

Резюме совместной НИР выполненной в инициативном порядке

Основание для выполнения работ:

- Соглашение о взаимодействии АО «Юмосс» и АО «Онежский судостроительно-судоремонтный завод».
- Предложения АО «Юмосс» по цифровизации технологической подготовки сварочного производства в АО «Онежский судостроительно-судоремонтный завод».
- Протокол рабочей встречи №2 от 16 сентября 2025 года о совместной работе по цифровизации технологической подготовки сварочного производства.
- Требования к техническим характеристикам научно-исследовательской работы «Разработка технологии имитационного моделирования сварки корпусных конструкций», шифр «Сварка».

Тема: «Разработка технологии имитационного моделирования сварки корпусных конструкций»

Назначение результата работ: увеличение производительности труда и повышение эффективности производства сварных корпусных конструкций

Критическая технология: технология имитационного моделирования (ТИМ) сварочных процессов

Период выполнения: 22.09.2025 – 27.02.2026

Финансирование работ: собственные средства

Квалифицированный заказчик: Акционерное общество «Онежский судостроительно-судоремонтный завод»

Исполнитель: Акционерное общество «Юмосс»

Ключевые слова: сварка под слоем флюса, судовая корпусная конструкция, термодинамический анализ, параметры режима сварки, термодеформационный анализ, сварочная деформация, имитационное моделирование, макет программного обеспечения, программно-методический комплекс.

1. Цели исследования, разработки

1.1. Повышение производительности труда за счет уменьшения сварочных деформаций и, как следствие, сокращения временных, материальных и финансовых затрат на их исправление.

1.2. Снижение квалификационных требований к инженерно-техническим работникам и производственному персоналу за счет внедрения рекомендательной системы и, как следствие, уменьшение остроты проблемы кадрового дефицита и снижение стоимости постройки судов при одновременном сохранении и повышении качества продукции.

1.3. Снижение издержек при технологической подготовке сварочного производства за счет замены натуральных экспериментов на вычислительные эксперименты над имитационной моделью (ИМ) процесса и, как следствие, сокращение сроков и стоимости процесса технологической подготовки производства при постоянно меняющемся ассортименте продукции.

1.4. Повышение оперативности и обоснованности выработки технологических решений, направленных на

- выбор технологических процессов/последовательностей при проектировании сварочной технологии;
- выбор эффективных мероприятий по уменьшению деформаций;
- оптимизацию режимов и условий сварки.

2. Содержание работ

2.1. Анализ применяемой на заводе технологии сварки тонколистовых и толстолистовых корпусных судовых конструкций (КСК):

- прямое наблюдение за подготовкой листов под сварку, закрепление и снятие технологической оснастки, прихватку, сварку, кантование и перемещение свариваемой конструкции, приварку продольных и поперечных наборов с одновременным проведением мероприятий по исправлению сварочных деформаций;
- фиксирование состояния листов перед сваркой, наличия конструктивных элементов, параметров режимов и условий сварки, очередности и направления сварных швов, характеристик оборудования и материалов;
- оценка сварочных деформаций КСК в плоскости листов на каждом технологическом переходе;
- проведение замеров времени выполнения отдельных технологических переходов и мероприятий по устранению сварочных деформаций с помощью П-образных рамок и домкратов;
- систематизация и обобщение результатов наблюдений и измерений с учетом данных, полученных на всех этапах НИР.

2.2. Подготовка ИМ дуговой сварки под флюсом плавящимся электродом, входящей в макет программно-методического комплекса (ПМК):

- формирование модельных данных: заведение геометрии сборки с учетом конструктивных элементов, закрепления сборки, свойств и характеристик материалов, параметров режима и т.д.;
- валидация ИМ, заключающаяся в подтверждении того, что она достаточно точно отражает реальные физические и технические процессы и соответствует требованиям решаемой задачи;
- проверка адекватности ИМ, заключающаяся в оценке соответствия её результатов реальным экспериментальным данным с заданной точностью;
- калибровка ИМ, заключающаяся в изменении параметров ИМ в соответствии с набором натуральных данных для минимизации разницы между натурными данными и результатами работы ИМ.

2.3. Исследование процесса сварки КСК методом вычислительного эксперимента над подготовленной ИМ для поиска возможностей изменения (улучшения) технологии сварки с целью минимизации сварочных деформаций.

2.4. Выработка рекомендаций по изменению технологии сварки на основе результатов проведенных вычислительных экспериментов.

2.5. Аprobация основных рекомендаций в реальном технологическом процессе:

- проведение натуральных экспериментов по сварке КСК с учетом выданных рекомендаций;
- оценка сварочных деформаций КСК в плоскости листов на каждом технологическом переходе;
- проведение замеров времени выполнения отдельных технологических переходов и мероприятий по устранению сварочных деформаций.

2.6. Сравнение результатов анализа применяемой на заводе технологии сварки тонколистовых и толстолистовых КСК с результатами апробации рекомендаций, выработанных по результатам имитационного моделирования.

3. Основные результаты работы

3.1. Анализ результатов апробации рекомендаций, выработанных по результатам имитационного моделирования и примененных в реальном производственном процессе, показал, что цели НИР полностью достигнуты.

3.2. Проведенная работа доказала, что применение ТИМ позволяет значительно увеличить производительность труда и повысить эффективность производства сварных судовых конструкций. Так, например, было установлено, что применение только основных рекомендаций на отдельных технологических переходах в процессе сварки габаритного полотнища (14050×3603 мм) с 24 протяженными швами (по 12 сварных швов с каждой стороны) позволило:

- сократить время сварки полотнища с 20 до 10 часов (в среднем на 50%);
- уменьшить величину сварочных деформаций в плоскости конструкции на 33% (в среднем на 20%);
- сократить длительность монтажа/демонтажа одного сварочного приспособления, используемого для вытягивания деформированного полотнища перед приваркой продольных и поперечных наборов, с 12-15 минут до 6-10 минут (в среднем на 17%);
- сократить количество устанавливаемых сварочных приспособлений для вытягивания деформированного полотнища перед приваркой продольных и поперечных наборов (в среднем на 20%).

4. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках исследования, разработки

4.1. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД) в рамках текущей НИР не создавались.

4.2. Планируется на основе использованного в данной работе макета программного обеспечения (ПО) реализовать основной функционал ИМ в виде программного комплекса WeRTSim-SAW на платформе системы инженерного анализа сварки и родственных технологий CAE WeRTSim¹ и получить свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

4.3. Возможна разработка в рамках отдельной ОКР отчуждаемого специального инструмента ТИМ («АРМ технолога по сварке») в виде программного комплекса на платформе CAE WeRTSim, учитывающего специфику судостроительной отрасли и предназначенного для решения широкого круга технологических задач в области сварки КСК.

5. Назначение и область применения результатов работы

5.1. Основным назначением разработанной ТИМ является увеличение производительности труда и повышение эффективности производства КСК.

5.2. Разработка ПО «АРМ технолога по сварке» позволит:

- оценивать ожидаемые сварочные деформации для типовых сварных подборок;
- обоснованно выбирать технологические процессы/последовательности с целью уменьшения сварочных деформаций и повышения производительности труда;
- вырабатывать комплексы эффективных мероприятий по борьбе со сварочными деформациями;
- оптимизировать режимы и условия сварки с целью уменьшения сварочных деформаций.

6. Эффекты от внедрения результатов работы

6.1. На данном этапе ожидаемый эффект от внедрения ТИМ может быть описан оценочно, так как данная работа выполнялась на макете ПО и на примере лишь нескольких типовых КСК, при этом суммарный эффект от внедрения ТИМ будет пропорционален количеству КСК, используемых при строительстве всего судна. Соответственно, в масштабах предприятия или судостроительной отрасли, общий эффект от внедрения ТИМ будет мультиплицирован на их пропускную способность.

6.2. Ожидаемый эффект от внедрения программного инструмента ТИМ «АРМ технолога по сварке», в случае его реализации в рамках ОКР, находится в области следующих показателей:

- сокращение сроков и стоимости строительства судов за счет:
 - уменьшения времени на технологическую подготовку сварочного производства при использовании ИМ;
 - экономии материальных и нематериальных ресурсов при выборе оптимального варианта технологии методом вычислительного эксперимента;

¹ Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025696138 от 16.12.2025, наименование программы для ЭВМ: «CAE WeRTSim», страна опубликования – Российская Федерация

- сокращения количества и длительности проводимых мероприятий по борьбе со сварочными деформациями при реализации оптимальных режимов и условий сварки;
- снижение квалификационных требований к инженерно-техническому и производственному персоналу при решении сложных технологических задач за счет применения экспертной системы на основе ИМ.

7. Формы и объемы коммерциализации результатов работы

7.1. Коммерциализация результатов в рамках текущей НИР не предусмотрена.

7.2. В рамках Концепция «Судостроение 4.0» осуществляется переход к цифровизации и интеллектуализации судостроительной отрасли, направленный на повышение эффективности, качества и сокращение затрат. При этом «цифровизация» – это основная тенденция развития мирового судостроения, которая подразумевает переход от традиционных методов к новым технологиям, что позволяет автоматизировать процессы, улучшить качество и сократить затраты на проектирование и производство судов. Таким образом, разработка ПО «АРМ технолога по сварке» с использованием ТИМ, полученной в результате данной НИР, будет отвечать потребностям рынка в области цифровизации производственных процессов судостроения.

Формами коммерциализации ПО могут являться:

- лицензионный договор – предоставление права использования объекта коммерциализации (ПО «АРМ технолога по сварке», разработанного на основе результатов данной НИР) на условиях простой (неисключительной) лицензии;
- оказание услуг – техническая поддержка пользователей САЕ WeRTSim и ПО «АРМ технолога по сварке», а также информационно-аналитические услуги по выполнению разовых расчетов с предоставлением результатов имитационного моделирования сварки конкретных КСК и рекомендаций по улучшению процесса сварки;
- выполнение работ – внедрение (развертывание, конфигурирование под специфику производственного процесса конкретного предприятия, обучение пользователей) и сопровождение (обновление) тиражных версий ПО «АРМ технолога по сварке», разработанного на основе результатов данной НИР.

Технический директор
АО ОССЗ
М.П.




В.И. Фатов

Директор департамента математического
моделирования сварочных процессов
АО «Юмосс»
М.П.


И.В. Дикшев