

выделить тенденцию, особенно для ядерных держав (США и Россия, если смотреть по таблице), создание собственных систем, как для уровня объекта, так и для государственного уровня.

Большинство программ позволяют создавать отчеты для государственного регулятора и некоторые для МАГАТЭ, отслеживать перемещение и изменение топлива на блоке.

Не многие программы, Atomic Keeper и ИАС “Топливо”, АС УиК ЯМ АЭС “Бушер”, позволяют создавать картограммы блоков и учет операций, проведенных над учетными единицами.

Однако, т.к. информационные технологии непрерывно развиваются, поддержание работоспособности некоторых старых систем УиК становится все более сложной задачей, а порой и невыполнимой. В частности система FAR, используемая на АЭС Крко, использует старые версии Windows или DOS.

Так же изменяются и ужесточаются требования к информационным системам. Особенно это касается:

1. Защиты чувствительной информации в части хранения и передачи;
2. Обеспечение кибербезопасности в рамках общей атомной безопасности.

Отметим задачи, которые в большинстве не покрыты существующими системами УиК.

Отдельной задачей для учета и контроля является работа с пломбами, контейнерами и стрелками управления. При работе по приемке топлива могут утилизироваться, устанавливаться, десятки пломб, так же пломбы ставятся на активную зону, чехлы, стеллажи. Так же на все это оборудование и действия так же пишутся документы.

Так же, система должна хранить не только историю учетных единиц, но и историю ячеек и оборудования на блоке. Зная актуальную информацию о состоянии ячеек и их историю действий, производимых над ячейками, можно более качественно планировать работу на блоке.

В заключении можно сказать, что большинство существующих информационных систем УиК ЯМ, являются достаточно старыми и зачастую неподдерживаемые. Не многие современные системы полностью позволяют решать все задачи учета и контроля, которые можно решить используя информационные технологии.

Таким образом, актуальной задачей в сфере УиК ЯМ является разработка информационной системы, которая бы полностью позволила автоматизировать процесс работы с топливом на блоке а не только показывать ее перемещение, изменение и подготовку отчетов соответствующим органам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Основы учета, контроля и физической защиты ядерных материалов / Э.Ф. Крючков [и др.]. – Москва : МИФИ, 2007. – 544 с.
2. NUCMAT [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nucmat.com> (дата обращения: 01.03.2021).
3. FAR [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ijs.si/~slavic/far.html> (дата обращения: 01.03.2021).
4. Atomic Keeper – Automated nuclear material account and control system [Электронный ресурс] : Applied systems. – URL: <http://www.appsys.net/en/products/atomickeeper> (дата обращения: 01.03.2021).
5. Кузнецов, В. Н. Учет и контроль ядерных материалов на Игналинской АЭС [Электронный ресурс] / В. Н. Кузнецов, С. Г. Монахов // Dysnai-2000.– URL: <http://www.dysnai.org/Reports/2000-2004/2000/4.pdf>. (дата обращения: 01.03.2019).

## МАЛАЯ ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ LOW NUCLEAR POWER FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

**О. Э. Муратов**  
**O. E. Muratov**

*Общественный совет Госкорпорации «Росатом», Москва, Россия*  
*oleg@twell.ru*

*Public Council of State Atomic Energy Corporation, Moscow, Russia*

Ужесточение природоохранного законодательства требуют создания экологически чистых, стабильных источников энергии, которыми могут стать атомные станции малой мощности. Главными требованиями к реакторам для малых атомных станций являются минимальное воздействие на окружающую среду, повышенная надежность и минимальное обслуживание. Концепция применения реакторных установок для малых станций предусматривает изготовление и испытание энергоблоков в заводских условиях, работу без перегрузки топлива в течение длительного времени и отсутствие на площадке хранения свежего и отработавшего топлива. Атомные станции малой мощности, создаваемые в регионах с децентрализованным энергообеспечением, неразвитыми сетями и на островных территориях, обеспечат помимо производств электроэнергии и неэлектрические применения, такие как опреснение, производство водорода и др.

The tightening of environmental legislation requires the creation of environmentally friendly, stable energy sources, which can become low-power nuclear power plants. The main requirements for reactors for small nuclear

power plants are minimal environmental impact, increased reliability and minimal maintenance. The concept of using reactor installations for small stations provides for the manufacture and testing of power units in factory conditions, operation without fuel overload for a long time and the absence of fresh and spent fuel on the storage site. Low capacity nuclear power plants created in regions with decentralized energy supply, undeveloped networks and on island territories will provide, in addition to electricity production, non-electric applications such as desalination, hydrogen production, etc.

*Ключевые слова:* энергоблок, энергообеспечение, малый модульный реактор, моноблок, ядерное топливо, системы безопасности, неэлектрические применения, лицензирование.

*Keywords:* power unit, power supply, small modular reactor, monoblock, nuclear fuel, safety systems, non-electrical applications, licensing.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-219-223>

Глобализация, урбанизация, рост населения, и ужесточение природоохранного законодательства требует создания эффективных экологически чистых источников энергии. Сокращение выбросов CO<sub>2</sub>, значительные колебания цен на природный газ, нестабильность солнечной и ветровой энергетики делает преимущества ядерной энергетики очевидными, поэтому в мире растет интерес к реакторам малой и средней мощности благодаря их способности удовлетворять потребность в стабильном производстве электроэнергии и возможности работать автономно и удаленно от крупных энергетических сетей.

Атомные станции малой мощности (АСММ) являются оптимальным вариантом для удовлетворения потребности в гибком производстве электроэнергии и тепла для различных пользователей и неэлектрических применений и обеспечат стабильное и экологически чистое энергообеспечение потребителей на отдаленных и островных территориях. Малые реакторы, устанавливаемые на одноблочных или многоблочных станциях, идеально подходят для замены загрязняющих окружающую среду энергоисточников на органическом топливе, мощность подавляющего большинства которых не превышает 500 МВт, а также для сочетания с возобновляемыми источниками энергии, обеспечивая базовую нагрузку.

С момента появления в 1954 г. первой атомной электростанции (АЭС) мощности энергетических реакторов возросли с 50 до 1600 МВт, и долгое время считалось, что для АЭС необходимы только реакторы мощностью 1000 и более МВт. Реакторы мощностью в десятки и сотни МВт использовались, главным образом, на подводных лодках, кораблях и судах, космических аппаратах, в качестве исследовательских установок и как промышленные реакторы для наработки оружейных ядерных материалов.

Согласно классификации МАГАТЭ, к малым относятся реакторы электрической мощностью до 300 МВт, и формально под эту категорию попадает около 30 % действующих в мире энергоблоков (ЭБ). Это реакторы ЭГП-6 на Билибинской АЭС в России, большинство действующих в Индии АЭС с реакторами PHWR-220 и др. Такой уровень мощности был обычным для всех типов реакторов первых поколений – легководные (ВВЭР, PWR), кипящие (BWR), британские газоохлаждаемые GCR и другие модели.

Но помимо мощности МАГАТЭ определяет малые ЭБ, как состоящие из модулей, предназначенных для серийного строительства, которые перед доставкой и монтажом на площадке серийно изготавливаются и испытываются на заводе. Они именуются «малые модульные реакторы (ММР)». Кроме заводского изготовления для ММР разработана концепция использования, эксплуатации и вывода из эксплуатации, подходы к организации строительства и особая компоновка основного оборудования [1]. Главными требованиями к ММР для атомных станций малой мощности (АСММ) являются повышенная надежность и минимальное обслуживание вплоть до полной автономности, а также минимальное воздействие на окружающую среду.

По сравнению с действующими реакторами для ММР предусмотрена интегральная компоновка оборудования, при которой активная зона, парогенератор, компенсатор давления и др. собраны в едином корпусе – моноблоке. Максимальная автоматизация управления реактором и концепция безопасности основана на пассивных системах, таких как естественная циркуляция, конвекция, гравитация не требует для его отключения вмешательства оператора или внешней энергии.

Для АСММ предусмотрены увеличенный интервал перезарядки реактора (от 5 до 10 лет) и отсутствие на площадке длительного хранения свежего и отработавшего ядерного топлива, а также радиоактивных отходов. Значительно упрощена процедура вывода из эксплуатации АСММ: после выработки ресурса ЭБ демонтируется и вывозится на специализированное предприятие. На площадке не проводятся ядерно- и радиационно-опасные работы, и она готова для размещения нового ЭБ, а при отсутствии необходимости в энергоисточнике на площадке требуются минимальные работы по реабилитации.

Впервые реакторы, практически удовлетворяющие концепции МАГАТЭ для ММР, были созданы в США по Армейской ядерно-энергетической программе, утвержденной в 1954 г. для энергообеспечения отдаленных труднодоступных военных объектов [2]. Программой предусматривалось разработка и создание малогабаритных реакторов разных типов (легководные с водой под давлением и корпусные кипящие) для выработки электроэнергии и тепла, и перед проектантами ЭБ были поставлены задачи:

- транспортабельность любыми видами транспорта, включая воздушный;
- быстрый монтаж и пуск на площадке;
- эксплуатация в экстремальных природных условиях.

Первым таким реактором, разработанным в Ок-Риджской национальной лаборатории, был реактор SM-1 (рис. 2) мощностью 2 МВт(э). Это был легководный реактор с водой под давлением, в котором использовалось высокообогащенное (93 %) оксидное урановое топливо. Построенный за 18 месяцев на территории военной базы «Форт Бельвуар» реактор был введен в эксплуатацию в апреле 1957 г. за несколько месяцев до пуска первой американской коммерческой АЭС «Шиппингпорт».

Кроме энергообеспечения военной базы реактор SM-1 использовался в качестве учебного центра для подготовки оперативного персонала ядерных установок армии и флота и был испытательным стендом для проектирования реакторов малой мощности. Реактор эксплуатировался в течение 16 лет. За время его работы дважды производилась замена активной зоны, и за три кампании было израсходовано 72,7 кг ядерного топлива. Окончательно остановлен реактор был в 1973 г.

Всего по Армейской ядерно-энергетической программе США в период 1957-1967 гг. было построено восемь реакторов разных видов. Реактор ML-1 с газовой турбиной размещался на грузовом автомобиле и не имел защиты, т.к. во время работы персонал должен был находиться на расстоянии 150 м. Реактор MH-1 мощностью 10 МВт(э) был размещен в средней части сухогруза постройки 1945 г., у которого была демонтирована гребная установка. Плавучая АЭС «Sturgis» эксплуатировалась в течение 10 лет в зоне Панамского канала. Во всех реакторах, кроме MH-1, использовалось высокообогащенное топливо (93 %). Последний из реакторов (MH-1), построенных по программе был остановлен в 1976 г.

Реакторы для транспортабельных АЭС были построены и в СССР [3]. Первой такой станцией была разработанная в ФЭИ ТЭС-3 с корпусным водо-водяным реактором мощностью 1,5 МВт(э), в котором использовалось интерметаллидное топливо  $UAl_3$  с обогащением 36 %. ТЭС-3 размещалась на четырех самоходных транспортерах на гусеничном ходу на базе тяжелого танка Т-10. Станция предназначалась для энергоснабжения гражданских и военных объектов в отдаленных районах Крайнего Севера и Сибири. Ее пуск состоялся в 1961 г., опытная эксплуатация продолжалась более пяти лет, и в 1967 г. ТЭС-3 была остановлена.

Другая передвижная АЭС «Памир-630Д» мощностью 0,63 МВт(э) была создана в Институте ядерной энергетики АН БССР (ныне ИЯЭИ «Сосны»). Использование станции предполагалось в экстремальных климатических условиях при температурах от  $-50$  до  $+35$  °С, поэтому для нее был специально разработан реактор с диссоциирующим теплоносителем на основе тетраоксида диазота ( $N_2O_4$ ). Это вещество, обладающее высокими теплоемкостью, теплопроводностью и плотностью при низкой вязкости, позволило сделать реактор одноконтурным, что обеспечивало его компактность. Главными проблемами, которые было необходимо решить при применении тетраоксида диазота, были его высокие коррозионная агрессивность и реакционная способность – при контакте с влагой образуется азотная кислота.

Для транспортировки использовались специально разработанные два тяжелых тягача МАЗ-7960 с полуприцепами МАЗ-9994 и было изготовлено два ЭБ. Первый предназначался для испытаний в полевых условиях, а второй в качестве лабораторного стенда. Пуск первого ЭБ состоялся в 1985 г., и в ходе испытаний, продолжавшихся около года, его дважды выводили на проектную мощность. Общая наработка на разных режимах нагрузки составила 3500 часов, но на фоне Чернобыльской аварии испытания приостановили, и проект был закрыт.

По опыту создания и эксплуатации АСММ были получены практические результаты, которые легли в основу концепций и проектов блочно-транспортабельных АСММ с реакторами интегральной компоновки позволила уточнить основные научно-технические принципы проектирования АЭС для отдаленных районов. На фоне стабильного спроса на электроэнергию, а также возросшего запроса на энергетическую безопасность и низкоуглеродную энергетику использование ММР с учетом опыта эксплуатации малых атомных ЭБ является обоснованной и экономически оправданной.

Оценивая конкурентоспособность АСММ по сравнению с АЭС мощностью более 1000 МВт и иными видами генерации следует подчеркнуть, что производство электроэнергии во многих случаях не является их основным назначением. ММР идеально подходят для производства бытового тепла и технологического пара, опреснения, очистки сточных вод, производства водорода, а сбросное низкопотенциальное тепло АСММ – для создания биокомплексов.

Ввиду малой единичной мощности ЭБ капитальные затраты на создание АСММ значительно меньше затрат для блоков-миллионников, и при относительно малых капитальных затратах на строительство каждого ЭБ при необходимости возможно поэтапно наращивать суммарную мощность АЭС, добавлением новых ЭБ на готовой площадке. Кроме того, заводское изготовление ММР с одновременной подготовкой площадки значительно сокращает сроки создания АСММ.

Сравнительно малые массогабаритные характеристик ММР позволяют размещать их в подземном пространстве, что является важным фактором с точки зрения обеспечения безопасности. Толща земной породы является естественным контейнментом для защиты ЭБ от техногенных воздействий.

По сравнению с традиционными станциями АСММ могут занять свою долю в диверсифицированном энергобалансе территорий и работать при отсутствии подключения к энергосетям. Технические характеристики ММР позволяют размещать станцию вблизи любого крупного потребителя, что позволит расширить области использования ЯЭ, включив те применения, где ядерно-энергетические технологии не используются. АСММ особо привлекательны для вступающих в ядерный клуб стран-новичков, которые не обладают достаточными инфраструктурой и компетенциями.

Признавая эффективность использования малых атомных ЭБ для обеспечения надежного безопасного экологически чистого энергообеспечения, МАГАТЭ уделяет большое внимание созданию ММР, как перспективному

направлению ЯЭ. Для координации действий по реализации проектов ММР создан центр координации по всем аспектам разработки, развертывания и применения ММР в электрической и неэлектрической сферах. Рабочая группа по ММР (ТРГ-РМСМ/ММР) и форум регулирующих органов по ММР, работающие в центре, являются площадкой для обмена опытом по разработке и будущему развертыванию ММР.

В рамках национальных и международных программ развития малой ЯЭ во многих странах на разных стадиях разработки находится около 70 проектов и концепций ММР, предназначенных для энергетических и неэлектрических применений [4]. Они включают не только основные типы реакторов: легководные с водой под давлением и кипящие, тяжеловодные, газоохлаждаемые и на быстрых нейтронах, но и различные варианты их размещения – наземное, подземное, плавучее и подводное. Подавляющее большинство ММР представляют только концептуальные проекты, в не более десяти проработки близки к рабочей документации, а начавшие процедуру лицензирования – единицы.

В настоящее время единственной действующей в мире АСММ является плавучая АЭС «Академик Ломоносов» с двумя реакторами КЛТ-40С суммарной электрической мощностью 70 МВт и 50 Гкал/ч тепла. Реактор КЛТ-40С, использующий для решения вопроса нераспространения топлива с обогащением 19,6 %, является аналогом эксплуатируемых на атомных ледоколах реакторов КЛТ-40, адаптированном для работы АЭС. Основное оборудование ЭБ, включая реактор, паротурбинную установку и электроэнергетическую систему, унифицировано с образцами, прошедшими многолетнюю проверку на надежность в жестких условиях эксплуатации на атомных ледоколах, характеризующихся качкой, ударными нагрузками, скоростью и частотой изменения мощности.

В опытно-промышленной эксплуатации находится китайский ЭБ с двумя высокотемпературными реакторами НТР-РМ с гелиевым охлаждением и температурой пара на выходе 750 °С. В ЭБ два реактора соединены с одной турбиной мощностью 210 МВт(э). Топливо для реактора – шаровые ТВЭЛы с обогащением 8,5 %, диспергированные в графитовой матрице. Топливная загрузка состоит из смеси  $UO_2$ ,  $UC_2$  и  $UCO$ , но проектом рассматривается возможность использования тория или плутония. ЭБ предназначен для выработки высокотемпературного пара и поставки электроэнергии, и проектный срок службы составляет 60 лет.

В стадии строительства находятся реактор CAREM-25 (Аргентина) и АСП-100 (Китай) мощностью 27 и 100 МВт(э), соответственно. Оба проекта базируются на использовании хорошо освоенной технологии водо-водяных реакторов и являются интегральными ММР с естественной циркуляцией теплоносителя, содержит пассивные и простые активные системы безопасности. Как во всех реакторах такого типа в них используется оксидное топливо с обогащением 4,2 %. Реактор CAREM-25 создается как прототип для проверки технических решений для будущей коммерческой версии CAREM мощностью до 300 МВт(э). Особенностью АСП-100 является расположение реактора и бассейна выдержки ОЯТ ниже уровня земли, на отрицательных отметках, что повышает эффективность защиты от внешних воздействий и снижает выброс радиоактивных материалов при аварии.

В России начата подготовка к строительству в Якутии АСММ с реактором РИТМ-200Н мощностью 55 МВт(э), созданном на базе серийно выпускаемых реакторов РИТМ-200, успешно эксплуатируемых на ледоколах «Арктика» и «Сибирь» [5]. В реакторе РИТМ-200Н будет использоваться интерметаллидное топливо с обогащением 19,6 %, топливная кампания составит шесть лет, а количество образующихся за шесть лет жидких радиоактивных отходов составит 20 т.

В отличие от зарубежных ММР, которые строятся на площадках действующих АЭС станция, предназначенная для энергообеспечения золоторудного месторождения и близлежащих поселков, будет автономной и будет строиться в сложных географических и климатических условиях, где годовые температуры колеблются от –60 до +35 °С.

На АСММ не предусмотрено длительного хранения ОЯТ и РАО. В спецкорпусе на площадке станции будет только временное хранение ОЯТ до его отправки на переработку и кондиционирование РАО, которые будут вывозиться для передачи Национальному оператору. Для снижения расхода воды предусмотрена система оборотного водоснабжения с использованием для охлаждения сухих градирен. На площадке проведены геологические изыскания, в 2022 г. будет получена лицензия на размещение ЭБ, и ввод станции запланирован в 2028 г.

Из зарубежных проектов готов к реализации и лицензированию Корейским регулятором реактор SMART мощностью 90 МВт(э) и обладающий возможностью по опреснению до 40 тыс. т воды в сутки. Разработанный корпорацией KAERI реактор SMART интегральной компоновки с пассивной системой отвода остаточного тепла создан по легководной технологии водо-водяных реакторов. Главной задачей для реализации проекта является поиск заказчика для строительства ЭБ, т.к. в Корее развитая сетевая инфраструктура и отсутствуют потребители ММР.

На рассмотрении в NRC (регулирующий орган США) находится реактор NuScale мощностью 60 МВт(э), разработанный Национальной лабораторией Айдахо и Орегонским университетом. NuScale, также основанный на технологии водо-водяных реакторов, представляет собой интегральный ММР с естественной циркуляцией теплоносителя и использованием пассивных систем безопасности. Проектный срок службы – 60 лет. В реакторе используется оксидное топливо с обогащением 4,95 %, топливная кампания – 24 месяца.

Рассматривая действующие, строящиеся и многочисленные проекты ММР показывают, что отсутствуют какие либо технические ограничения по их масштабному строительству и во многих странах развиваются практические шаги по созданию ММР, в том числе не только для энергетических применений. Использование ММР в конкретной стране или регионе определяется анализом их преимуществ по сравнению с конкурентными энергоисточниками.



## ЛИТЕРАТУРА

1. IAEA-TECDOC-1652 Small Reactors without On-site Refuelling: Neutronic Characteristics, Emergency Planning and Development Scenarios. – Vienna, IAEA, 2010. – 96 p.
2. Quarterly Progress Report to the Joint Committee on Atomic Energy, April-June 1958, U.S. Atomic Energy Commission.
3. *Сергеев Ю.А.* О малой ядерной энергетике / История атомной энергетики Советского Союза и России в 5 вып. / Под ред. В.А. Сидоренко: - Вып.5, История малой ядерной энергетике, М. ИздАТ, 2004, с. 5–21.
4. Advances in small modular Reactor Technology Developments. – Vienna, IAEA, 2020. – 354 p.
5. *Мурашов О.Э.* АЭС малой мощности в Якутии // Атомная стратегия XXI. – 2020. – № 180. – С. 10–12.

## ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ СИНХРОНИЗАЦИИ ПО ДЫХАНИЮ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

## APPLICATION OF RESPIRATORY GATING SYSTEMS FOR DIAGNOSIS AND TREATMENT OF ONCOLOGICAL DISEASES

**Я. Э. Ермольчик<sup>1,2</sup>, Т. С. Чикова<sup>1,2</sup>, Е. В. Емельяненко<sup>1,2</sup>, М. Н. Петкевич<sup>1,2</sup>**  
**Y. Yarmolchik<sup>1,2</sup>, T. Chikova<sup>1,2</sup>, E. Emelianenko<sup>1,2</sup>, M. Piatkevich<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет, БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

*kfm@iseu.by, cookiebad@outlook.com*

<sup>1</sup>Belarusian State University, BSU, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

Системы синхронизации по дыханию успешно применяются для диагностики и лечения онкологических заболеваний. Их применение увеличивает точность при проведении лучевой терапии, что особенно важно при подведении высоких доз к раковым опухолям, как это происходит при стереотаксической лучевой терапии. Применение систем синхронизации по дыханию совместно с КТ позволяет более точно определить положение опухоли и очертить ее границы, что снижает погрешность при дальнейшем лечении посредством лучевой терапии. Системы синхронизации по дыханию используют при лечении опухолей левой молочной железы, так как их применение снижает дозовую нагрузку на сердце.

Respiratory gating systems are successfully used for the diagnosis and treatment of oncological diseases. Their use increases the accuracy of radiation therapy, which is especially important when delivering high doses to cancerous tumors, as is the case with stereotactic radiation therapy. The use of respiratory gating systems in cooperation with CT allows you to more accurately determine the position of the tumor and outline its boundaries, which reduces the error in further treatment with radiation therapy. Respiratory gating systems are used in the treatment of tumors of the left breast, since their use reduces the dose load on the heart.

**Ключевые слова:** респираторный гейтинг, лучевая терапия, 4D КТ, 4D МРТ, 4D КТ артефакты.

**Keywords:** respiratory gating, radiation therapy, 4D CT, 4D MRI, 4D CT artifacts.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-223-226>

Системы синхронизации по дыханию позволяют учесть дыхательные движения пациента при проведении диагностических и терапевтических процедур. Их применение целесообразно в тех областях, где от дыхательных движений пациента зависит эффективность проведения процедуры. Для компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии и лучевой терапии целесообразность их применения состоит в том, что дыхательные движения пациента могут оказывать существенное влияние на положение его внутренних органов. Применение систем синхронизации по дыханию позволяет увеличить точность диагностических процедур и наиболее правильно спланировать дальнейшее лучевое лечение пациента, а также сделать сеансы лучевой терапии более безопасными для здоровых органов и тканей, располагающихся вблизи облучаемой области.

Респираторный гейтинг, является одним из наиболее широко применяемых методов при лечении раковых опухолей, положение которых подвержено изменению при дыхательных движениях пациента. К таким опухолям в частности относятся опухоли молочной железы. Наиболее целесообразно применение респираторного гейтинга