

Актуальность работы

Авторский «Проект» выполнен в соответствии с «Энергетической стратегией Российской Федерации на период до 2035 года», утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 01.02.2022 №2115-р, направленной на развитие Северного морского пути с возможностью круглогодичного трафика. Без современного ледокольного флота выполнение такой задачи не представляется возможным. Кроме того, на базе судовых технологий планируется создание принципиально новых плавучих и наземных АЭС малой мощности.

Основная цель работы

Освоение нового продукта – реакторов для ледоколов нового поколения, не имеющего аналогов в мире, и создание на этой основе прорывных технологических решений, направленных на поддержание технологического суверенитета страны.



Рисунок 1. Основные технические параметры ледокола нового поколения проекта 22220 «Арктика»



Рисунок 2. Корпус реактора ледокола проекта 22220 с энергетической установкой «РИТМ-200» на производственной площадке акционерного общества «Машиностроительный завод «ЗиО-Подольск» (подготовка к отгрузке)



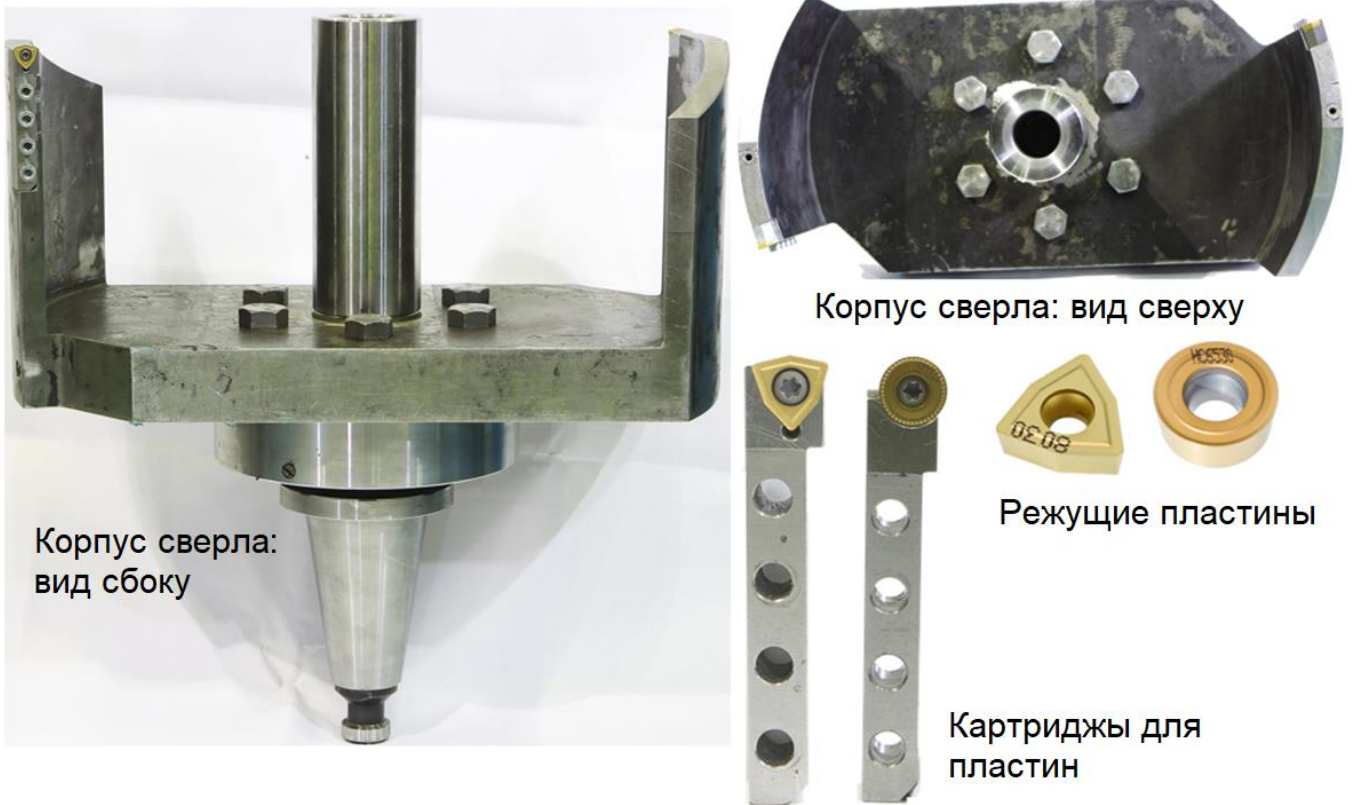
Рисунок 3. Стапель сборочный (авторская разработка) для выполнения на одном рабочем месте нескольких уникальных технологических переделов: «управляемая» сварка гидрокамер, сборка внутрикорпусных устройств и фланцевых разъёмов, рентгенконтроль и гидроиспытания

Научная новизна работы

- Впервые в мировой практике энергомашиностроения создан, научно и технически обоснован уникальный высокоскоростной метод – метод «трепанирования» узкопрофильных кольцевых пазов в патрубках приварки кассет парогенераторов, что позволило сократить цикл сверления кольцевого разгрузочного паза более чем в 10 раз по сравнению с известными техническими решениями, описанными в научно-технической литературе. В результате применения в конструкции трепанирующей головки элементов из демпфирующих виброгасящих материалов, минимизирующих вибрационные процессы в зоне резания, появилась возможность реализовать высокоскоростной процесс механической обработки узкопрофильных кольцевых пазов в производственных условиях (рисунок 4).

- Впервые в мировой практике при изготовлении крупных глубоких гладких отверстий применён высокоскоростной метод сверления специальными головками, в оригинальных (запатентованных) конструкциях которых применены демпфирующие виброгасящие материалы, благодаря которым удалось преодолеть технический барьер соотношения длины отверстия к его номинальному диаметру при сверлении крупных глубоких отверстий в условиях расточных обрабатывающих центров тяжёлой серии. Технические решения обеспечили сверление отверстий в корпусе реактора при соотношении длины отверстия к номинальному диаметру, равному 9,5, тогда как все существующие специальные сверлильные системы зарубежных и отечественных производителей гарантируют сверление глубоких отверстий при соотношении указанных параметров не более 5-ти, что также подтвердили Международные и Российские электронные базы патентного поиска «Questel», «Espacenet» и «ФИПС». Только внедрение данного технического решения позволило сократить цикл данной операции с 49 суток до 9 суток при трёхсменном режиме работы технологического оборудования (рисунок 5).

- Разработана и осуществлена методика измерения технологических остаточных напряжений 1-го рода, включая математическое обоснование, в донной части крупных глубоких отверстий с формой в виде радиуса кривизны. Технологическими методами обеспечены сжимающие остаточные осевые и



а)

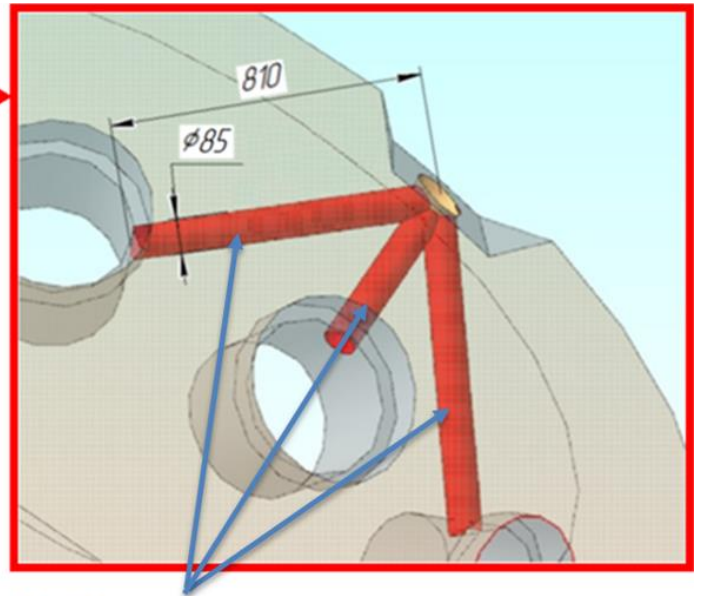


б)

Рисунок 4. а) Кольцевое трепанирующее сверло

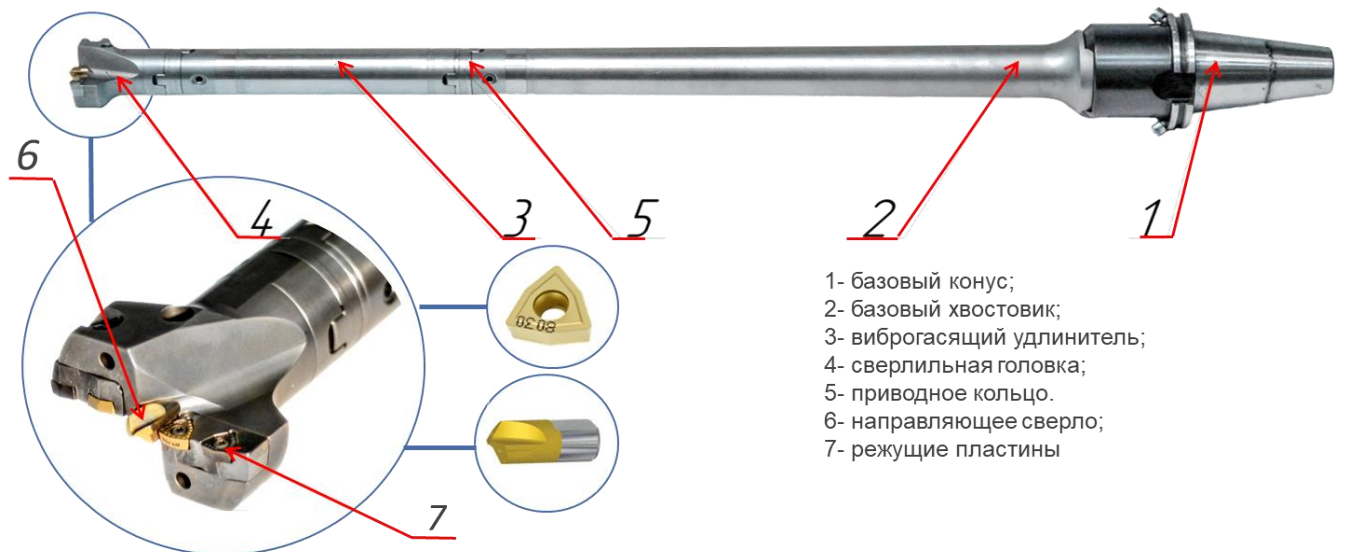
б) Способ «трепанования» узкопрофильных кольцевых пазов и устройство для его осуществления на базе элементов из демпфирующих виброгасящих материалов.

Патенты РФ №№ 2650443, 2650525, Патент на полезную модель № 180388.



Глубокие отверстия
большого диаметра

а)



- 1- базовый конус;
- 2- базовый хвостовик;
- 3- виброгасящий удлинитель;
- 4- сверлильная головка;
- 5- приводное кольцо.
- 6- направляющее сверло;
- 7- режущие пластины

б)

Рисунок 5. а) Обрабатываемые отверстия

б) Специальная сверлильная система с конструктивными элементами из демпфирующих виброгасящих материалов. Патент РФ № 2746729.

тангенциальные напряжения, благоприятно влияющие на эксплуатационную надёжность и долговечность аппарата в целом.

- Создано оригинальное устройство с лазерным измерителем перемещений образца в процессе травления и компьютерной обработки результатов исследований (рисунок 6).

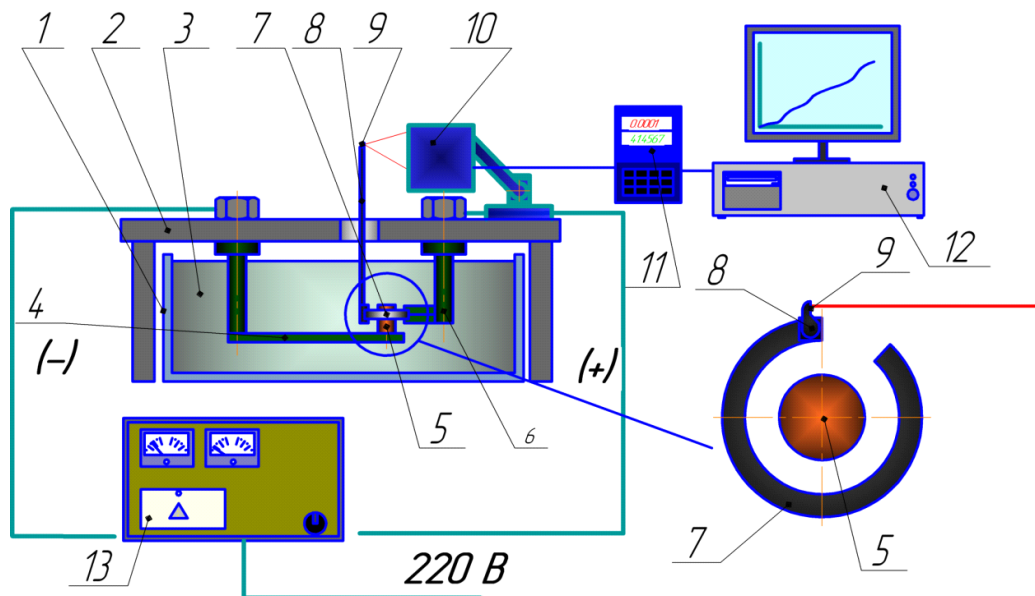


Рисунок 6. Схема установки для измерения остаточных осевых и тангенциальных технологических напряжений 1-го рода.

- 1 – ванна; 2 – крепежная плита; 3 – электролит; 4 – крепление катода;
 5 – катод; 6 – крепление анода; 7 – анод (кольцевой образец); 8 – рычаг;
 9 – плоский отражающий флажок; 10 – лазерный измеритель перемещения;
 11 – пульт управления лазерным измерителем; 12 – компьютер;
 13 – лабораторный выпрямитель тока.

- Впервые в мировой практике при изготовлении резьбовых соединений во фланцевых разъёмах корпусного реакторного оборудования создана методика измерения остаточных технологических напряжений во впадине профиля крупных резьб (рисунок 7), при этом технологическими методами также обеспечены благоприятные сжимающие остаточные осевые и тангенциальные напряжения. Эти исследования стали особенно актуальными после техногенной катастрофы на Саяно-Шушенской ГЭС в 2010 году.

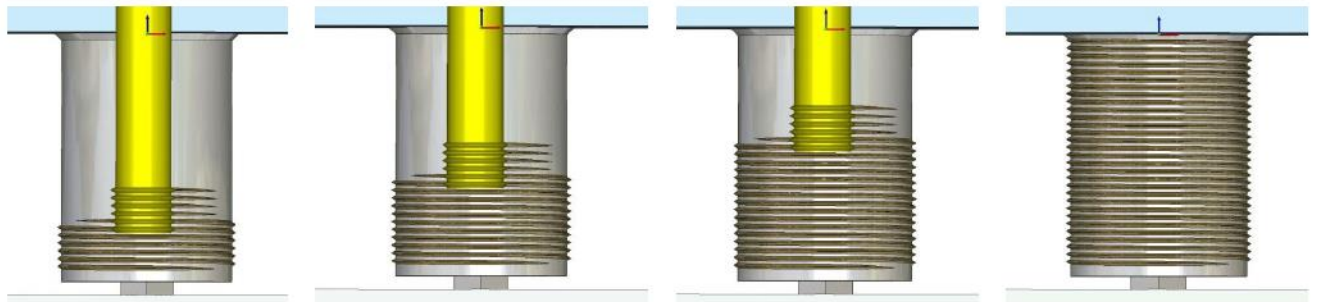


Рисунок 7. Фланцевый разъем корпуса реактора для ледокола проекта 22220 с энергетической установкой «РИТМ-200» и прогрессивная высокоскоростная схема нарезания резьбы по методу «пошагового марша». Патент РФ № 2553035, приоритет ФИПС по заявке на изобретение № 2023105478 от 10.03.2023 г.

- Для приварки четырёх гидрокамер к корпусу реактора «РИТМ-200» разработан уникальный метод ручной «управляемой» сварки в специальном сборочном стапеле (рисунок 3), который позволил обеспечить жесткие требования по точности взаимного расположения поверхностей присоединительных фланцев гидрокамер.

- Для реализации термических операций нагрева крупных поковок перед сваркой и термической обработкой сварных швов после укрупнения частей реактора

создана газовая термическая печь высокоточного нагрева с рекуперативными горелками и футеровкой из кремне-волокнистых материалов (рисунок 8).

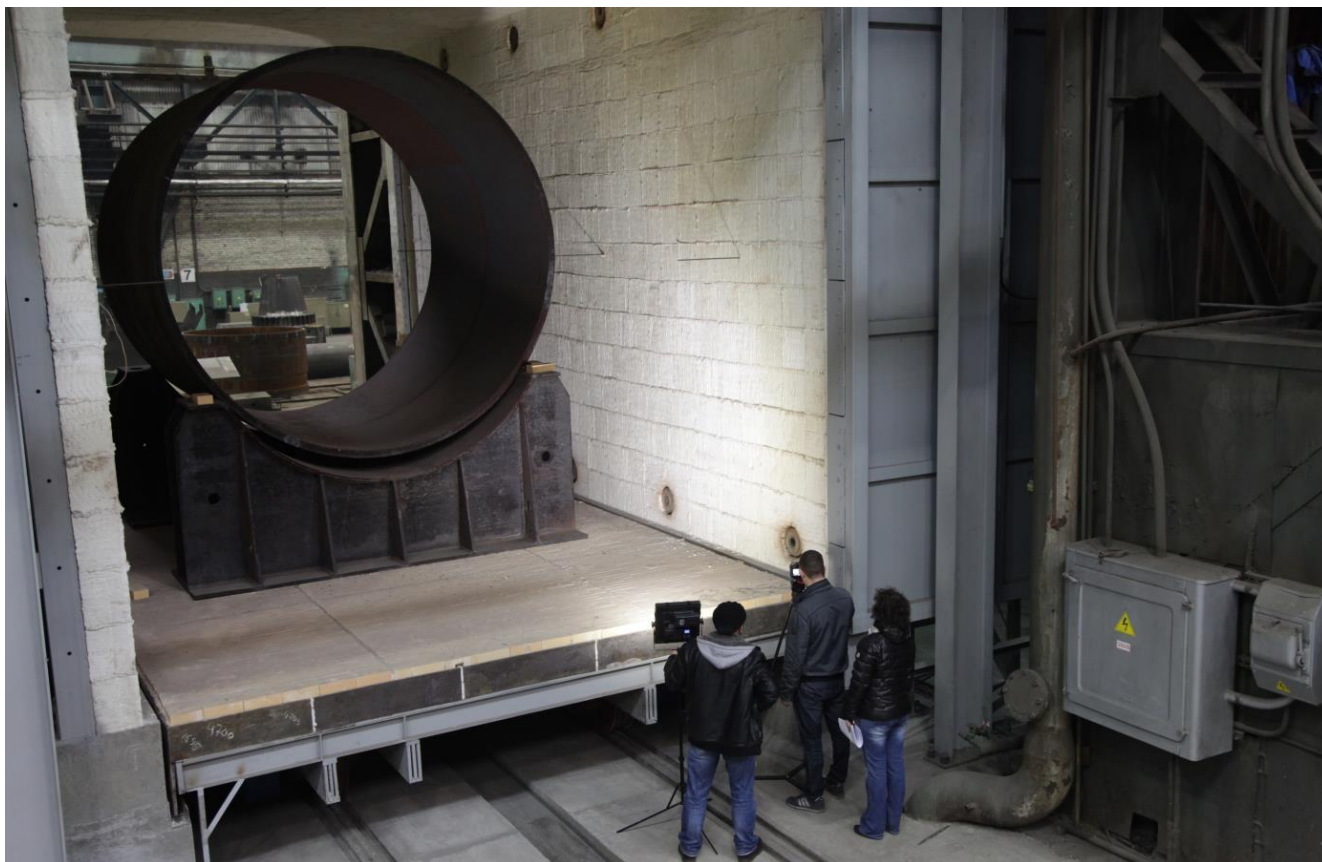


Рисунок 8. Газовая термическая печь высокоточного нагрева.

Практическая значимость

Технические решения были отработаны на головном ледоколе «Арктика» на первых двух реакторах. В дальнейшем, все отработанные технические решения нашли практическое применение на производственной площадке АО «ЗиО-Подольск» при изготовлении серийных ледоколов «Урал», «Сибирь», «Чукотка», «Якутия». Они могут быть успешно применены при изготовлении реакторного оборудования для плавучих АЭС, АЭС малой мощности с использованием судовых технологий, а также для ледоколов нового поколения с энергетическими установками «РИТМ-400».

Некоторые авторские технические решения могут быть применены в других отраслях машиностроения, например, на предприятиях нефтегазохимических комплексов при изготовлении корпусного оборудования ответственного назначения.

Изготовлено два реактора на головной ледокол «Арктика» и восемь серийных реакторов для ледоколов «Урал», «Сибирь», «Якутия», «Чукотка». На данный момент

на производственной площадке акционерного общества «Машиностроительный завод «ЗиО-Подольск» на разных этапах технологических переделов в работе находятся корпуса реакторов для ледокола нового поколения «Лидер» с энергетической установкой «РИТМ-400» и плавучей станции МПЭБ (Чукотка, Баимский ГОК) с энергетической установкой «РИТМ-200С».

Проекты, реализуемые в ближайшие годы с применением авторских технических решений:

2024 год:

- Атомный ледокол «Лидер» с энергетической установкой «РИТМ-400»;
- МПЭБ (Чукотка, Баимский ГОК) энергетическая установка «РИТМ-200С»;

2025 год:

- Атомный ледокол СУАЛ-5 с энергетической установкой «РИТМ-200»;

2026 год:

- Наземный реактор АСММ с энергетической установкой «РИТМ-200Н».

Достигнутые экономический и социальные эффекты от внедрения

Достигнутый социальный эффект от внедрения и экономический эффект в народном хозяйстве на данном этапе играют неоценимую роль, поскольку в соответствии с «Энергетической стратегией Российской Федерации на период до 2035 года», утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 01.02.2022 №2115-р, планируется выполнить ряд мероприятий, направленных на развитие Северного морского пути с возможностью всесезонного трафика. Без развития ледокольного флота выполнение такой задачи не представляется возможным. Кроме того, на базе судовых технологий планируется создание принципиально новых плавучих и наземных АЭС малой мощности.

В связи с этим на данном этапе количественно оценить экономию «Проекта» в народном хозяйстве не представляется возможным, однако в реальном производстве на производственной площадке акционерного общества «Машиностроительный завод «ЗиО-Подольск» снижение цикла изготовления от внедрённых технических мероприятий составило 227 суток (снижение цикла изготовления одного реактора с 827 суток до 600 суток) при трёхсменном режиме работы оборудования.