УДК 629.7.03: 621.456 **DOI 10.52167/1609-1817-2024-130-1-34-43**

К.Б. Алдамжаров[1], А.К. Молдабеков[1], Д.С. Ким[1] ✉,
К.М. Жандилдинова[1], Л.А.Шинтаева[2]
[1]Академия гражданской авиации, Алматы, Казахстан
[2]Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан
E-mail: dmitriy.kim@ukr.net

КОНТРОЛЬ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЕТА НА АВИАСИМУЛЯТОРЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА С АТОМНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОКОЙ

Аннотация. Тренажерная подготовка является неотъемлемой частью обучения пилота и предваряет практический налет на каждом отдельном типе воздушного судна, фактически обеспечивая его безопасную летную эксплуатацию. Существующие программы тренажерной подготовки, несмотря на многократную апробацию временем и опытом высококвалифицированных пилотов и инструкторов, продолжают совершенствоваться главным образом в связи с появлением новых типов воздушных судов. В настоящее время создание, техническая и летная эксплуатация самолетов с атомной силовой установкой, от использования которых ведущие ядерные державы – США и СССР – отказались еще в 60-70-е годы XX века в связи с повышенным уровнем радиационной опасности при аварии и доз индивидуального облучения пилотов в процессе повседневной работы, приобретают новую актуальность в связи с применением реакторов, работающих на низкообогащенном урановом топливе UO_2 (с обогащением по ^{235}U до 20%) при прежней высокой плотности энерговыделения по сравнению с авиационным бензином или керосином и обеспечиваемой за счет этого длительности беспосадочного полета в течение нескольких десятков часов. В статье предложены параметры безопасной работы атомной силовой установки перспективного самолета, контроль которых следует отрабатывать в процессе тренажерной подготовки во избежание повышенного облучения членов экипажа, радиационных аварий на реакторе и связанных с ними авиационных происшествий.

Ключевые слова. Атомолет, атомная силовая установка, ядерный реактор, активная зона, теплообменник, тепловыделяющий элемент, радиационная безопасность, тренажерная подготовка.

Введение.

В 50-е годы XX века наметился новый виток развития авиации за счет применения на дальнемагистральных самолетах атомных силовых установок, обеспечивающих непрерывность полета в течение нескольких десятков часов. Несмотря на отсутствие радиофобии, сложившейся как социальное явление после аварии на Чернобыльской АЭС, в ведущих ядерных державах были тщательно изучены воздействия ионизирующего излучения от работающего атомного реактора на экипажи воздушных судов и их бортовое радиоэлектронное оборудование. В США в 1955 году в небо поднялся самолет Convair B-36 с атомной силовой установкой, впоследствии совершивший 47 полетов общей продолжительностью 215 часов. Для защиты экипажа от ионизирующего излучения, генерируемого атомной силовой установкой, была применена свинцовая защита кабины пилотов массой 11 тонн, но несмотря на это эффективная доза облучения каждого из них составила 50 миллизиверт (мЗв) за 2 дня полета при допустимом пределе 20 мЗв в год для персонала, работающего с техногенными радиоактивными источниками [1]. При хроническом воздействии реакторного облучения на бортовое радиоэлектронное

оборудование сбоев в его работе выявлено не было. Исследования в области строительства, технической и летной эксплуатации самолетов с атомной силовой установкой требовали продолжения с точки зрения безопасности полетов, а также ядерной, радиационной и экологической защиты от возможных последствий аварий на реакторе или авиационных происшествий, однако в 1961 году в США отказались от дальнейшего развития атомолетов в пользу межконтинентальных баллистических ракет.

В СССР разработка атомолетов, начавшаяся одновременно с США, продолжалась вплоть до 1972 года. В рамках реализации советской программы атомолетостроения были созданы такие типы воздушных судов, как Ту-95ЛАЛ, Ту-119 или Ан-22. Первый из 34 полетов Ту-95ЛАЛ состоялся в 1961 году, однако самолет эксплуатировался лишь 4 месяца, а Ту-119 с двухконтурной атомной силовой установкой вовсе остался проектом. Ан-22, на который в 1972 году был установлен реактор, совершил 23 испытательных полета, после чего разработка атомолетов в СССР также завершилась, поскольку проблема радиационной безопасности и защиты при возможной аварии на атомной силовой установке не была решена, а после катастрофы на Чернобыльской АЭС в 1986 году на разработку атомолетов было вовсе наложено общественное вето.

Однако с тех пор реакторы эволюционировали с первого до четвертого поколения и стали намного безопаснее даже по сравнению с серийными образцами конца XX века [2]. Так, реакторы IV поколения обладают следующими экологическими преимуществами: высокая активность отходов сохраняется в течение сотен, а не тысяч лет, кроме того, они могут повторно использоваться в ядерном топливном цикле. При этом даже низкообогащенное топливо, полученное из переработанного урана, сохраняет высокую плотность энерговыделения и обеспечивает повышенный уровень радиационной безопасности.

Безусловно, для безопасной эксплуатации ядерного реактора требуется тренажерная подготовка его оператора, роль которого на перспективном воздушном судне с атомной силовой установкой будет выполнять пилот.

Материалы и методы.

На сегодняшний день существует три основные программы тренажерной подготовки пилотов.

Первая программа тренажерной подготовки направлена на отработку типовых полетных заданий для усвоения порядка действий с оборудованием кабины, особенностей пилотирования данного типа самолета, а также улучшения структуры распределения и переключения внимания. Поскольку комплекс необходимых для отработки упражнений ограничивается полетами по кругу и в зону, безопасность летной эксплуатации воздушных судов обеспечивается решением сенсомоторных задач по отработке на тренажере наиболее сложных и важных элементов полета в постоянно изменяющихся условиях и в особых случаях (при болтанке, отказе различных приборов и систем самолета и т.д.) [3].

На тренажерах, где визуализация взлетно-посадочной полосы включается после прохождения диспетчерского пункта радиосвязи, получаемая пилотом информация значительно отличается от реальной ввиду недостаточной точности определения высоты полета, искажения представления о его направлении и положении самолета при создании крена, нечеткого выражения точки начала выравнивания и под действием других факторов, требующих изменения структуры управляющих движений, распределения и переключения внимания. Вместе с тем, условия захода на посадку по приборам на тренажерах моделируются вполне реалистично, что позволяет отрабатывать и усовершенствовать технику захода на посадку при высоте нижней границе облаков около 50 метров, имитация которой достигается более поздним включением визуализации

взлетно-посадочной полосы, необходимой для контроля точности выхода в ее створ и принятия решения на совершение посадки.

Вторая программа тренажерной подготовки предусматривает введение моделируемых отказов техники в процессе выполнения типовых полетных заданий [4]. Задачей пилота является своевременное обнаружение отказа и выполнение предусмотренных действий по его парированию или ликвидации, таких как:

- переход на резервное или аварийное питание приборов и систем самолета;
- продолжение полета и заход на посадку по дублирующим пилотажным и навигационным приборам и системам;
- расчет и заход на посадку с отказавшим двигателем;

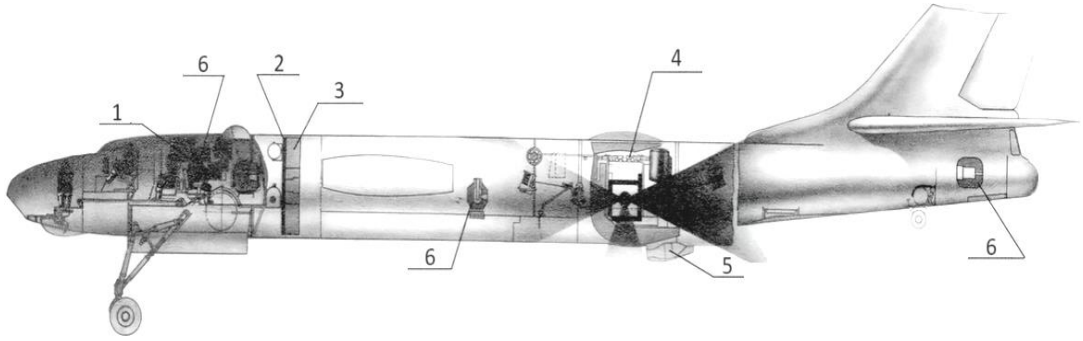
Третья программа тренажерной подготовки направлена на отработку практических навыков пилота по действиям в аварийных ситуациях, вызванных [5]:

- различными сочетаниями отказов пилотажных приборов;
- ограниченным доступом к необходимой навигационной информации вплоть до минимально возможного предела;
- дезориентацией пилота относительно взлетно-посадочной полосы;
- снижением высоты нижней границы облаков при заходе на посадку до 50 метров;
- попаданием в сложные пространственные положения на предельно малых высотах (50–100 м);
- отказом двигателя в районе аэродрома на высоте и удалении от взлетно-посадочной полосы, обеспечивающих выполнение посадки на аэродром;
- сильным боковым ветром и/или ограниченным запасом топлива при восстановлении ориентировки относительно взлетно-посадочной полосы.

Перечень упражнений, входящих в различные программы тренажерной подготовки пилотов, весьма продолжителен и подлежит непрерывному совершенствованию. Очевидно, что для обеспечения безопасности летной эксплуатации перспективного воздушного судна с атомной силовой установкой необходимо внести изменения и дополнения в программы тренажерной подготовки пилотов атомолетов с учетом контроля и поддержания параметров работы ядерного реактора в пределах допустимых значений на протяжении всего времени имитируемого, а впоследствии – реального полета.

Результаты и обсуждение.

Несомненно, использование атомной силовой установки вместо традиционных бензиновых и керосиновых авиационных двигателей требует реинжиниринга фюзеляжа перспективного самолета, как показано на рисунке 1.

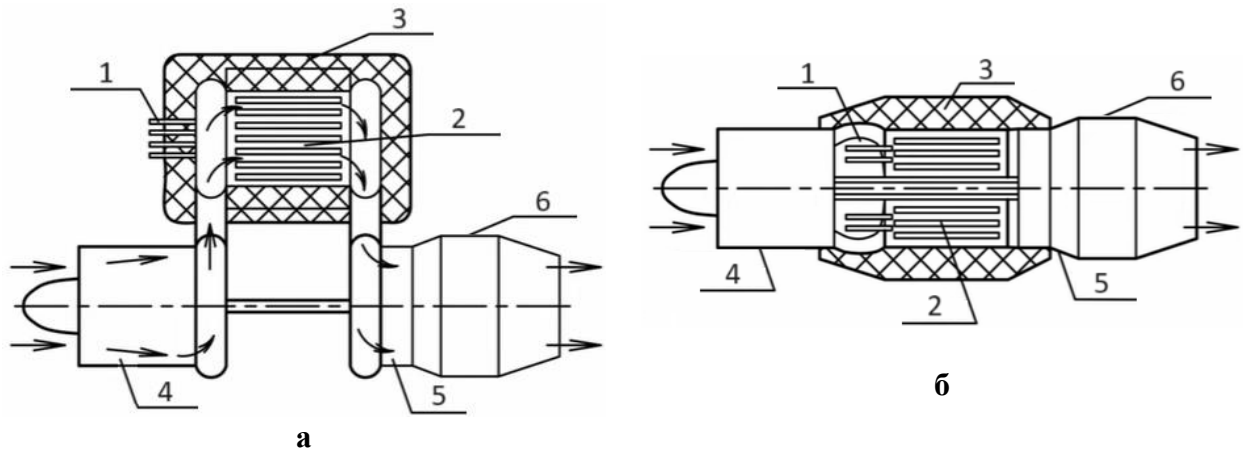


1 – кабина пилотов, 2 – свинцовый слой биологической защиты, 3 – защитный слой из полиэтилена и церезина, 4 – механизм управления свинцовой защитой, 5 – радиатор водяного контура, 6 – поворотные датчики.

Рисунок 1 – Усовершенствование конструкции самолета для оборудования его атомной силовой установкой

Кабина пилотов 1 будет неминуемо подвержена хроническому облучению радиоактивными источниками от работающего реактора, даже если в нем используется ядерное топливо с низким процентом обогащения по ^{235}U (до 20%). Для обеспечения радиационной безопасности членов летного экипажа перспективного атомолета должно использоваться многослойное экранирование их кабины с помощью свинцового слоя 2, эффективно защищающего от осколочных продуктов деления ядерного топлива, и биологического барьера 3 из нейтрон поглощающих материалов. Механизм управления свинцовой защитой 4 необходим для открытия доступа к реактору при загрузке и извлечении ядерного топлива. Если для перспективного атомолета будет использоваться атомная силовая установка с замкнутым контуром, по которому должна циркулировать вода в качестве теплоносителя, замедлителя цепной реакции и защитного материала от внешнего облучения, то воздушное судно потребуется оборудовать радиатором водяного контура 5 и поворотными датчиками 6, которые послужат для контроля углового положения, степени открытия шиберов и рабочего состояния реактора в целом.

Принципиальная схема атомной силовой установки открытого типа, состоящей из ядерного реактора и турбореактивного двигателя, показана на рисунке 2.

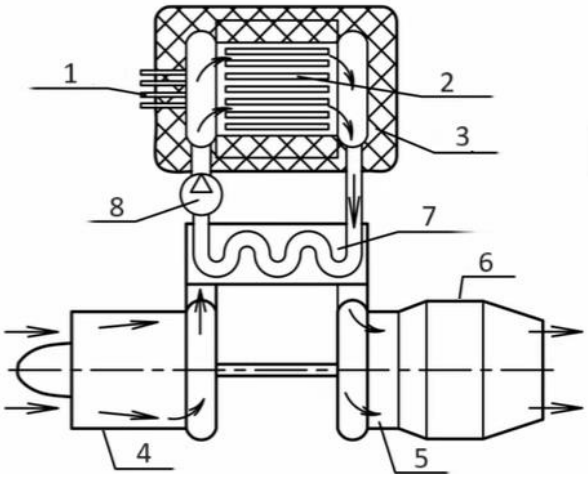


1 – регулирующие стержни, 2 – активная зона реактора (а – вне воздушного тракта турбореактивного двигателя, б – встроенная в воздушный тракт турбореактивного двигателя), 3 – биологическая защита реактора, 4 – компрессор, 5 – турбина, 6 – сопло.

Рисунок 2 – Схема атомной силовой установки открытого типа
(а – с реактором вне воздушного тракта турбореактивного двигателя,
б – с реактором, встроенным в воздушный тракт турбореактивного двигателя)

Принцип работы атомной силовой установки на рисунке 2 заключается в том, что поток воздуха попадает на лопастной компрессор 4, где многоступенчато сжимается, затем сжатый воздух попадает в активную зону реактора 2, защищенного контейнментом 3, где нагревается до высоких температур, затем перегретый воздух попадает на турбину 5, соединенную валом с компрессором 4, и вращает ее, после чего выбрасывается через сопловой аппарат 6, создавая реактивную тягу. Попадание сжатого воздуха в активную зону реактора для нагрева и последующего выброса через сопло отличает открытую схему атомной силовой установки от закрытой, а также обусловливает ее малый вес и простоту конструкции, однако создает радиоактивное загрязнение окружающей среды.

Закрытая атомная силовая установка, схема которой изображена на рисунке 3, является более экологически чистой за счет двухконтурности.

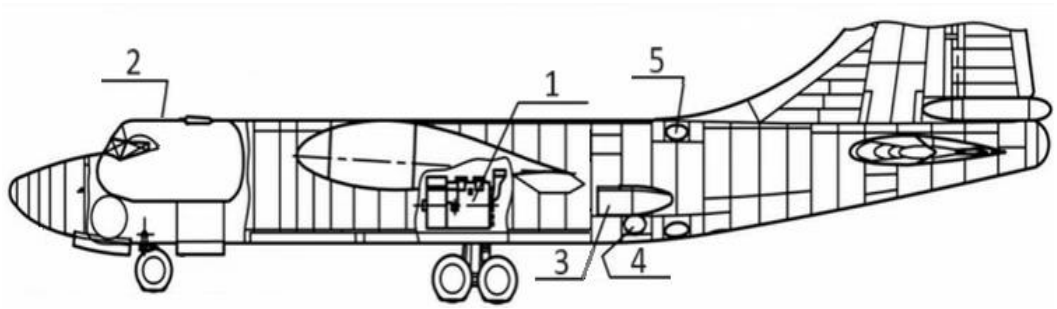


1 – регулирующие стержни, 2 – активная зона реактора вне воздушного тракта турбореактивного двигателя, 3 – биологическая защита реактора, 4 – компрессор, 5 – турбина, 6 – сопло, 7 – теплообменник, 8 – насос для теплоносителя

Рисунок 3 – Схема атомной силовой установки закрытого типа

Так же, как и в открытой схеме, поток воздуха попадает на лопастной компрессор 4, где многоступенчато сжимается, однако его нагрев происходит не в активной зоне реактора, а в теплообменнике 7, в котором передача тепла происходит от замкнутого герметичного контура теплоносителя к изолированному от него воздушному контуру. Теплоноситель (вода или металлический натрий), циркулирует с помощью насоса 8, подается в активную зону реактора 2, нагревается в ней за счет теплосъема с тепловыделяющих элементов и сборок, после чего поступает в теплообменник 7 для передачи тепла воздушному контуру, воздух в котором при этом не загрязняется. Нагретый воздух, по аналогии с открытой схемой атомной силовой установки, подается на турбину 5, соединенную валом с компрессором 4, и вращает ее, после чего выбрасывается через сопловой аппарат 6, создавая реактивную тягу без радиоактивного загрязнения окружающей среды. Главным недостатком закрытой схемы атомной силовой установки является более высокая масса и сложная конструкция за счет применения двух контуров.

Размещение реактора атомной силовой установки относительно кабины пилотов перспективного воздушного судна показано на рисунке 4.

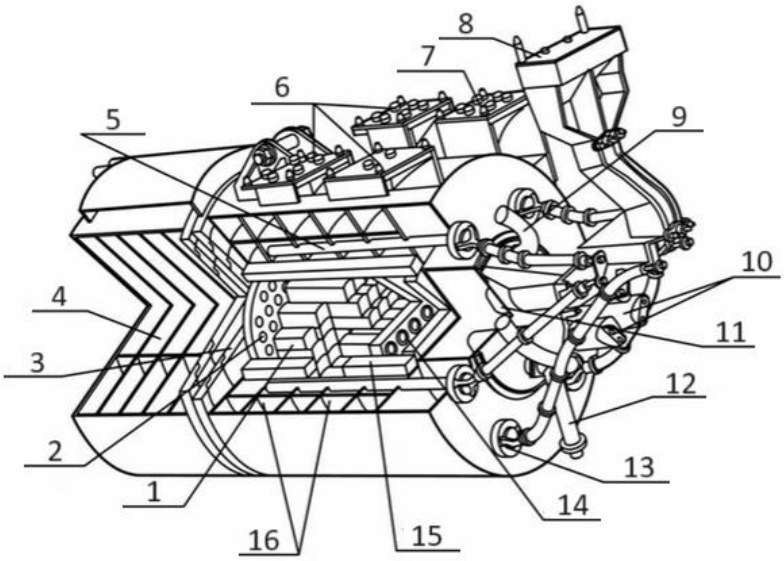


1 – ядерный реактор, 2 – кабина пилотов, 3 – дополнительные воздухозаборники, 4 – блистеры под телекамеры для осмотра двигателя, 5 – отверстия для выброса охлаждающего воздуха.

Рисунок 4 – Размещение реактора атомной силовой установки на перспективном воздушном судне

Поскольку для охлаждения реактора 1 и создания реактивной тяги за счет нагреваемого в активной зоне воздуха требуется мощный набегающий поток, в фюзеляже необходимо предусмотреть дополнительные воздухозаборники 4, а также отверстия 5 для сброса излишков воздуха. Блистеры под телекамеры 4 позволяют проводить визуальный контроль атомного двигателя во время технического обслуживания и (опционально) в полете.

Схема реактора в составе атомной силовой установки для перспективного воздушного судна показана на рисунке 5.



1 – тепловыделяющие элементы (твэлы), 2 – лобовая трубная доска, 3 – свинцовые кольца и диски, 4 – передние водяные баки, 5 – ионизационная камера, 6 – щиты подачи воды, 7 – блок подвода воды, 8 – блок подвода кабелей, 9 – подвод воды, 10 – блоки управления, 11 – датчики температуры, 12 – предохранительный клапан, 13 – ионизационная камера, 14 – задняя трубная доска, 15 – трубопровод давления освинцованный, 16 – главные водяные баки.

Рисунок 5 – Схема ядерного реактора для атомной силовой установки

Ядерный реактор – установка, в которой осуществляется управляемая цепная реакция деления атомных ядер; такая реакция сопровождается выделением значительного количества энергии. Ядерное топливо – изотопы урана (^{233}U, ^{235}U), при определенных количествах которых в смеси изотопов происходит контролируемая ядерная реакция с выделением тепла. Топливо для реактора состоит из уранового диоксида (UO_2) в форме керамических таблеток диаметром 8 мм и высотой 1,5 ÷ 2 см [6]. Таблетки упаковываются в топливные стержни, или тепловыделяющие элементы (твэлы) 1, – полиметаллические трубки размером около удвоенной толщины карандаша и порядка 4 м длиной. Пучок топливных стержней размещается и закрепляется вместе в виде топливных сборок. Топливные сборки загружаются в реактор, их число зависит от типа реактора. Лобовая и задняя трубные доски (2 и 14 соответственно) служат для стабилизации положения твэлов при их горизонтальной загрузке в активную зону. Свинцовые кольца и диски 4 предназначены для защиты от гамма-излучающих осколочных продуктов деления, образующихся в активной зоне, а вода в баках 4 и 16, поступающая в них через щиты 6 от сигнала с блока 7 по подводам 9, защищает экипаж от нейтронов, которые вызывают деление ядер тяжелых элементов на 2 составных изотопа с выделением тепловой энергии за счет возникающего дефекта масс.

В реакторе, работающем на полной мощности, ежесекундно происходит $10^{18} \div 10^{19}$ делений ядер ^{235}U. При каждом делении освобождается 2-3 нейтрона и испускается несколько γ-квантов. Из естественных элементов только ядра ^{235}U делятся под действием тепловых нейтронов. Подбирая соответствующую технологию, в основном, увеличив концентрацию ^{235}U в природном от 0,7 до 2% и более, можно в реакторе получить цепную реакцию, т.е. 1 нейтрон делит 1 ядро ^{235}U, вылетевшие 2-3 нейтрона делят 2-3 новых ядра и т.д. Неограниченное размножение нейтронов приводит к мгновенному делению массы делящегося материала. Допустив первоначальное размножение нейтронов, характеризуемое реактивностью, величина которой определяется ионизационных камер 5 и 13, операторы регулируют процесс таким образом, чтобы цепная реакция протекала равномерно, без ускорения, с заданным выделением тепла.

Управление цепной реакцией в активной зоне осуществляется с помощью электрических сигналов, поступающих по подводам кабелей 8 на блок управления 10. Погружение в активную зону реактора стержней с большой концентрацией ядер, хорошо поглощающих нейтроны, позволяет очень точно дозировать их поток, сокращение которого происходит намного легче, чем его наращивание. Из 2–3 нейтронов, выделяющихся в одном акте деления ядер реакторного горючего, до следующего деления должен остаться только один нейтрон – тогда цепная реакция не будет ни разрастаться, ни угасать. Чем меньше коэффициент размножения отличается от единицы, тем медленнее меняется интенсивность реакции. Коэффициент размножения непременно должен превышать единицу лишь при запуске реактора, однако, в случае излишне быстрого разгона реактора можно упустить момент достижения номинальной мощности, поэтому запуск производится в несколько этапов для доведения коэффициента размножения до единицы [7].

Снижение мощности реактора осуществляется в несколько десятков этапов, т.к. быстрое расхолаживание не происходит поступательно, а при неравномерном перераспределении температур тепловые деформации могут повредить контейнмент, поэтому скорость перемещения регулирующих стержней не должна превышать 40 см в секунду [8].

Авария реактора происходит в том случае, когда серьезно нарушается баланс между мощностью реактора и теплосъемом, что приводит к перегреву топлива и высвобождению продуктов деления, которые, попадая через окружающую среду в живой организм, вызывают его облучение высокими дозами, создаваемыми спектрами различных изотопов в зависимости от нуклидного состава содержимого активной зоны. Повышение температуры в активной зоне влечет скачкообразный рост газового давления и разгерметизацию контейнмента реактора. Для сброса избыточного газового давления по трубопроводам 15 предусмотрен предохранительный клапан 12, однако это сопровождается радиоактивным загрязнением окружающей среды, поэтому следует контролировать температуру в активной зоне по показаниям, поступающим с датчиков 11, и в случае превышения ее допустимой величины – предпринять меры по расхолаживанию реактора вплоть до аварийного останова.

Заключение.

Таким образом, в процессе летной эксплуатации перспективного воздушного судна с атомной силовой установкой пилотам фактически потребуется управлять ядерным реактором и контролировать следующие параметры его безопасной работы:

- тепловую мощность реактора и безопасное время выхода на нее путем регулирования реактивности в активной зоне с помощью нейтронопоглощающих стержней;
- температуру в активной зоне реактора;

- газовое давление в активной зоне реактора;
- радиационный фон и спектр радиоактивных изотопов в контрольных точках на борту перспективного воздушного судна с атомной силовой установкой.

Существующие программы тренажерной подготовки потребуется адаптировать к обучению пилотов атомолетов и оборудовать их авиасимуляторы дополнительными моделями, имитирующими перегрев активной зоны ядерного реактора, потерю теплоносителя, отказы электросистем, скачкообразный рост реактивности и другие причины радиационной аварии, способной повлечь авиационное происшествие.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Гигиенические нормативы к обеспечению радиационной безопасности. – Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан. – 2.08.2022. – № ҚР ДСМ-71. – 132 с.

[2] Крылов М.Э., Низамова А.Ш. Атомные реакторы. История и направления развития// Neftegaz.RU. – №8(128). – М.: ООО Информационное агентство Neftegaz.RU, 2022. – С. 82–85.

[3] Кузнецов Б.В., Прошкина Л.А., Прошкин В.Н. Методы повышения полноты моделирования обучающих систем на основе их модернизации//Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – Пенза: 2010. – Т. 1. – С. 174-175.

[4] Карпова Л.И., Никитин Д.А. Тренажеры в отечественной гражданской авиации: история и современность//Научный вестник Московский государственный технический университет гражданской авиации. Серия История, философия, социология. – №142. – М.: МГТУ ГА, 2009. – С. 37–41.

[5] Dolzhenko N., Mailyanova E. Aviation simulator software, typical functions and its development prospects//Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. – №4(82). – Алматы, 2021. – С. 72–76. – https://doi.org/10.47533/2020.1606-146X.132.

[6] Курбонмамадов А.Ш., Арбаев Г.Э. Исследование особенностей протекания тяжелых аварий на энергоблоках АЭС с ВВЭР-1000 с точки зрения выхода радионуклидов//Журнал «Ядерная и радиационная безопасность». – №1 (107). – М.: ФБУ «НТЦ ЯРБ», 2023. – С. 51–60. DOI: 10.26277/SECNRS.2023.107.1.005.

[7] Бородкин П.Г., Хренников Н.Н. Рекомендации по проведению улучшенной расчетно-экспериментальной оценки параметров радиационной нагрузки на оборудование реакторов типа ВВЭР // Журнал «Ядерная и радиационная безопасность». – №1 (103). – М.: ФБУ «НТЦ ЯРБ», 2022. – С. 5–18. DOI: 10.26277/SECNRS.2022.103.1.001.

[8] Бузыкина Д.Ю., Козлова Н.А., Фукс Р.Л. Использование в ФБУ «НТЦ ЯРБ» симулятора ВВЭР для поддержки экспертизы расчетного обоснования процедур по управлению запроектными авариями // Журнал «Ядерная и радиационная безопасность». – №1 (99). – М.: ФБУ «НТЦ ЯРБ», 2021. – С. 14–27. DOI: 10.26277/SECNRS.2021.99.1.002.

REFERENCES*

[1] Gigienicheskie normativy k obespecheniju radiacionnoj bezopasnosti. – Prikaz Ministra zdravoohranenija Respubliki Kazahstan. – 2.08.2022. – № ҚR DSM-71. – 132 s.

[2] Krylov M.Je., Nizamova A.Sh. Atomnye reaktory. Istorija i napravlenija razvi-tija// Neftegaz.RU. – №8(128). – M.: OOO Informacionnoe agentstvo Neftegaz.RU, 2022. – S. 82–85.

[3] Kuznecov B.V., Proshkina L.A., Proshkin V.N. Metody povyshenija polnoty modelirovanija obuchajushhih sistem na osnove ih modernizacii//Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma «Nadezhnost' i kachestvo». – Penza: 2010. – T. 1. – S. 174-175.

[4] Karpova L.I., Nikitin D.A. Trenazhery v otechestvennoj grazhdanskoj aviacii: istorija i sovremennost'//Nauchnyj vestnik Moskovskij gosudarstvennyj tehnicheskij universitet grazhdanskoj aviacii. Serija Istorija, filosofija, sociologija. – №142. – M.: MGTU GA, 2009. – S. 37–41.

[5] Dolzhenko N., Mailyanova E. Aviation simulator software, typical functions and its de-velopment prospects // Vestnik Nacional'noj inzhenernoj akademii Respubliki Kazahstan. – №4(82). – Almaty, 2021. – S. 72–76. – https://doi.org/10.47533/2020.1606-146X.132.

[6] Kurbonmamadov A.Sh., Arbaev G.Je. Issledovanie osobennostej protekanija tjazhe-lyh avarij na jenergoblokah AJeS s VVJeR-1000 s tochki zrenija vyhoda radionukli-dov//Zhurnal «Jadernaja i radiacionnaja bezopasnost'». – №1 (107). – M.: FBU «NTC JaRB», 2023. – S. 51–60. DOI: 10.26277/SECNRS.2023.107.1.005.

[7] Borodkin P.G., Hrennikov N.N. Rekomendacii po provedeniju uluchshennoj ras-chetno-jeksperimental'noj ocenki parametrov radiacionnoj nagruzki na oborudovanie re-aktorov tipa VVJeR // Zhurnal «Jadernaja i radiacionnaja bezopasnost'». – №1 (103). – M.: FBU «NTC JaRB», 2022. – S. 5–18. DOI: 10.26277/SECNRS.2022.103.1.001.

[8] Buzykina D.Ju., Kozlova N.A., Fuks R.L. Ispol'zovanie v FBU «NTC JaRB» simu-ljatora VVJeR dlja podderzhki jekspertizy raschetnogo obosnovanija procedur po upravleniju zaproektnymi avarijami // Zhurnal «Jadernaja i radiacionnaja bezopasnost'». – №1 (99). – M.: FBU «NTC JaRB», 2021. – S. 14–27. DOI: 10.26277/SECNRS.2021.99.1.002.

Казбек Алдамжаров, т.ғ.д., профессор, Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан, kazbek_a47@mail.ru

Айдос Молдабеков, х.ғ.к., доцент, Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан, a.moldabekov@agakaz.kz

Дмитрий Ким, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Азаматтық авиация академиясы,Алматы, Қазақстан, spartakuly@yandex.kz

Қарлығаш Жанділдинова, магистр, Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан, k.zhandildinova@agakaz.com

Лаззат Шинтаева, магистр, аға оқытушы, Логистика және көлік академиясы,Алматы, Қазақстан, Lyaz_77@mail.ru

АТОМ КҮШТІК ҚОНДЫРҒЫЛАРЫ БАР ПЕРСПЕКТИВТІ ӘУЕ КЕМЕСІНІҢ АВИАСИМУЛЯТОРЫНДА ҰШУДЫҢ ЕРЕКШЕ ПАРАМЕТРЛЕРІН БАҚЫЛАУ

Аңдатпа. Тренажерлық дайындық ұшқышты оқытудың ажырамас бөлігі болып табылады және әуе кемесінің әрбір жеке типінде оның қауіпсіз ұшу жұмысын іс жүзінде қамтамасыз ете отырып, практикалық рейдке дейін болады. Жоғары білікті ұшқыштар мен нұсқаушылардың уақыты мен тәжірибесімен бірнеше рет сынақтан өткеніне қарамастан, қолданыстағы тренажерлық дайындық бағдарламалары негізінен әуе кемелерінің жаңа түрлерінің пайда болуына байланысты жетілдірілуде. Қазіргі уақытта жетекші ядролық державалар – АҚШ пен КСРО-ны пайдаланудан атом электр станциясы бар ұшақтарды құру, техникалық және ұшуды пайдалану – XX ғасырдың 60-70-ші жылдарында апат кезінде радиациялық қауіптілік деңгейінің жоғарылауына және күнделікті жұмыс процесінде ұшқыштардың жеке сәулелену дозаларына байланысты бас тартылды, бұрынғы жоғары энергия тығыздығымен салыстырғанда төмен байытылған UO_2 уран отынымен (^{235}U-ның 20%-ға дейін байытумен) жұмыс істейтін реакторларды қолдануға байланысты жаңа өзектілікке ие болды авиациялық бензинмен немесе керосинмен қамтамасыз етіледі және осы тоқтаусыз ұшу ұзақтығы есебінен бірнеше ондаған сағат бойы қамтамасыз етіледі. Мақалада перспективалы ұшақтың атом электр станциясының

қауіпсіз жұмысының параметрлері ұсынылған, оларды экипаж мүшелерінің сәулеленуінің жоғарылауын, реактордағы радиациялық аварияларды және олармен байланысты авиациялық оқиғаларды болдырмау үшін тренажерлік дайындық процесінде бақылау пысықталуы керек.

Түйінді сөздер. Атом ұшағы, атом күшті қондырғыш, ядролық реактор, белсенді аймақ, жылу алмастырғыш, жылу бөлетін элемент, радиациялық қауіпсіздік, оқыту жаттығулары.

Kazbek Aldamzharov, doctor of technical sciences, professor, Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan, kazbek_a47@mail.ru

Aidos Moldabekov, candidate of chemical sciences, docent, Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan, a.moldabekov@agakaz.kz

Dmitriy Kim, candidate of technical sciences, associate professor, Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan, spartakuly@yandex.kz

Karlygash Zhandildinova, master's degree, Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan, k.zhandildinova@agakaz.com

Lazzat Shintaeva, master, senior lecturer, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, Lyaz_77@mail.ru

CONTROL OF SPECIFIC FLIGHT PARAMETERS ON A FLIGHT SIMULATOR OF A PROMISING NUCLEAR-POWERED AIRCRAFT

Abstract. Simulator training is an integral part of a pilot's training and precedes the practical flight on each type of aircraft, actually ensuring its safe flight operation. Existing simulator training programs, despite repeated testing by time and experience of highly qualified pilots and instructors, continue to be improved mainly due to the emergence of new aircraft types. At present, the creation, technical and flight operation of aircraft with nuclear propulsion, which the leading nuclear powers - the USA and the USSR - refused to use in the 60-70s of the XX century due to the increased level of radiation hazard in case of accident and individual exposure of pilots in the course of daily work, acquire a new urgency due to the use of reactors operating on low-enriched uranium fuel UO_2 (with ^{235}U enrichment up to 20%) with the former high energy release density in comparison with aviation fuel. The article proposes parameters of safe operation of the nuclear power plant of a promising aircraft, the control of which should be practiced in the process of simulator training to avoid increased exposure of crew members, radiation accidents at the reactor and related aviation accidents.

Keywords. Nuclear aircraft, nuclear power plant, nuclear reactor, core, heat exchanger, fuel element, radiation safety, simulator training.

****