

<p>Ageing is a general process in which the characteristics of structures, systems and components (SSC) gradually change with time or use.</p> <p>Ageing is typically divided into several categories, depending on the causes of the process. Physical ageing is the ageing of SSCs due to physical, chemical and/or biological processes (ageing mechanisms). Examples of physical degradation mechanisms include wear, radiation embrittlement, corrosion and microbiological fouling.</p> <p>Degradation caused by ageing can be caused by changes in microstructure or chemical composition (as in the case of creep or embrittlement), geometrical changes like material loss, cracking or distortion (like in the case of erosion, corrosion or deformation) or a combination of these. In polymeric materials, ageing can result in the bleeding of plasticizers, which leads to a loss of ductility of the material.</p> <p>Non-physical ageing is defined as the process of becoming out of date (i.e. obsolete) owing to the evolution of knowledge and technology and associated changes in codes and standards. Examples of non-physical ageing effects include the unavailability of qualified spare parts for old equipment, incompatibility between old and new equipment and outdated procedures or documentation.</p> <p>Ageing management is defined as engineering, operations and maintenance actions to control within acceptable limits the ageing degradation of structures, systems and components. Examples of engineering actions include design, qualification and failure analysis. Examples of operations actions include surveillance, carrying out operating procedures within specified limits and performing environmental measurements.</p> <p>Effective ageing management throughout the lifetime of SSCs requires the use of a systematic approach. An ageing management programme is a systematic framework for coordinating all activities relating to the understanding, detection, minimization, monitoring and mitigation of ageing effects on the SSCs.</p> <p>In nuclear fuel cycle facilities, defence in depth is achieved by a system of multiple physical or</p>	<p>Старение — это общий процесс, при котором характеристики конструкций, систем и компонентов (КСК) изменяются с течением времени или в процессе эксплуатации.</p> <p>Старение обычно подразделяется на несколько категорий в зависимости от причин, вызывающих этот процесс. Физическое старение — это старение КСК под воздействием физических, химических и/или биологических процессов (механизмов старения). Примерами физических повреждений механизмов являются износ, радиационное охрупчивание, коррозия и микробиологическое загрязнение.</p> <p>Повреждение, вызванное старением, может быть обусловлено изменением микроструктуры или химического состава (как в случае ползучести или охрупчивания), геометрическими изменениями, такими как износ материала, растрескивание или искажение (как в случае эрозии, коррозии или деформации), или их комбинацией. В полимерных материалах старение может приводить к вымыванию пластификаторов, что приводит к потере пластичности материала.</p> <p>Нефизическое старение определяется как процесс выхода из строя (т.е. устаревания) в результате появления новой информации и усовершенствования технологий и связанных с этим изменением в нормах и стандартах. Примерами последствий нефизического старения являются отсутствие подходящих запасных частей для старого оборудования, несовместимость старого и нового оборудования, устаревшие методы работы или утратившая актуальность документация.</p> <p>Под управлением старением понимаются инженерные, эксплуатационные и ремонтные мероприятия, направленные на контроль деградации конструкций, систем и компонентов при старении без превышения в допустимых пределах. Примерами инженерных действий являются проектирование, модификация и анализ отказов. Примерами эксплуатационных мероприятий являются наблюдение, выполнение рабочих процедур в установленных пределах и проведение измерений параметров окружающей среды.</p> <p>Эффективное управление старением в течение всего срока службы КСК требует применения систематического подхода. Программа управления старением — это систематическая основа для координации всех действий, связанных с пониманием, обнаружением, минимизацией, мониторингом и смягчением последствий старения для КСК. На предприятиях ядерного топливного цикла глубокоэшелонированная защита обеспечивается</p>
--	--

functional barriers (accomplished by administrative means or by SSCs) for the prevention and mitigation of events and accidents. Defence in depth provides multilayer protection against accident conditions through appropriate design, operation and verification methods.

Ageing might lead to the failure of a barrier, or the failure of a component of a barrier, ultimately leading to the failure of the barrier itself. It might also lead to simultaneous impairment of one or more levels of protection provided by the application of the defence in depth concept because of the increased possibility of common cause failure of multiple SSCs. An example of how ageing could lead to the simultaneous unavailability of multiple systems is the failure of multiple cables (resulting from reduced insulation resistance due to ageing) during a flooding event. Another characteristic of ageing is that it could aggravate the potential consequences of events. For example, the degradation of fire barriers provided to limit fire in a certain area could contribute to the spread of fire to other areas.

An effective ageing management programme provides for maintaining defence in depth through the incorporation of design features and engineering practices that provide safety margins, mainly by the use of design, technology and materials of high quality and reliability. Equally, the effectiveness of an ageing management programme can be supported by the technological and procedural barriers deployed to ensure defence in depth:

- (a) Compliance with the operational limits and conditions;
- (b) Execution of relevant tasks and activities in accordance with approved operating and maintenance procedures and good practice.

Service conditions comprise the physical conditions prevailing, or those expected to prevail, during the service life of an SSC, i.e. the period from initial operation to final withdrawal from service of an SSC. Service conditions include environmental conditions (e.g. conditions of humidity; thermal, chemical, electrical, mechanical and radiological conditions), and operating conditions (conditions in normal operation, error induced conditions) and conditions during and after events. The ageing of SSCs is influenced by the conditions to which they are subjected during normal operation and anticipated operational occurrences. The

системой многочисленных физических или функциональных барьеров (выполненных административными средствами или с помощью КСК) для предотвращения и смягчения последствий событий и аварий. Глубокоэшелонированная защита обеспечивает многоуровневую защиту от аварийных ситуаций с помощью соответствующих методов проектирования, эксплуатации и проверки.

Старение может привести к отказу барьера или компонента барьера, что в конечном итоге приведет к отказу самого барьера. Оно также может привести к одновременному нарушению одного или нескольких уровней защиты, обеспечиваемых применением концепции глубокоэшелонированной защиты, поскольку возрастает вероятность множественного отказа нескольких КСК. Примером того, как старение может привести к одновременному выходу из строя нескольких систем, является выход из строя нескольких кабелей (в результате снижения сопротивления изоляции из-за старения) во время наводнения. Другая особенность старения заключается в том, что оно может усугубить возможные последствия событий. Например, повреждение противопожарных барьеров, предназначенных для ограничения огня в определенной зоне, может способствовать распространению огня в другие зоны.

Действующая программа управления старением предусматривает поддержание глубокоэшелонированной защиты за счет включения конструктивных особенностей и инженерной практики, обеспечивающих запас прочности, в основном за счет использования конструкции, технологий и материалов высокого качества и надежности. В равной степени эффективность программы управления старением может быть подкреплена технологическими и процедурными барьерами, применяемыми для обеспечения глубокоэшелонированной защиты:

- (a) соблюдение эксплуатационных ограничений и условий;
- (b) выполнение соответствующих задач и мероприятий в соответствии с утвержденными процедурами эксплуатации и технического обслуживания и надлежащей практикой.

Условия эксплуатации включают в себя физические условия, преобладающие или ожидаемые в течение срока службы КСК, т.е. периода от начала эксплуатации до окончательного вывода КСК из эксплуатации. Рабочие условия включают в себя условия окружающей среды (например, условия влажности, тепловые, химические, электрические, механические и радиологические условия), условия эксплуатации (условия при нормальной работе,

prevailing environmental conditions characteristic to the nuclear fuel cycle facility also affect ageing. The effects of ageing may result in the reduction or loss of the ability of the SSCs to function within accepted designed and authorized criteria. The effect of accidents (design basis accidents and beyond design basis accidents) on the ageing of SSCs needs to be evaluated on a case by case basis, subject to their occurrence.

The operating conditions, such as temperature, pressure and process chemistry, can affect the ageing of SSCs. Additionally, factors like radiation level, accumulation of materials and wear and tear in normal operation conditions can also affect the material properties and ageing of SSCs in nuclear fuel cycle facilities.

Certain anticipated operational occurrences, such as spillage of material, leakages, deviation in process chemistry and erroneous maintenance, may cause adverse chemical conditions or mechanical damage that may lead to corrosion, deterioration of systems or accelerated ageing. After an anticipated operational occurrence at a nuclear fuel cycle facility, it is necessary to investigate and take corrective actions to stop any accelerated ageing.

The environmental conditions that can affect the ageing of SSCs include the presence of chemicals in the exposed environment and climate related conditions such as temperature, humidity, rainfall, frost and wind, as well as site conditions such as salinity and dustiness. The effects of these conditions are corrosion, erosion or undesirable chemical reactions, and they may cause damage to equipment.

условия, вызванные ошибками), а также условия во время и после событий. На старение КСК влияют условия, которым они подвергаются при нормальной эксплуатации, и нарушения нормальной эксплуатации. Преобладающие условия окружающей среды, характерные для установки ядерного топливного цикла, также влияют на старение. Последствия старения могут привести к снижению или потере способности КСК функционировать в рамках принятых проектных и разрешенных критериев. Влияние аварий (проектных и запроектных) на старение КСК должно оцениваться в индивидуальном порядке при условии их возникновения.

Условия эксплуатации, такие как температура, давление и химический режим, могут влиять на старение КСК. Кроме того, такие факторы, как уровень радиации, накопление материалов и износ в условиях нормальной эксплуатации, также могут влиять на свойства материалов и старение КСК на предприятиях с реактором ядерного топливного цикла.

Некоторые ожидаемые эксплуатационные события, такие как пролив материала, утечки, отклонение от химического режима и ошибочное техническое обслуживание, могут вызвать неблагоприятные химические условия или механические повреждения, которые могут привести к коррозии, ухудшению состояния систем или ускоренному старению. После ожидаемого эксплуатационного события на установке ядерного топливного цикла необходимо провести исследование и принять корректирующие меры, чтобы остановить ускоренное старение.

Условия окружающей среды, которые могут повлиять на старение КСК, включают наличие химических веществ в подвергающейся воздействию среде и климатические условия, такие как температура, влажность, осадки, мороз и ветер, а также условия местности, такие как соленость и запыленность. Последствиями этих условий являются коррозия, эрозия или нежелательные химические реакции, которые могут привести к повреждению оборудования.

<p>In the radiation protection programme for any research reactor, account should be taken of all sealed radioactive sources and unsealed radioactive sources that may be present in the facility. A full listing of such sources and their forms, locations and levels of activity during normal operation, as well as during anticipated operational occurrences, provides the basis for shielding calculations, zoning (area designation), design of ventilation systems, surveillance planning, dose assessment, radioactive waste management and determination of effluent discharges. Spent fuel presents a radiological hazard from direct radiation and from the release of radioactive material in the event of cladding failures.</p> <p>Consideration should be given, therefore, to the handling, storage, transport and subsequent disposal of spent fuel.</p> <p>The possible radiation sources in a research reactor may include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(a) Fuel in the reactor core;</li> <li>(b) Spent fuel and core components stored in the reactor building;</li> <li>(c) Transuranic nuclides, fission products, and activation and corrosion products in the spent fuel pool or the coolant system;</li> <li>(d) Equipment, systems and piping containing activation products;</li> <li>(e) Solid and liquid radioactive waste and material arising from the treatment of radioactive waste;</li> <li>(f) Gaseous radioactive material;</li> <li>(g) Experimental facilities with the potential to generate activated material or other radioactive material;</li> <li>(h) Tools and devices for the storage and handling of radioactive material, including sample activation and/or irradiation facilities, in-core experiments, beam ports and hot cells;</li> <li>(i) Material that has been irradiated in the reactor;</li> <li>(j) Neutron sources and calibration sources;</li> <li>(k) Neutron detectors (particularly fission chambers and self-powered neutron detectors);</li> <li>(l) Components of purification systems, such as filters and ion exchange columns.</li> </ul> <p>Gaseous, liquid and solid radioactive waste is generated in various types and amounts from the operation of research reactors. The nature and the amount of such waste depend on factors including the following:</p>	<p>В программе радиационной защиты любого исследовательского реактора должны быть учтены все герметичные и не герметичные радиоактивные источники, которые могут присутствовать на установке. Полный перечень таких источников, их формы, места расположения и уровни активности при нормальной эксплуатации, а также при нарушениях нормальной эксплуатации является основой для расчетов экранирования, зонирования (обозначения зон), проектирования вентиляционных систем, планирования обследования, оценки дозы, обращения с радиоактивными отходами и определения сбросов сточных вод. Отработавшее топливо представляет собой радиологическую опасность, связанную с прямым излучением и выбросом радиоактивных материалов в случае разрушения оболочки.</p> <p>Поэтому необходимо уделить внимание обращению, хранению, транспортировке и последующему захоронению отработавшего топлива.</p> <p>Возможные источники излучения в исследовательском реакторе могут включать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(a) топливо в активной зоне реактора;</li> <li>(b) отработавшее топливо и компоненты активной зоны, хранящиеся в здании реактора;</li> <li>(c) трансурановые нуклиды, продукты деления, продукты активации и коррозии в бассейне отработанного топлива или системе теплоносителя;</li> <li>(d) оборудование, системы и трубопроводы, содержащие продукты активации;</li> <li>(e) твердые и жидкие радиоактивные отходы и материалы, образующиеся при переработке радиоактивных отходов;</li> <li>(f) газообразные радиоактивные материалы;</li> <li>(g) экспериментальные установки, способные генерировать активированный материал или другой радиоактивный материал;</li> <li>(h) инструменты и устройства для хранения и обращения с радиоактивным материалом, включая установки для активации и/или облучения образцов, внутриядерные эксперименты, каналы для вывода пучков и горячие камеры;</li> <li>(i) материал, подвергшийся облучению в реакторе;</li> <li>(j) источники нейтронов и калибровочные источники;</li> </ul>
--	---

<p>(a) Type of research reactor;  (b) Specific design features;  (c) Operating procedures and practices;  (d) Irradiation of various targets, including those for radioisotope production and neutron activation analysis;  (e) Maintenance programme;  (f) Modifications to the facility and activities to extend the lifetime of the research reactor;  (g) Refuelling and operational occurrences;  (h) Operating history of the facility;  (i) Integrity of the fuel.</p> <p>The typical sources of gaseous radioactive waste generated during the operation of research reactors include the following:  (a) Gaseous radioactive elements or compounds from the pools, coolant systems, irradiation facilities and experimental devices;  (b) Airborne radioactive material produced in ancillary facilities, including fume cupboards and decontamination areas.</p> <p>The generation of gaseous radioactive waste should be kept to the minimum practicable by adopting suitable measures, such as the following:  (a) The areas with potential for the generation of gaseous radioactive waste should have provisions for the renewal of air or the cover gas and for capturing the waste using suitable filters.  (b) The ventilation system of the controlled areas outside the containment or means of confinement should include high efficiency particulate air (HEPA) filters and charcoal beds or demisters prior to discharge to the stack.  (c) An atmosphere of an inert gas should be used for the transfer and cooling of irradiation targets.  (d) Levels of coolant impurities should be kept as low as practicable.  (e) Maintenance activities should be carefully planned to reduce the possibility of leakage of gaseous waste.</p> <p>The typical sources of liquid radioactive waste generated during the operation of research reactors include the following:  (a) Cooling water blowdown;  (b) Primary system drains (in the case of light water reactors);  (c) Liquid waste from the demineralized water plant;  (d) The drain of the ventilation water system (e.g. from condensation or from scrubbers or chillers within the system);</p>	<p>(k) детекторы нейтронов (в частности, камеры деления и детекторы нейтронов с автономным питанием);  (l) компоненты систем очистки, такие как фильтры и ионообменные колонки.</p> <p>При эксплуатации исследовательских реакторов образуются газообразные, жидкие и твердые радиоактивные отходы различных типов и объемов. Характер и количество таких отходов зависят от следующих факторов:  (a) тип исследовательского реактора;  (b) конкретные конструктивные особенности;  (c) эксплуатационные процедуры и опыт эксплуатации;  (d) облучение различных мишеней, включая мишени для производства радиоизотопов и нейтронно-активационного анализа;  (e) программа технического обслуживания;  (f) модификации установки и мероприятия по продлению срока службы исследовательского реактора;  (g) случаи перегрузки топлива и эксплуатации;  (h) история эксплуатации установки;  (i) целостность топлива.</p> <p>К типичным источникам газообразных радиоактивных отходов, образующихся в процессе эксплуатации исследовательских реакторов, относятся следующие:  (a) газообразные радиоактивные элементы или соединения из бассейнов, систем теплоносителя, облучательных установок и экспериментальных устройств;  (b) воздушные радиоактивные материалы, образующиеся во вспомогательных помещениях, включая вытяжные шкафы и зоны дезактивации.</p> <p>Образование газообразных радиоактивных отходов должно быть сведено к практически возможному минимуму путем принятия соответствующих мер, например, следующих:  (a) В зонах, где возможно образование газообразных радиоактивных отходов, должны быть предусмотрены средства для подачи свежего воздуха или покровного газа и для улавливания отходов с помощью подходящих фильтров.  (b) Система вентиляции контролируемых зон вне защитной оболочки или средств удержания должна включать высокоэффективные фильтры твердых частиц (HEPA) и угольные слои или демистеры перед выбросом в трубу.</p>
--	--

<p>(e) Demineralized wastewater recovered from the drainage of large equipment in maintenance operations;</p> <p>(f) Washbasin and shower liquids;</p> <p>(g) Floor drain liquids;</p> <p>(h) Liquids from laboratories (these can be radioactive or non-radioactive).</p> <p>The generation of liquid radioactive waste at a research reactor should be kept to the minimum practicable by adopting suitable measures, such as the following:</p> <p>(a) Selecting appropriate reactor materials, for example by avoiding materials containing cobalt;</p> <p>(b) Reducing leakage from the various systems</p> <p>(c) Adjusting the chemical content of the coolant to minimize reactions with the reactor materials and to minimize deposits;</p> <p>(d) Planning and performing maintenance work with due care and with particular emphasis on precautions to avoid the spread of contamination;</p> <p>(e) Taking precautions to avoid contamination of equipment and building surfaces to reduce the need for decontamination;</p> <p>(f) Optimizing decontamination procedures;</p> <p>(g) Reducing the production of secondary waste by the appropriate selection of waste processing methods.</p> <p>The typical sources of solid radioactive waste generated during the operation of research reactors include the following:</p> <p>(a) Irradiated target cans;</p> <p>(b) Used irradiation rigs and reactor components (e.g. thermocouples);</p> <p>(c) Neutron beam guide tubes;</p> <p>(d) Used control rods;</p> <p>(e) Waste arising from the pool service area;</p> <p>(f) Ventilation system waste (e.g. charcoal filters, HEPA filters);</p> <p>(g) Spent ion exchange resins;</p> <p>(h) Cleaning materials and used personal protective equipment items;</p> <p>(i) Laboratory waste (e.g. gloves, shoe covers, tissue paper, disposable glassware);</p> <p>(j) Contaminated items arising from maintenance and other works.</p> <p>Some of the items listed above might not be applicable for subcritical assemblies.</p> <p>The generation of solid radioactive waste at a research reactor should be kept to the minimum practicable by adopting suitable measures, such as the following:</p>	<p>(c) Для переноса и охлаждения облучаемых мишеней должна использоваться атмосфера инертного газа.</p> <p>(d) Уровни примесей в охлаждающей жидкости должны поддерживаться на минимально возможном уровне.</p> <p>(e) Мероприятия по техническому обслуживанию должны быть тщательно спланированы, чтобы уменьшить возможность утечки газообразных отходов.</p> <p>Типичными источниками твердых радиоактивных отходов, образующихся при эксплуатации исследовательских реакторов, являются следующие:</p> <p>(a) облученные мишени;</p> <p>(b) использованные облучательные установки и компоненты реактора (например, термопары);</p> <p>(c) направляющие трубки нейтронных пучков;</p> <p>(d) использованные стержни управления;</p> <p>(e) отходы, образующиеся в зоне обслуживания бассейна;</p> <p>(f) отходы вентиляционных систем (например, угольные фильтры, фильтры HEPA);</p> <p>(g) отработанные ионообменные смолы;</p> <p>(h) чистящие материалы и использованные средства индивидуальной защиты;</p> <p>(i) лабораторные отходы (например, перчатки, бахилы, бумажные салфетки, одноразовая стеклянная посуда);</p> <p>(j) загрязненные предметы, образующиеся в результате технического обслуживания и других работ.</p> <p>Некоторые из перечисленных выше пунктов могут быть неприменимы для подкритических сборок.</p> <p>Образование твердых радиоактивных отходов на исследовательском реакторе должно быть сведено к практически возможному минимуму путем принятия соответствующих мер, таких как:</p> <p>(a) тщательное планирование и выполнение работ по техническому обслуживанию;</p> <p>(b) тщательный контроль за упаковкой и обращением с радиоактивными материалами;</p> <p>(c) предотвращение образования вторичных радиоактивных отходов, например, путем введения ограничений на пронос упаковок и других ненужных материалов в контролируемые зоны;</p> <p>(d) эффективная работа систем переработки газообразных и жидких радиоактивных отходов;</p>
--	---



<p>(a) Careful planning and performance of maintenance work;</p> <p>(b) Careful control of the packaging and handling of radioactive material;</p> <p>(c) Avoiding the generation of secondary radioactive waste by, for example, placing restrictions on packaging and other unnecessary material being taken into controlled areas;</p> <p>(d) Efficient operation of processing systems for gaseous and liquid radioactive waste;</p> <p>(e) Effective procedures for the control of contamination and the use of effective methods of decontamination;</p> <p>(f) Adopting good segregation practices, including clearance of materials, at the point of waste generation and following storage for decay or decontamination;</p> <p>(g) Selection of materials that do not easily become activated (e.g. use of pure plastic for the target carriers used in pneumatic rabbit systems), and reuse and recycling of materials wherever practicable (e.g. use of titanium cans).</p>	<p>(е) эффективные процедуры контроля загрязнения и использование эффективных методов дезактивации;</p> <p>(ф) применение надлежащей практики сортировки, включая очистку материалов, в местах образования отходов.</p> <p>(г) выбор материалов, которые не активируются легко (например, использование чистого пластика для носителей мишеней, используемых в пневматических системах), а также повторное использование и переработка материалов там, где это возможно (например, использование титановых банок).</p>
---	--

### Текст 3 (1148 ЗСП) – Активная зона и обращение с топливом

<p>Proper receipt, storage and handling facilities to accommodate the full consignment of fuel assemblies should be available on the site before any fresh fuel is delivered. If nuclear fuel of a new design is to be delivered, if fuel enrichment or density is changed (i.e. increasing the mass of <math>^{235}\text{U}</math>) or if re-racking of a storage area is necessary, the validity of the criticality safety analysis in the safety analysis report should be reassessed. An adequate number of specified storage positions should be available to ensure the integrity of fuel assemblies and to prevent damage to them.</p> <p>Core components (e.g. instrumentation, coolant flow orifice plate, plugs, control rods, neutron absorbers, fixtures for experimental or irradiation devices) that form part of, or are attached to, a fuel assembly should be inspected and checked as part of the refuelling procedure in accordance with the management system. Any safety aspects relating to neutron sources and core components that have not been taken into account in the fuel loading plan are required to be considered before these assemblies and components can be loaded into the reactor core.</p>	<p>Перед поставкой свежего топлива на площадке должны быть созданы условия для приема, хранения и обработки всей партии тепловыделяющих сборок. При поставке ядерного топлива нового образца, изменении обогащения или плотности топлива (например, увеличении массы <math>^{235}\text{U}</math>) или необходимости перестановки в хранилище следует заново оценить достоверность анализа безопасности по критичности, приведенного в отчете по анализу безопасности. Для обеспечения целостности тепловыделяющих сборок и предотвращения их повреждения должно быть предусмотрено достаточное количество заданных позиций хранения.</p> <p>Компоненты активной зоны (например, контрольно-измерительные приборы, пластина с отверстием для потока теплоносителя, заглушки, управляющие стержни, поглотители нейтронов, приспособления для экспериментальных или облучающих устройств), которые являются частью или крепятся к тепловыделяющей сборке, должны быть осмотрены и проверены как часть процедуры загрузки в соответствии с системой управления. Любые аспекты безопасности, связанные с источниками нейтронов и компонентами активной зоны, которые не были учтены в плане загрузки топлива, должны быть рассмотрены до того, как эти сборки и компоненты могут быть загружены в активную зону реактора.</p>
--	--