных и других вредных веществ в атмосферу и поверхностные воды, не превышающие допустимых значений, определенных в соответствующих нормативных документах.

Пределы безопасной эксплуатации установки УТС – установленные проектом установки УТС значения параметров технологического процесса, отклонения от которых могут привести к аварии.

Пределы эксплуатационные установки УТС – значения параметров и характеристик состояния систем (элементов) и установки УТС в целом, заданные проектом установки УТС для нормальной эксплуатации.

Принцип единичного отказа – принцип, в соответствии с которым система установки УТС должна выполнять заданные функции при любом требующем ее работы исходном событии и при независимом от исходного события отказе любого активного элемента или пассивного элемента, имеющего механические движущиеся части.

Принцип независимости – принцип повышения надежности путем применения функционального и (или) физического разделения каналов (элементов), при котором отказ одного канала (элемента) установки УТС не приводит к отказу другого канала (элемента).

Принцип разнообразия – принцип повышения надежности путем применения двух или более систем или элементов установки УТС для выполнения одной функции безопасности, имеющих различные конструкции

или принципы действия, с целью снижения вероятности отказа по общей причине.

Принцип резервирования (избыточности) – принцип повышения надежности путем применения нескольких одинаковых или неодинаковых элементов (каналов, систем) установки УТС таким образом, чтобы каждый из них мог выполнить требуемую функцию независимо от состояния, в том числе отказа, других элементов (каналов, систем), предназначенных для выполнения этой функции.

Продление срока эксплуатации установки УТС – деятельность по подготовке установки УТС к эксплуатации в течение дополнительного срока.

Проектное землетрясение – землетрясение максимальной интенсивности на площадке установки УТС с повторяемостью один раз в 1 000 лет.

Проектные пределы повреждения бланкетов (максимальные) – допустимые значения параметров и характеристик бланкетов в условиях проектных аварий, превышение которых может приводить к разрушению бланкетов.

Проектные пределы повреждения герметичного корпуса (максимальные) – допустимые значения параметров и характеристик герметичного корпуса установки УТС в условиях проектных аварий, превышение которых может приводить к нарушению целостности герметичного корпуса установки УТС.

Пусконаладочные работы на установке УТС – этап ввода установки УТС в эксплуатацию, при котором проверяется работоспособность и соответствие проекту каждой из систем установки УТС в отдельности и проводится комплексная проверка систем при их взаимодействии.

Пуск физический установки УТС – этап ввода установки УТС в эксплуатацию, включающий помещение в герметичный корпус нерадиоактивных изотопов и придание им энергии, необходимой для реализации и поддержания реакции синтеза в соответствии с проектом

установки УТС, экспериментальное исследование параметров высокотемпературной плазмы, проверку работоспособности основных систем, включая системы отвода тепла к конечному поглотителю, а также проведение необходимых испытаний оборудования установки УТС.

Пуск энергетической установки УТС – этап ввода установки УТС в эксплуатацию, включающий помещение в герметичный корпус термоядерного топлива и других элементов (в том числе бланкетов из ядерных материалов, если они предусмотрены проектом установки УТС), реализацию и поддержание реакции синтеза, проверку работоспособности систем в условиях осуществления реакции синтеза, исследование радиационной обстановки при работе установки УТС на мощности и ее вывод на номинальные параметры, установленные проектом.

Рабочая среда – газообразная или жидкая среда, необходимая для выполнения системами установки своих функций.

Район размещения установки УТС – территория, включающая площадку установки УТС, на которой возможны сейсмические явления, способные оказать влияние на безопасность установки УТС.

Режим временного останова установки УТС – режим эксплуатации установки УТС, включающий проведение на установке УТС работ по техническому обслуживанию установки УТС и подготовке экспериментальных исследований.

Режим длительного останова установки УТС – режим эксплуатации установки УТС, включающий проведение работ по консервации отдельных систем и оборудования и поддержанию работоспособности установки УТС в течение времени, когда проведение экспериментальных исследований на ней не планируется.

Режим окончательного останова установки УТС – режим эксплуатации установки УТС, при котором производится подготовка к выводу из эксплуатации установки УТС, включающий выгрузку термоядерного

топлива и бланкетов с ядерными материалами (при наличии) из герметичного корпуса установки УТС и их удаление с площадки установки УТС.

Режим пуска и работы на мощности установки УТС – режим эксплуатации установки УТС, заключающийся в выводе установки УТС на мощность, реализации и поддержании реакции синтеза и в проведении экспериментальных исследований.

Ресурс элемента системы, важной для безопасности установки УТС (выработанный) – суммарная наработка элемента системы, важной для безопасности установки УТС, от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до текущего момента эксплуатации (или контроля их технического состояния).

Ресурс элемента системы, важной для безопасности установки УТС (остаточный) – суммарная наработка элемента системы, важной для безопасности установки УТС, от момента контроля его технического состояния до достижения параметров, при которых может наступить необратимое нарушение установленных нормативными документами условий прочности или работоспособности.

Ресурс элемента установки УТС – обоснованная в проекте суммарная наработка элемента системы, важной для безопасности установки УТС, от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до достижения параметров, при которых может наступить необратимое нарушение установленных нормативными документами условий прочности или работоспособности.

Самозащищенность внутренняя установки УТС – свойство установки УТС и других систем установки обеспечивать безопасность установки УТС в силу внутренних физических обратных связей или процессов.

Система аварийного электроснабжения установки УТС – обеспечивающая система безопасности установки УТС, представляющая собой совокупность автономных источников, преобразовательных,

распределительных и коммутационных устройств, осуществляющая электроснабжение потребителей во всех состояниях установки УТС (включая аварии и обесточивание установки).

Система диагностики установки УТС – система установки УТС, предназначенная для определения значений параметров плазмы, необходимых для управления режимами работы устройства термоядерного синтеза и получения экспериментальных данных о протекании термоядерной реакции.

Система управления и защиты установки УТС – система установки УТС, предназначенная для обеспечения безопасного поддержания и прекращения реакции синтеза, совмещающая функции нормальной эксплуатации и функции безопасности и состоящая из элементов систем контроля и управления, защитных, управляющих и обеспечивающих систем безопасности.

Система установки УТС – совокупность элементов установки УТС, предназначенная для выполнения заданных функций.

Системы нагрева плазмы⁶ – системы установки УТС с магнитным удержанием плазмы, предназначенные для придания атомам плазмы энергии, достаточной для инициации реакции термоядерного синтеза.

Системы (элементы) безопасности установки УТС – системы (элементы) установки УТС, предназначенные для выполнения функций безопасности.

Системы (элементы), важные для безопасности установки УТС – системы (элементы) безопасности установки УТС, а также системы (элементы) нормальной эксплуатации, отказы которых нарушают нормальную эксплуатацию установки УТС или препятствуют устранению отклонений от нормальной эксплуатации и могут привести к проектным и запроектным авариям.

⁶ Передача энергии может происходить, в том числе, за счет ионно-циклотронного нагрева, нагрева нейтральными частицами и электронно-циклотронного нагрева гиротронами.

Системы (элементы) нормальной эксплуатации установки УТС – системы (элементы) установки УТС, предназначенные для осуществления нормальной эксплуатации.

Событие исходное – единичный отказ в системах (элементах) установки УТС, внешнее воздействие или ошибка работников (персонала), которые приводят к нарушению нормальной эксплуатации и могут привести к нарушению пределов и (или) условий безопасной эксплуатации; включает все зависимые отказы, являющиеся его следствием.

Состояние «Аварийная готовность» (режим повышенной готовности) – режим функционирования эксплуатирующей организации в условиях предаварийной ситуации на установке УТС, в рамках которого выполняются действия по предотвращению аварий и по подготовке к ликвидации их возможных последствий.

Состояние «Аварийная обстановка» (режим чрезвычайной ситуации) – режим функционирования эксплуатирующей организации в условиях аварии на установке УТС, в рамках которого выполняются действия по ликвидации последствий аварии.

Срок службы элемента системы, важной для безопасности установки УТС – время эксплуатации от начала эксплуатации элемента системы, важной для безопасности установки УТС, или ее возобновления после продления проектного (назначенного) срока службы до достижения параметров, при которых может наступить необратимое нарушение установленных нормативными документами условий прочности или работоспособности.

Срок службы элемента системы, важной для безопасности установки УТС, продленный – время эксплуатации элемента системы, важной для безопасности установки УТС, сверх проектного (назначенного) срока службы, определенный на основании обоснованного остаточного ресурса элемента системы, важной для безопасности установки УТС.

Срок службы элемента системы, важной для безопасности установки УТС, проектный (назначенный) – установленное и обоснованное в проекте установки УТС или документах изготовителя время эксплуатации элемента системы, важной для безопасности установки УТС, при достижении которого эксплуатация элемента системы, важной для безопасности установки УТС, может быть продолжена только после обоснования его остаточного ресурса и принятия решения о возможности продления его срока службы.

Срок эксплуатации установки УТС – установленное и обоснованное в проекте установки УТС календарное время службы установки УТС (включая периоды технического обслуживания и ремонта).

Срыв плазмы – потеря управления током и высвобождение накопленной тепловой энергии плазмы на первой стенке, приводящая к большим тепловым и механическим нагрузкам на нее⁷.

Старение элемента системы, важной для безопасности установки УТС – накопление во времени негативных изменений механических и/или физических характеристик конструкционных материалов элемента системы, важной для безопасности установки УТС.

Термоядерная установка⁸ – установка УТС, не содержащая ядерные материалы.

Термоядерное топливо – материалы, предназначенные для получения тепловой энергии и (или) потоков излучения в установке УТС за счет осуществления управляемой реакции термоядерного синтеза.

Термоядерный источник нейтронов⁹ – разновидность устройства термоядерного синтеза, состав и геометрия которого позволяют реализовать

⁷ Сопровождается убеганием электронов высокой энергии, также воздействующих на первую стенку.

⁸ Может относиться к ядерным установкам или радиационным источникам.

⁹ Может быть использован как для генерации тепловой и электрической энергии, так и для генерации потока высокоэнергетических нейтронов синтеза.

реакцию термоядерного синтеза легких атомов, при которой образуются высокоэнергичные нейтроны, и обеспечить надежное управление реакцией.

Техническое обслуживание установки УТС – комплекс операций по поддержанию работоспособности и исправности установки УТС и его систем и элементов.

Техническое перевооружение установки УТС – работы по замене или доработке оборудования установки УТС, после проведения которых определенные в проекте параметры установки УТС не изменяются.

Технологический регламент установки УТС – документ, содержащий описание основных правил и методов безопасной эксплуатации установки УТС, а также значения пределов и условий ее безопасной эксплуатации.

Топливная система установки УТС – оборудование, трубопроводы и прочие элементы установки УТС, обеспечивающие обращение с термоядерным топливом, включая хранение, подготовку, подачу термоядерного топлива внутрь герметичного корпуса и обращение с термоядерным топливом после извлечения из герметичного корпуса.

Убегающие электроны – электроны в составе плазмы, получающие энергию за счет электрического поля быстрее, чем расходуют при столкновениях.

Управление аварией на установке УТС – действия, направленные на предотвращение перерастания проектной аварии на установке УТС в запроектную, а также на ослабление последствий аварий на установке УТС.

Управление ресурсом элемента установки УТС – комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на контроль и сохранение ресурса элемента установки УТС в процессе его эксплуатации.

Управляющая система установки УТС – система установки УТС, осуществляющая управление объектом (объектами) по заданным целям, критериям и ограничениям.

Управляющая функция – совокупность действий управляющих систем, важных для безопасности (функциональной группы), направленная на

достижение определенной цели, указанной в проекте установки УТС, реализующая управление объектом (системой или элементом установки УТС) по заданным целям, критериям и ограничениям.

Управляющие системы (элементы) безопасности установки УТС – системы (элементы), предназначенные для инициирования действий систем безопасности, осуществления контроля и управления ими в процессе выполнения заданных функций.

Управляющие системы (элементы) нормальной эксплуатации установки УТС – системы (элементы), предназначенные для инициирования действий систем нормальной эксплуатации, осуществления контроля и управления ими в процессе выполнения заданных функций.

Условия безопасной эксплуатации установки УТС – обоснованные проектом установки УТС минимальные условия по количеству, характеристикам, состоянию работоспособности и условиям технического обслуживания систем (элементов), важных для безопасности, при которых обеспечивается соблюдение пределов безопасной эксплуатации.

Условия эксплуатационные установки УТС – обоснованные проектом установки УТС условия по количеству, характеристикам, состоянию работоспособности и техническому обслуживанию систем (элементов), необходимые и достаточные для работы без нарушения эксплуатационных пределов.

Установка управляемого термоядерного синтеза (установка УТС) – ядерная установка или радиационный источник, в составе которой(-ого) предусмотрены устройство термоядерного синтеза и комплекс помещений, систем и элементов, включая установки по хранению, обработке и переработке термоядерного топлива, ядерных материалов, РВ и радиоактивных отходов, располагающихся на площадке установки УТС и влияющих на безопасность эксплуатации установки УТС.

Устройство термоядерного синтеза¹⁰ – устройство, предназначенное для реализации реакции термоядерного синтеза за счет магнитного или инерциального удержания плазмы.

Утечка – количественная характеристика герметичности, определяемая как масса или объем среды, вышедшая (вышедший) из контролируемого объема при заданных параметрах в единицу времени.

Утечка (проектная) – утечка, устанавливаемая для системы (элемента) в проекте установки УТС.

Утечка (фактическая) – утечка, полученная при проверке (испытаниях) системы (элемента).

Физическая защита установки УТС – совокупность организационных мероприятий, инженерно-технических средств и действий подразделений охраны с целью предотвращения диверсий или хищений ядерных материалов, специальных неядерных материалов, радиоактивных отходов и РВ.

Физический барьер установки УТС – система (элемент) установки УТС, являющаяся частью глубокоэшелонированной защиты, представляющий собой физическую преграду (например, корпус реактора) на пути распространения ионизирующего излучения, РВ.

Функция безопасности – конкретная цель и действия, обеспечивающие ее достижение, направленные на предотвращение аварий на установке УТС или ограничение их последствий.

Хольраум – разновидность мишени, используемая при лазерном инерциальном термоядерном синтезе для обеспечения равномерного нагрева термоядерного топлива, направления инерциальных сил на сжатие термоядерного топлива и контроля за протеканием реакции термоядерного синтеза.

¹⁰ Устройство термоядерного синтеза может являться термоядерным источником нейтронов, безнейтронным источником энергии синтеза или гибридной системой.

Центр технической поддержки (аварийный центр)¹¹ установки УТС – помещение или комплекс помещений установки УТС, оснащенные программно-техническими комплексами, средствами связи и документацией, необходимыми для организации аварийного реагирования.

Эксплуатация опытная установки УТС – этап ввода в эксплуатацию установки УТС, в рамках которого осуществляется реализация и поддержание реакции синтеза, подтверждение стабильности работы установки УТС в эксплуатационных условиях, включая переходные процессы.

Эксплуатация установки УТС – деятельность, направленная на достижение безопасным образом цели, для которой сооружалась установка УТС, включая работу на заданной мощности, проведение экспериментов, останова установки УТС, обращение с термоядерным топливом, ядерными материалами, РВ и радиоактивными отходами, техническое обслуживание, ремонт и другую связанную с этим деятельность.

Эксплуатация установки УТС с отклонениями – эксплуатация установки УТС с нарушением эксплуатационных пределов или условий, но без нарушения пределов или условий безопасной эксплуатации.

Элементы установки УТС – оборудование, приборы, трубопроводы, кабели, сооружения, конструкции, а также изделия, обеспечивающие выполнение заданных функций самостоятельно или в составе систем и рассматриваемые в проекте установки УТС в качестве структурных единиц при анализе надежности и безопасности.

Этапы жизненного цикла установки УТС – проектирование, размещение, сооружение, эксплуатация и вывод из эксплуатации установки УТС.

¹¹ Для установок УТС, являющихся ядерными установками согласно классификации, определенной в федеральных нормах и правилах в области использования атомной энергии.

Список источников

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации: утверждена Указом Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642.
2. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года: утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 09.06.2020 № 1523-р.
3. Государственная программа Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации»: утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 29.03.2019 № 377.
4. Государственная программа Российской Федерации «Развитие атомного энергопромышленного комплекса»: утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 02.06.2014 № 506-12.
5. Официальный сайт проекта ИТЭР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iter.org> (дата обращения: 20.03.2023).
6. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. НП-001-15: утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17.12.2015 № 522.
7. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Положение о порядке объявления аварийной обстановки, оперативной передачи информации и организации экстренной помощи атомным станциям в случае радиационно опасных ситуаций. НП-005-16: утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 24.02.2016 № 68.
8. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила ядерной безопасности исследовательских реакторов. НП-009-17: утверждены постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 04.08.2017 № 295.

9. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила устройства и эксплуатации локализирующих систем безопасности атомных станций. НП-010-16: утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 24.02.2016 № 70.

10. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к обоснованию возможности продления назначенного срока эксплуатации объектов использования атомной энергии. НП-024-2000: утверждены постановлением Госатомнадзора Российской Федерации от 28.12.2000 № 16.

11. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к управляющим системам, важным для безопасности атомных станций. НП-026-16: утверждены постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 16.11.2016 № 483.

12. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Общие положения обеспечения безопасности исследовательских ядерных установок. НП-033-11: утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30.06.2015 № 348.

13. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила обеспечения водородной взрывозащиты на атомной станции. НП-040-02: утверждены постановлением Госатомнадзора Российской Федерации от 31.12.2002 № 14.

14. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии. НП-064-17: утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30.11.2017 № 514.

15. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к содержанию плана мероприятий по защите персонала

в случае аварии на исследовательских ядерных установках. НП-075-19: утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14.05.2019 № 181.

16. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к программам обеспечения качества для объектов использования атомной энергии. НП-090-11: утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 07.02.2012 № 85.

17. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Положение о порядке объявления аварийной обстановки, оперативной передачи информации в случаях радиационно опасных ситуаций на исследовательских ядерных установках. НП-106-19: утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 09.09.2019 № 351.

18. О лицензировании отдельных видов деятельности: Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ.

19. Шарафутдинов Р. Б., Курындин А. В., Киркин А. М., Синегрибов С. В., Картова А. М. О необходимости совершенствования нормативной правовой базы в области использования атомной энергии для регулирования безопасности термоядерных установок // Ядерная и радиационная безопасность. 2021. № 3 (101). С. 5–15.

20. Об использовании атомной энергии: Федеральный закон от 21.11.1995 № 170-ФЗ.

21. Постановление Министерства экологии, устойчивого развития и энергетики Франции от 09.11.2012 № 2012-1248, разрешающее Международной организации ИТЭР создать базовую ядерную установку под названием «ИТЭР» в муниципалитете Сен-Поль-ле-Дюранс (Буш-дю-Рон) // Официальный журнал Французской Республики. 2012. № 0262. С. 227–233.

Р. Б. Шарафутдинов, А. В. Курындин, А. М. Киркин,
С. В. Синегрибов, А. В. Симонова, А. О. Смирнов (ФБУ «НТЦ ЯРБ»),
И. И. Линге, А. В. Приходько, В. И. Шпиньков, С. А. Богатов (ИБРАЭ РАН)

Установки управляемого термоядерного синтеза.

Глоссарий

(первая редакция)

Препринт ФБУ «НТЦ ЯРБ» № SEC NRS-2023-01

Ответственный за выпуск Большакова Н. Р.

Редактор Лукьянова Д. Р.

Подписано в печать 30.03.2023

Тираж 100 экз.

Отпечатано в ФБУ «НТЦ ЯРБ»

Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5

Система менеджмента качества ФБУ «НТЦ ЯРБ» сертифицирована
на соответствие требованиям международного стандарта ISO 9001:2015
и национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 9001-2015

ISBN 978-5-907011-49-6



9 785907 011496

