

**ЯДЕРНАЯ, РАДИАЦИОННАЯ И
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**
NUCLEAR, RADIATION AND
ENVIRONMENTAL SAFETY

УДК 621.311.25 : 502.175: 628.147.2
DOI 10.26583/gns-2022-04-02
EDN CHYVYW

**К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ НЕОБХОДИМОСТИ ПРИКРЫТИЯ
ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ ОТ
УДАРОВ С ВОЗДУХА**

© 2022 Губеладзе Олег Автандилович¹, Губеладзе Автандил Рубенович²

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Ростовская обл., Россия

¹*buba26021966@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6018-4989>*

²*buba26021966@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6966-6391>*

В статье рассматривается один из аспектов проблемы ядерного терроризма, а именно попытки осуществления «ядерного» шантажа отдельными государствами. Анализируется возможное деструктивное воздействие летательных аппаратов на объекты использования атомной энергии. С помощью упрощенной математической модели проведена экспресс-оценка результата удара управляемой авиабомбы по железобетонной конструкции объекта.

Ключевые слова: ядерный терроризм, объект использования атомной энергии, защитная гермооболочка, летательный аппарат, управляемая авиабомба.

Для цитирования: Губеладзе О.А., Губеладзе А.Р. К вопросу обоснования необходимости прикрытия объектов использования атомной энергии от ударов с воздуха // Глобальная ядерная безопасность. – 2022. – № 4(45). – С. 15-24. <http://dx.doi.org/10.26583/gns-2022-04-02>.

Поступила в редакцию 27.09.2022

После доработки 28.11.2022

Принята к печати 06.12.2022

Ядерный терроризм предполагает использование в качестве оружия радиоактивных материалов. Это может быть: ядерное взрывное устройство; заражение местности радиоактивными веществами без проведения ядерного взрыва; нападение террористов на ядерный реактор с намерением его разрушить и осуществить радиоактивное заражение местности.

Один из первых инцидентов, получивших широкую огласку, произошел с французским ядерным оружием на испытательном полигоне в пустыне Сахара в 1961 году. Генералы, враждебно настроенные к президенту Франции де Голлю, планировали захватить ядерный боеприпас для шантажа руководства страны. Известен также случай, когда террористы в США требовали деньги, угрожая подорвать боеголовку (1975 г.). [1]

Наличие объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) создает объективные предпосылки для хищения радиоактивных веществ, что также представляет серьезную опасность. Конструкция ядерного боеприпаса достаточно хорошо известна, и простейшие ядерные заряды могут быть созданы даже в довольно примитивных условиях. Наиболее это реально при использовании высокообогащенного урана. Заряд «пушечного» типа (критическая масса создается путем быстрого соединения двух подкритичных масс урана) может быть создан и доведен до высокого уровня

надежности без проведения ядерных испытаний, что обеспечит внезапность его использования.

Известны случаи радиационного терроризма. Так, в ноябре 1995 г. в одном из московских парков был найден контейнер с цезием-137, заложенный экстремистами. В Праге в 1993 г. были конфискованы 2,7 кг U-235, обогащенного на 87,7%, пригодного для использования при создании ядерного оружия. В 1994 г. арестованы контрабандисты (Германия), у которых изъят контейнер с 6,15 г Pu-239. Кроме того, отмечены случаи попыток осуществления актов ядерного терроризма с использованием самих ядерноопасных объектов (например, угроза взрыва Игналинской АЭС в Литве одной из преступных группировок). [1]

Террористы, обладающие достаточным количеством ядерных делящихся материалов (ЯДМ), могут имитировать некомпетентность персонала ядерноопасного объекта, а также применение тактического ядерного оружия на территории проведения военной операции. В первом случае возникает угроза установления зарубежного контроля (под эгидой ООН, МАГАТЭ) над ядерными объектами, а во втором – обвинения в необоснованном применении ядерного оружия, геноциде, что может являться поводом проведением военно-полицейской операции НАТО уже на территории РФ.

Анализ терактов последних лет позволяет с полной уверенностью сказать, что у террористов сегодняшнего дня отсутствуют какие-либо моральные и политические ограничения. Они планируют уничтожить как можно больше людей. Двадцать первый век не стал веком стабильности. Сталкиваются интересы различных этнических, религиозных, социальных и политических групп. Террористические организации выражают интересы влиятельных групп людей, которых не устраивает существующая структура общества [1-4]. Угроза применения ядерного оружия, по их мнению, парализует государственную машину, поможет изменить общество.

Попытки осуществления «ядерного» шантажа совершали и отдельные государства. Сразу после присоединения в 1994 г. к Договору о нераспространении ядерного оружия в качестве неядерного государства Украина приступила к осуществлению научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ с целью формирования технологического базиса для возможного создания собственного ядерного оружия. Четко выраженную практическую направленность и нарастающую активность эти работы приобрели в 2014 году. Ключевая роль в создании ядерного взрывного устройства отводилась Национальному научному центру «Харьковский физико-технический институт». Имеющаяся там экспериментальная база позволяла проводить широкий спектр исследований по изучению ядерных материалов, в том числе отработавших реакторных топливных сборок, которые могут использоваться для получения оружейного плутония. В качестве площадки разработки ядерного оружия использовалась зона Чернобыльской АЭС. Там шли работы как по изготовлению «грязной» бомбы, так и по выделению плутония. Естественный для Чернобыльской зоны повышенный радиационный фон скрывал проведения таких работ. Стоит отметить, что «грязная» бомба как средство вооруженной борьбы не имеет смысла, так как ее поражающая способность невысока, однако она обеспечивает высокий уровень радиации в месте подрыва. Поэтому она является исключительно террористическим оружием.

В последние годы Киев неоднократно заявлял о желании выйти из соглашения. Все началось задолго до Крыма, еще при президенте В.А. Ющенко. В 2016 г. выйти из соглашения призывал П.А. Порошенко. Тогда же в Киеве заявили, что ядерное разоружение – историческая ошибка Украины. 19 февраля 2022 г. на Мюнхенской конференции по безопасности президент Украины В.А. Зеленский заявил о претензиях на ядерный статус. Это могло стать реальностью уже в самой ближайшей перспективе.

Отдельной проблемой является воздействие обычными средствами поражения по атомным электростанциям. Во время нахождения Запорожской АЭС (ЗАЭС) под контролем украинских властей на ее территории проводились запрещенные эксперименты. Зафиксировать все нарушения украинской стороны должны были специалисты МАГАТЭ по приглашению Российской Федерации, но, когда стало известно о приезде представителей организации, президент Украины отдал приказ начать обстрел. В 2022 году, после начала проведения специальной военной операции по денацификации и демилитаризации Украины, были отмечены конкретные действия киевского режима, которые могли привести к экологической катастрофе:

- 4 марта киевский режим предпринял провокацию на Запорожской АЭС: сначала диверсионная группа открыла шквальный огонь из стрелкового оружия, а затем совершила поджог учебно-тренировочного корпуса;

- 6 марта украинские националисты нанесли удар по объектам, обеспечивающим энергоснабжение Чернобыльской АЭС (были приняты оперативные меры по переходу на резервные дизель-генераторные источники питания);

- 5 августа на Запорожской АЭС в результате нескольких артиллерийских обстрелов на месте возник пожар, были оборваны две линии электропередачи, необходимые для функционирования энергоблоков. Была обесточена часть аппаратуры энергоблока № 3, снижена вырабатываемая мощность энергоблока № 4;

- 7 августа нанесен удар из РСЗО «Ураган» по Запорожской АЭС, осколки и ракетный двигатель упали не более чем в 400 метрах от действующего энергоблока станции. В зоне поражения оказались район сухого хранилища отработанного ядерного топлива и пост автоматизированного контроля радиационной обстановки. Повреждены административные постройки и прилегающая территория хранилища. Важно отметить, что от места падения осколочных боевых элементов и самого ракетного двигателя до действующего энергоблока – не более 400 метров (рис. 1). А в 12 часов 40 минут обстрел атомной электростанции был осуществлен подразделениями 44-й артиллерийской бригады вооруженных сил Украины (ВСУ) из района населенного пункта Марганец. Повреждена высоковольтная линия, подававшая электроэнергию в Запорожскую и Херсонскую области. На Запорожской АЭС произошел скачок напряжения, вызвавший задымление на открытом распределительном устройстве станции, сработала система защиты, отключившая подачу электроэнергии. Для предотвращения нарушения работы технический персонал станции снизил мощность 5-го и 6-го энергоблоков;



Рисунок 1 – Место падения хвостовой части ракеты в зоне действующего энергоблока Запорожской АЭС
[The place of the fall of the rocket tail part in the area of the operating Zaporozhye NPP power unit]

– 1 сентября была произведена попытка захвата Запорожской АЭС. Нападение не случайно планировалось на дату приезда группы МАГАТЭ, чтобы сорвать эту миссию. Первый десант ВСУ высадился с надувных лодок под Ивановкой, примерно в 5 км от Энергодара в районе местных баз отдыха. Очевидно, перед ним ставилась задача

отвлечь на себя основные силы россиян. Расчет делался на то, что наши подразделения выдвинутся в Ивановку, оставив на ЗАЭС небольшой гарнизон, а в это самое время две баржи должны были высадить десант украинского спецназа прямо перед станицей, чтобы захватить ее в ходе краткосрочного боя. Поддержку нападающим должны были оказать «спящие» диверсионно-разведывательные группы в самом Энергодаре. Вооруженные силы России быстро и эффективно отреагировали на выходку боевиков ВСУ, предотвратив очередную провокацию.

Проведенный анализ показал, что не в полной мере учитываются реальные возможности средств воздушного нападения (СВН) по поражению ОИАЭ. Так 7 июня 1981 г. самолеты израильских ВВС (F-16A) нанесли бомбовый удар по ядерному реактору французского производства «Озирак», строительство которого завершалось в Ираке. 5 сентября 2007 г. – бомбардировка самолетами ВВС Израиля сирийского исследовательского объекта в Аль-Кибар. Десять израильских самолетов F-15 взлетели с одного из военных аэродромов с ракетами AGM-65. Первый F-15 выпустил ракету по сирийскому радару ПВО. Менее чем через 20 минут после этого самолеты разбомбили реактор. Все AGM-65 попали точно в здание, превратившееся в груды развалин. Следует отметить, что на этих объектах реакторы находились в стадии строительства и ЯДМ там не было, но в 2022 г. и данный «барьер» был преодолен:

- 12 июня два украинских беспилотных летательных аппарата (БПЛА) нанесли удар по зданию вблизи Запорожской АЭС (сброшены две мины калибром 120 миллиметра), повреждена кровля и остекление;

- 28 августа украинская сторона применила беспилотный летательный аппарат для нанесения удара по территории Запорожской АЭС. Огнем из стрелкового оружия украинский беспилотник удалось сбить возле здания спецкорпуса № 1, в котором хранятся ядерное топливо американского производства и твердые радиоактивные отходы. Дрон упал на крышу корпуса. Серьезных разрушений и пострадавших удалось избежать.

В шестидесятые годы 20-го века возник вопрос о защите АЭС от удара падающего самолёта. Обязательный учёт этого техногенного воздействия предусмотрен нормами проектирования АЭС [5-7] и в рекомендациях МАГАТЭ [8, 9]. Согласно п. 2.1.4. НП-064-17 Федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии», к факторам, создающим внешние воздействия техногенного происхождения (техногенные факторы) относится падение летательного аппарата (ЛА) и других летящих предметов (фрагмент таблицы Приложения № 3 к федеральным нормам представлен в таблице 1) [7].

Таблица 1 – Факторы от воздействия падения летательного аппарата (фрагмент) [7] [Factors from the impact of an aircraft crash]

Процесс, явление и фактор	Возможные воздействия на площадку ОИАЭ, включая ОИАЭ	Значения параметров, согласно которым осуществляется классификация степеней опасности	Степень опасности по последствиям воздействия на объект
Падение летательного аппарата и других летящих предметов	Удар, разлив топлива, возгорание топлива, пожар	Возможная масса аппарата более 20 т	I
		Возможная масса аппарата 5 т и более, но менее или равна 20 т	II
		Возможная масса аппарата менее 5 т	III

Также в п. 3.9. НП-064-17 указано, что для каждого вновь проектируемого ОИАЭ безопасность должна обеспечиваться с учетом «...стойкости строительных конструкций локализирующих систем к локальным ударным нагрузкам от падения летательных аппаратов и других летящих предметов, равным в зоне контакта ударной

нагрузке, не менее возникающей при падении легкого самолета (5 т)...» [7].

В работах экспертов из Санкт-Петербурга [10, 11] в качестве ЛА был рассмотрен самолет RF-4E. Были приняты исходные данные: масса самолета 20000 кг, скорость 215 м/с, а угол падения изменялся в диапазоне от 0 до 45° к горизонту. Пятно удара принято в виде круга площадью 7 м².

В 1988 г. в США был проведен натурный эксперимент, в процессе которого произведен удар самолета RF-4E со скоростью около 215 м/с в железобетонную плиту толщиной ~ 3,7 м (рис. 2). Эксперимент показал, что более 90 % кинетической энергии самолета было затрачено на его собственное разрушение, а оставшаяся – на разрушение преграды. [12]



Рисунок 2 – Этапы эксперимента [Stages of the experiment]

Кроме приведенной нагрузки, соответствующей разрушению фюзеляжа, необходимо учитывать удар двигателя массой 1665 кг, диаметром 0,91 м и скоростью 100 м/с. Угол удара тот же. Двигатель чаще всего рассматривают как абсолютно твердое тело, и расчет строительных конструкций производят по эмпирическим формулам. Однако для двигателя RF-4E можно использовать экспериментально полученную нагрузку (рис. 3) [10].

Удар самолета вызывает интенсивные колебания даже таких больших и тяжелых сооружений, как защитная гермооболочка (ЗГО), в связи с чем появляется проблема обеспечения работоспособности оборудования реакторного отделения при этом воздействии. Кроме того, помимо механического воздействия на строительное сооружение должна рассматриваться возможность пожара (взрыва) до 10 тонн авиационного топлива.

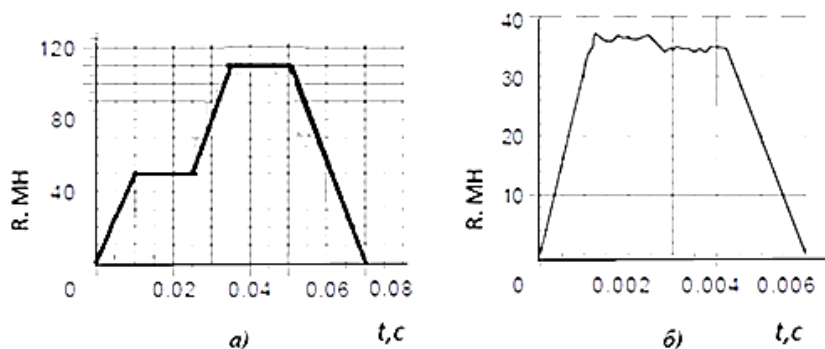


Рисунок 3 – Нагрузки при ударе RF-4E: а – нагрузка от разрушения фюзеляжа; б – нагрузка от удара турбины двигателя [RF-4E impact loads a – the load from the destruction of the fuselage; b – the load from the impact of the engine turbine]

Конструктивные особенности самолета трудно учитывать при моделировании аварийной ситуации (АС), однако стоит отметить, что они мало влияют на изменение величины нагрузки, а основное значение имеют масса ЛА и его скорость.

Аварийное падение самолета на АЭС – крайне редкое внешнее воздействие. Вероятность такого события находится в диапазоне $10^{-6} \dots 10^{-7}$ в год [13]. Однако следует рассмотреть возникновение данного события в результате преднамеренных злоумышленных действий (терроризм). В связи с широким использованием

беспилотных ЛА, нельзя игнорировать возможность их применения для нанесения ударов по АЭС.

Более того, после беспрецедентного проведения серии взрывов на магистральных нитках газопроводов «Северный поток» в конце сентября 2022 г. можно ожидать применение боевой авиации противника по энергоблокам АЭС. Одним из наиболее вероятных способов вывода «Северного потока» из строя можно предположить применение боевых пловцов либо удар необитаемых подводных аппаратов. Данный тип оружия управляется по оптоволоконному кабелю и может доставить к месту удара сто и более килограммов взрывчатки. Сюда можно также добавить нахождение в этом районе группы боевых кораблей ВМФ США под командным выпелом десантного корабля USS Kearsarge. Согласно открытым данным ударные вертолеты уже месяц до этого барражировали максимально близко к датскому острову Борнхольм (рис. 4).

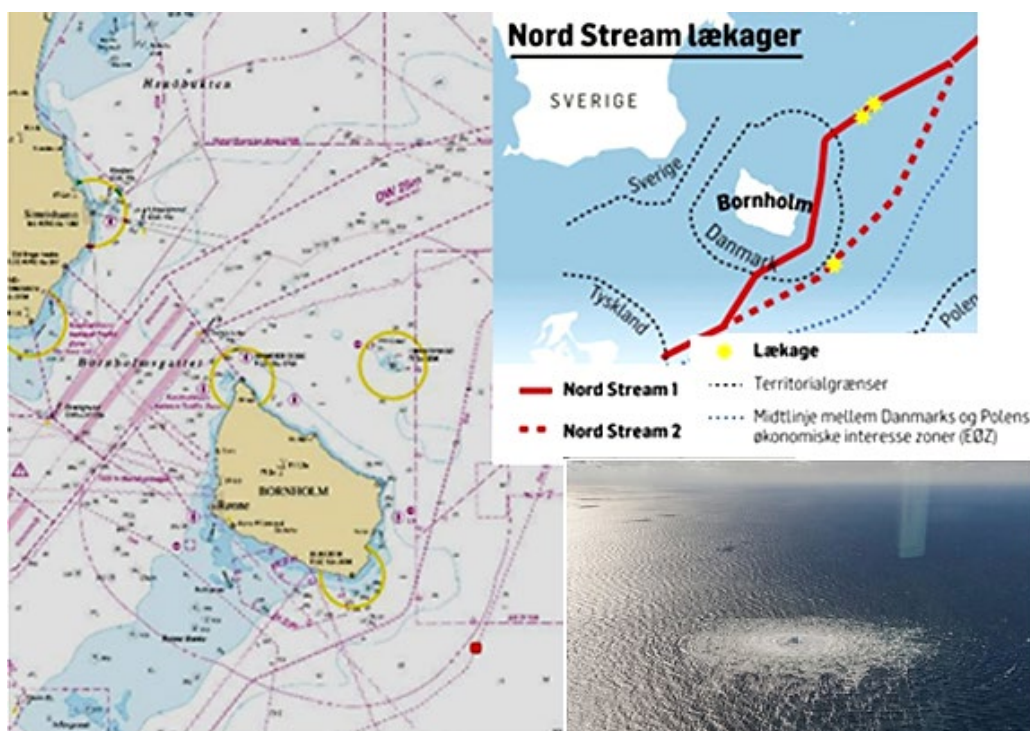


Рисунок 4 – Диверсия на газопроводе «Северный поток» [Sabotage on the Nord Stream gas pipeline]

Налицо акт международного терроризма, после которого не стоит надеяться на международные нормы, но нужно быть готовыми к воздействию средств СВН противника по ОИАЭ.

Проведем экспресс-оценку пробития железобетонной конструкции [14] ЗГО управляемой авиационной бомбой (УАБ). Глубина преодоления бетонного препятствия за счет кинетического воздействия проникающей боевой части (БЧ) определяется по формуле (1) [15]:

$$L = k_n \lambda \frac{m}{d^2} V_c \cdot \cos \alpha, \quad (1)$$

где k_n – коэффициент, зависящий от характеристик материала;

λ – коэффициент, характеризующий влияние формы БЧ;

m – масса БЧ [кг];

d – калибр [мм];

V_c – скорость БЧ [м/с] в момент удара;

α – угол относительно нормали к поверхности преграды.

Пробитие за счет фугасного воздействия определяется по формуле (2):

$$h = k_{\text{вз}} \sqrt[3]{\omega \cdot k_{\text{вв}}}, \quad (2)$$

где $k_{\text{вз}}$ – коэффициент, характеризующий сопротивление бетона взрыву;

ω – масса взрывчатого вещества [кг];

$k_{\text{вв}}$ – коэффициент, учитывающий тротиловый эквивалент ВВ.

Рассмотрим воздействие GBU-28 – американской УАБ массой 2,3 тонны, принятой на вооружение в 1991 г. (рис. 5). Корпус GBU-28 изготавливается из списанных артиллерийских стволов, главным образом, 8-дюймовой (203 мм) гаубицы М110. GBU-28 способна пробить более 30 метров грунта или 6 метров бетона. Масса бомбы 2121 кг, проникающей БЧ 2004 кг.

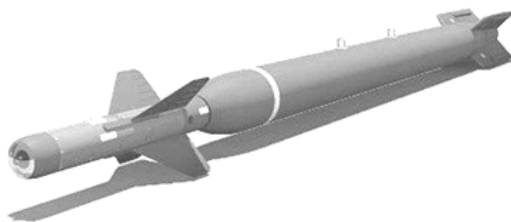


Рисунок 5 – Управляемая авиационная бомба GBU-28 [GBU-28 Guided Aerial Bomb]

В расчете также приняты: $k_n = 9 \cdot 10^{-7}$; $\lambda = 1$; $d = 0,36$ м; $k_{\text{вз}} = 0,13$; $k_{\text{вв}} = 1,3$; $\omega = 293$ кг. Результат показал, что суммарная величина составит 5,4 метра, что значительно превышает толщину стенки любой ЗГО.

В случае двухслойной оболочки можно ожидать более высокие показатели живучести объекта, но проведенные эксперименты на физических малоразмерных моделях не дали оснований для оптимистических оценок развития аварийной ситуации (АС) при воздействии СВН. В работе [16] приводятся результаты экспериментов с двухслойными элементами защиты (с разнесенными слоями). На рисунке 6 представлены результаты исследований, проведенных на стенде, описание которого дано в одной из статей автора [17] (моделирование кинетического воздействия ударников на двухслойную железобетонную преграду).

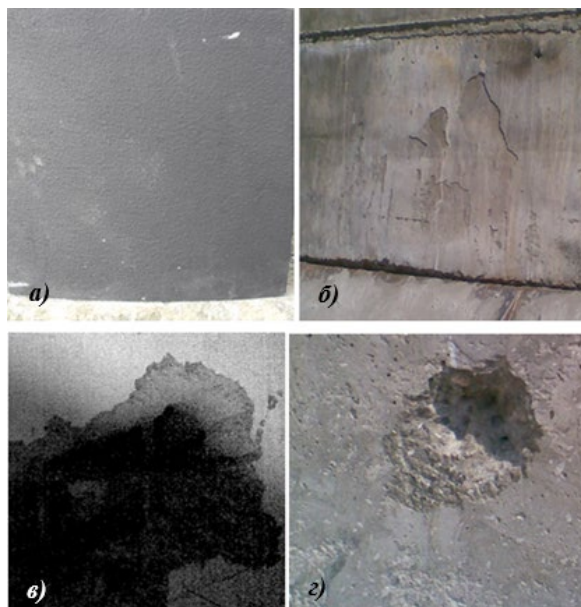


Рисунок 6 – Результаты кинетического воздействия ударников на двухслойную железобетонную преграду: а – внешняя преграда; б – второй слой; в – пробитие внешней преграды; г – повреждение второго слоя [The results of the kinetic impact of the strikers on a two-layer reinforced concrete barrier: a – external barrier; b – the second layer; c – penetration of the external barrier; d – damage to the second layer]

При обосновании требований к прикрытие ОИАЭ используются обобщенные критерии оценки эффективности [18]. Одним из них может служить отношение предотвращаемого ущерба к потенциальному ущербу, который могут нанести средства воздушного нападения. Ущерб объектов не превысит допустимого уровня, если СВН противника уже на начальном этапе понесут потери, которые лишат его преимущества в воздухе. Однако, учитывая возможность широкого применения управляемых ракет и бомб без захода его носителей в зоны поражения наземных средств ПВО, а также крылатых и баллистических ракет различного назначения, ударных беспилотных летательных аппаратов, необходимо изыскивать возможности для их поражения в полете.

В случае массированного налета СВН для системы прикрытия (СП) ОИАЭ главной задачей является поражение возможно большего числа объектов из состава групповой цели. Показателем эффективности будет математическое ожидание доли пораженных объектов каждого типа. Эффективность применения СП ОИАЭ достаточно полно характеризуется законом распределения числа пораженных объектов, который выражается через совокупность вероятностей $P_{N,m}$ того, что из состава групповой цели будет поражено ровно m объектов из N . Распределение средств СП может быть случайным или детерминированным. В случае одиночного ОИАЭ можно считать, что случайное распределение возможно лишь в условиях потери централизованного управления системой прикрытия, а также активного применения противником помех наведению средств поражения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Денисов, О.В.* Комплексная безопасность населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. Проблемы и решения: монография / О.В. Денисов, О.А. Губеладзе, Б.Ч. Месхи, Ю.И. Булыгин; под общей редакцией Ю.И. Булыгина. – Ростов-на-Дону : Издательский центр ДГТУ, 2016. – 278 с.
2. *Nedorubov A.N., Lobkovskaya N.I., Lokonova E.L. and Lupinogina Yu.A.* Islamism as Threat Factor to Construction and Operation Safety of Nuclear Power Facilities / E3S Web of Conferences. 2020. – Vol. 208, Article number 020041 : Conference on Sustainable Development: Industrial Future of Territories, IFT 2020; Ural State University of Economics Yekaterinburg; Russian Federation; 28-29 September 2020. – URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/68/e3sconf_ift2020_02004/e3sconf_ift2020_02004.html (дата обращения: 15.09.2022) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020802004>
3. *Лобковская, Н.И.* Исламизм как вызов безопасности объектов атомной энергетики / Н.И. Лобковская, А.Н. Недорубов // Безопасность ядерной энергетики : тезисы докладов XVII Международной научно-практической конференции, Волгодонск, 26-28 мая 2021 г. – Волгодонск : ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2021. – С. 81-84.
4. *Недорубов, А.Н.* Риски радикального исламизма в вопросах безопасности строительства и эксплуатации объектов атомной отрасли / А.Н. Недорубов, Н.И. Лобковская // Глобальная ядерная безопасность. – 2021. – № 1 (38). – С. 127-132.
5. *ПиН АЭ-5.5-86.* Нормы строительного проектирования атомных станций с реакторами различного типа. – Москва : Минатомэнерго РФ, 1986.
6. *НП-010-16.* Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Правила устройства и эксплуатации локализирующих систем безопасности атомных станций». Приказ Ростехнадзора от 24.02.2016 N 70 (ред. от 17.01.2017) // КонсультантПлюс (официальный сайт). – URL: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_196163/-5.12.2017.
7. *НП-064-17.* Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии». Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 514 от 30 ноября 2017 г.
8. External Events Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plant // IAEA Safety Standards Series. Safety Guide No. NS-G-1.5. – IAEA. – Vienna, 2003.
9. External Human-Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants // IAEA Safety Standards Series. Safety Guide No. NS-G-3.1. – IAEA. – Vienna, 2002.
10. *Бирбраер, А.Н.* Экстремальные воздействия на сооружения / А.Н. Бирбраер, А.Ю. Роледер. – Санкт-Петербург : Изд-во Политехнического университета, 2009. – 594 с.

11. Бирбраер, А.Н. Прочность и надежность конструкций АЭС при особых динамических воздействиях / А.Н. Бирбраер, С.Г. Шульман. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 304 с.
12. Sagano T., Tsubota Y., Kasai Y. et al. Full-Scale Aircraft Test for Calculation of Impact Force // Nucl. Engng. and Des. 1993. Vol. 140. P. 373-385.
13. Чернуха, Н.А. Вероятностное обоснование динамических нагрузок на оборудование АЭС при ударе самолета / Н.А. Чернуха, В.В. Лалин, А.Н. Бирбраер // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. – 2017. – Том 23, № 4. – С. 159-171.
14. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – Москва, 2004.
15. Губеладзе, О.А. Определение ударных ускорений на элементах конструкции малогабаритной ядерной энергетической установки при ее падении на поверхность / О.А. Губеладзе, А.Р. Губеладзе // Глобальная ядерная безопасность. – 2020. – № 1. – С. 7-16.
16. Губеладзе, О.А. Разработка пассивной защиты подвижного агрегата с ядерно- и радиационно опасным объектом / О.А. Губеладзе, А.Р. Губеладзе // Глобальная ядерная безопасность. – 2019. – №1. – С. 7-15.
17. Губеладзе, О.А. Определение влияния сопротивления грунтовой преграды на малогабаритную ядерную энергетическую установку при аварийной ситуации / О.А. Губеладзе, А.Р. Губеладзе // Глобальная ядерная безопасность. – 2021. – № 3. – С. 25-36.
18. Герасимов, А.И. К обоснованию уровня надежности прикрытия войск и объектов от ударов с воздуха / А.И. Герасимов, А.Г. Соколов, А.М. Елисеев // Военная мысль. – 1994. – № 2. – С. 40-43.

REFERENCES

- [1] Denisov O.V., Gubeladze O.A., Meskhi B.Ch., Bulygin Yu.I. Kompleksnaya bezopasnost' naseleniya i territorij v chrezvy'chajny'x situacijax. Problemy' i resheniya: monografiya [Complex Safety of the Population and Territories in Emergency Situations. Problems and Solutions.]. Rostov-on-Don, Publishing center Don State Technical University, 2016, 278 p. (in Russian).
- [2] Nedorubov A.N., Lobkovskaya N.I., Lokonova E.L. and Lupinogina Yu.A. Islamism as Threat Factor to Construction and Operation Safety of Nuclear Power Facilities / E3S Web of Conferences. 2020. – Vol. 208, Article number 020041 : Conference on Sustainable Development: Industrial Future of Territories, IFT 2020; Ural State University of Economics Yekaterinburg; Russian Federation; 28-29 September 2020, https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/68/e3sconf_ift2020_02004/e3sconf_ift2020_02004.html (accessed 15.09.2022) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020802004> (in English).
- [3] Lobkovskaya N.I., Nedorubov A.N. Islamizm kak vy'zov bezopasnosti ob'ektov atomnoj e'nergetiki [Islamism as a challenge to the safety nuclear power facilities]. Bezopasnost' yadernoj e'nergetiki: tezisy' dokladov XVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Volgodonsk, 26-28 maya 2021 g. [Nuclear Energy Safety : Abstracts of the XVII International Scientific and Practical Conference, Volgodonsk, May 26-28, 2021]. Volgodonsk: VETI NRNU MEPhI, 2021, pp. 81-84 (in Russian).
- [4] Nedorubov A.N., Lobkovskaya N.I. Riski radikal'nogo islamizma v voprosax bezopasnosti stroitel'stva i e'kspluatatsii ob'ektov atomnoj otrasli [Radical Islamism Hazards in Issues of Safety of Nuclear Industry Facility Construction and Operation], Global'naya yadernaya bezopasnost' [Global Nuclear Safety], 2021, № 1 (38), pp. 127-132 (in Russian).
- [5] PiN AE-5.5-86. Normy stroitel'nogo proektirovaniya atomnyh stancij s reaktorami razlichnogo tipa [Norms of Construction Design of Nuclear Power Plants with Reactors of Various Types], Minatomenergo RF [Minatomenergo of the Russian Federation], 1986 (in Russian).
- [6] NP-010-16. Federalnye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoy energii "Pravila ustroystva i ekspluatatsii lokalizuyushchikh sistem bezopasnosti atomnykh stantsiy" [Federal Rules and Regulations in the Field of the Use of Atomic Energy "Rules for the Design and Operation of Localizing Safety Systems for Nuclear Power Plants"], Ofitsial'nyy sayt kompanii "Konsul'tant Plyus" [Official site of the Consultant Plus company], 2016, https://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_196163 (in Russian).
- [7] NP-064-17. Federalnye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoy energii "Uchet vneshnih vozdeystvij prirodno i tehnogennogo proishozhdeniya na ob'ekty ispol'zovaniya atomnoj energii" [Federal Rules and Regulations in the Field of the Use of Atomic Energy "Consideration of external impacts of natural and man-made origin on the objects of nuclear energy use"], Ofitsial'nyy sayt kompanii "Konsul'tant Plyus" [Official site of the Consultant Plus company], 2017 (in Russian).
- [8] External Events Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plant // IAEA Safety Standards Series. Safety Guide No. NS-G-1.5. – IAEA. – Vienna, 2003 (in English).

- [9] External Human-Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants // IAEA Safety Standards Series. Safety Guide No. NS-G-3.1. – IAEA. – Vienna, 2002 (in English).
- [10] Birbraer A.N., Roleder A.Yu. Ekstremalnyye vozdeystviya na sooruzheniya [Extreme Actions on Structures]. St. Petersburg: Publishing House of the Polytechnic University, 2009, 594 p. 2009 (in Russian).
- [11] Birbraer A.N., Shulman S.G. Prochnost i nadezhnost konstruksiy AES pri osobykh dinamicheskikh vozdeystviyakh [Strength and Reliability of NPP Structures under Special Dynamic Actions]. Moscow: Energoatomizdat, 1989, 304 p. (in Russian).
- [12] Sagano T., Tsubota Y., Kasai Y. et al. Full-Scale Aircraft Test for Calculation of Impact Force // Nucl. Engng. and Des. 1993. Vol. 140. P. 373-385 (in English).
- [13] Chernukha N.A., Lalin V.V., Birbraer A.N. Veroyatnostnoe obosnovanie dinamicheskix nagruzok na oborudovanie AE'S pri udare samoleta [Probabilistic Justification of Dynamic Loads on NPP Equipment Caused by Aircraft Impact], Nauchno-texnicheskie vedomosti CPbPU. Estestvenny'e i inzhenerny'e nauki [Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University Journal of Engineering Sciences and Technology], 2017, vol. 23, no. 4, pp. 159-171 (in Russian)
- [14] SNiP 52-01-2003. Betonny'e i zhelezobetonny'e konstrukcii. Osnovny'e polozheniya [SNiP 52-01-2003. Concrete and Reinforced Concrete Structures. The Main Provisions]. Moscow, 2004 (in Russian).
- [15] Gubeladze O.A., Gubeladze A.R. Opredelenie udarnykh uskorenij na elementah konstrukcii malogabaritnoj yadernoj energeticheskoy ustanovki pri ee padenii na poverhnost [The Determination of Shock Accelerations on a Small Nuclear Power Plant Structural Elements in the Event of Fall to the Surface], Global'naya yadernaya bezopasnost' [Global Nuclear Safety], 2020, no. 1(34), pp. 7-16 (in Russian).
- [16] Gubeladze O.A., Gubeladze A.R. Razrabotka passivnoj zatshity podvignogo agregata s jaderno- I radiacionno opasnym ob'ektom [Passive Protection Development of the Mobile Unit of Nuclear and Radiation Hazardous Objects] Global'naya yadernaya bezopasnost' [Global Nuclear Safety], 2019, no. 1(30), pp. 7-15 (in Russian).
- [17] Gubeladze O.A., Gubeladze A.R. Opredelenie vlijaniya soprotivleniya gruntovoj pregrady na malogabaritnuju yadernuju energeticheskuyu ustanovku pri avarijnoj situazii [Determination of Soil Barrier Resistance Influence to Compact Nuclear Power Plant at Emergency Situation], Global'naya yadernaya bezopasnost' [Global Nuclear Safety], 2021, no. 3(40), pp. 25-36 (in Russian).
- [18] Gerasimov A.I., Sokolov A.G., Eliseev A.M. K obosnovaniyu urovnja nadezhnosti prikrytiya vojsk I ob'ektov ot udarov s vozduha [Substantiating the Level of Reliability of Covering Troops and Objects from Air Strikes], Voennaja mysl [Military Thought], 1994, no. 2, pp. 40-43 (in Russian).

Substantiating the Need to Cover Atomic Energy Objects from Air Strikes

Oleg A. Gubeladze¹, Avtandil R. Gubeladze²

Don State Technical University, Gagarin square 1, Rostov-on-Don, Russia, 344000

¹buba26021966@yandex.ru, ORCID iD: 0000-0001-6018-4989, WoS ResearcherID: F-6921-201

²buba26021966@yandex.ru, ORCID iD: 0000-0002-6966-6391, WoS ResearcherID: F-7215-2017

Received by the editorial office on 09/27/2022

After revision on 11/28/2022

Accepted for publication 12/06/2022

Abstract. The article deals with one of the nuclear terrorism problem aspects, namely the attempts to implement “nuclear” blackmail by individual states. The possible destructive aircrafts impact to objects using atomic energy is considered. An express assessment of the guided air bomb strike result on the reinforced concrete object structure was carried out.

Keywords: nuclear terrorism, nuclear energy use facility, protective hermetic shell, aircraft, guided aerial bomb.

For citation: Gubeladze O.A., Gubeladze A.R. Substantiating the Need to Cover Atomic Energy Objects from Air Strikes // Global Nuclear Safety. 2022. Vol. 4(45). P. 15-24. <http://dx.doi.org/10.26583/gns-2022-04-02>