

**РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО  
НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ  
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ**



**THE RUSSIAN SOCIETY FOR  
NON-DESTRUCTIVE TESTING  
AND TECHNICAL DIAGNOSTICS**

Сайт: ronktd.ru  
Эл. почта: info@ronktd.ru  
Телефон: +7 (499) 245-56-56  
Адрес: ул. Усачева, д. 35, стр. 1, Москва, 119048, Россия

Website: ronktd.com  
E-mail: info@ronktd.ru  
Telephone: +7 (499) 245-56-56  
Address: ul. Usacheva, d. 35, str. 1, Moscow, 119048, Russia

**ПРОТОКОЛ и РЕШЕНИЕ  
Промышленного Форума РОНКТД «Территория NDT»  
по результатам презентации и обсуждения промышленной технологии:**

**«Особенности технологии обеспечения качества сварки трением с перемешиванием  
оболочек баков РН семейства «Ангара»**

**на Пленарном заседании Форума  
и в ходе работы круглого стола: «НК и ТД перспективных изделий и материалов на  
предприятиях ОПК и Роскосмоса»**

г. Москва, ЦВК «Экспоцентр»  
«4 - 5» марта 2019 г.

|                            |
|----------------------------|
| <b>ИНВ. №</b> 04/19-РОНКТД |
| к исх. № _____             |
| от « ____ » _____ 20 __ г. |

I. В работе Пленарного заседания Форума и круглого стола приняли участие:

**ФГУП «Центральный  
аэрогидродинамический институт  
имени профессора Н.Е. Жуковского»,  
г. Жуковский**

- Научный руководитель  
Академик РАН *Чернышев Сергей Леонидович*
- Начальник научно-исследовательской лаборатории перспективных методов испытаний и контроля состояния конструкций  
к.т.н. *Смотрова Светлана Александровна*
- Начальник сектора прочности  
*Качарава Ираклий Нугзарович*

**ИМАШ РАН,  
г. Москва**

- Главный научный сотрудник  
Член-корреспондент РАН *Махутов Николай Андреевич*

**РОНКТД,  
г. Москва**

- Президент, Директор НИЦ технологий контроля качества РКТ Университета ИТМО  
д.т.н., профессор *Прохорович Владимир Евгеньевич*
- Первый заместитель Руководителя Дирекции  
к.т.н. *Клейменов Геннадий Борисович*

**КБ «Салют» АО «ГКНПЦ  
им. М.В. Хруничева»,  
г. Москва**

- Заместитель начальника отдела  
*Травинкин Юрий Петрович*
- Начальник лаборатории  
*Яшин Иван Анатольевич*

**ПО «Полет» - филиал АО «ГКНПЦ  
им. М.В. Хруничева»,  
г. Омск**

- Заместитель главного сварщика  
*Оксенюк Алексей Сергеевич*

**АО «Композит»,  
г. Москва**

- Начальник отделения металлических материалов и металлургических технологий  
д.т.н. *Логачева Алла Игоревна*
- Главный конструктор  
*Александров Николай Геннадиевич*
- Начальник отдела  
к.т.н. *Логачев Иван Александрович*

**ФГУП НПО «Техномаш»,  
г. Москва**

- Начальник отделения  
*Кологов Андрей Владимирович*
- Начальник сектора  
*Хилков Константин Владимирович*

**ОАО НИАТ,  
г. Москва**

- Директор по науке – Ученый секретарь института  
д.т.н., профессор *Безруков Виталий Николаевич*

**ИНВ. №** 04/19-ИТМД

к исх. № \_\_\_\_\_

от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**АО «ЦНИИСМ»,**  
г. Хотьково

Начальник отдела  
д.т.н., профессор **Будадин Олег Николаевич**

**ФГАОУ ВО НИ ТПУ,**  
г. Томск

- Директор инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности  
к.т.н. **Седнев Дмитрий Андреевич**
- Заведующий лабораторией «Тепловой контроль»  
д.т.н., профессор **Вавилов Владимир Платонович**

**Университет ИТМО,**  
г. Санкт-Петербург

- Профессор факультета СУиР  
д.т.н. **Федоров Алексей Владимирович**
- Доцент факультета СУиР  
к.т.н. **Кинжагулов Игорь Юрьевич**

**АО «Трест Гидромонтаж»,**  
г. Москва

- Генеральный директор  
**Баитов Анатолий Валерьевич**
- Помощник Генерального директора  
**Зверева Ольга Михайловна**

**ООО «НТЦ «Эталон»,**  
г. Санкт-Петербург

- Заместитель директора по НИОКР  
к.т.н. **Быченко Владимир Анатольевич**
- Руководитель ЦТНК  
к.т.н. **Беркутов Игорь Владимирович**

**АО «НПО Энергомаш  
имени академика В.П. Глушко»,**  
г. Химки

- Заместитель главного инженера  
**Борисов Андрей Анатольевич**
- Начальник отдела перспективных методов НК  
к.т.н. **Калошин Валентин Александрович**
- Начальник сектора  
**Перфилов Алексей Михайлович**

**Учреждение науки ИКЦ СЭКТ,**  
г. Санкт-Петербург

- Старший научный сотрудник  
**Степанова Ксения Андреевна**
- Инженер-исследователь по НК и ТД  
**Ашихин Денис Сергеевич**

**НИЦ «Курчатовский институт» -  
ЦНИИ КМ «Прометей»,**  
г. Санкт-Петербург

- Старший научный сотрудник  
**Спирков Анатолий Борисович**
- Начальник лаборатории алюминиевых сплавов  
к.т.н. **Алифиренко Евгений Анатольевич**

|                                   |
|-----------------------------------|
| <b>ИНВ. №</b> <u>04/19-РОНКИД</u> |
| к исх. № _____                    |
| от « ____ » _____ 20 ____ г.      |

**II. В ходе презентации и обсуждения промышленной технологии обеспечения качества СТП оболочек баков РН «Ангара» выступили:**

1. Президент РОНКТД, Директор НИЦ технологий контроля качества РКТ Университета ИТМО д.т.н, профессор Прохорович Владимир Евгеньевич отметил, что в технологически развитых странах технологии сварки трением с перемешиванием (СТП) уже давно интенсивно развиваются и широко применяются, главным образом для коммерчески выгодных приложений (автомобилестроение, вагоностроение, судостроение и т.д.). Одними из лидеров производства оборудования СТП для таких приложений стали британская фирма TWI и шведская ESAB.

Начиная с конца 90-х годов в NASA, а затем и в ЕКА в высшей степени серьезное внимание уделяется внедрению технологий СТП в изготовление разнообразных конструкций ракетной техники, прежде всего – оболочечных из легких сплавов.

Что касается нашей страны, то в части внедрения технологий СТП в промышленность дела обстоят хуже. Однако, приятно отметить, что к настоящему времени в России уже сформировалось несколько инженерно-технологических школ по промышленному применению сварки трением с перемешиванием, например:

1. Школа специалистов из г. Чебоксары, основанная машиностроительным предприятием ЗАО ЧП «Сеспель» и работающая в части неразрушающего контроля (НК) совместно с известными учеными кафедры технологии сварки и диагностики МГТУ им. Н.Э. Баумана.

2. Школа технологов АО РКК «Энергия» (г. Королев), работающая в части НК СТП совместно с Институтом физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук.

3. Школа технологов АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» (г. Москва), работающая в части НК совместно с внедренческими структурами Университета ИТМО (г. Санкт-Петербург), а в части проблем «металлургии» сварки – с АО «Композит» (г. Королев), а позже и с ЦНИИ КМ «Прометей» (г. Санкт-Петербург).

Результатам работ этой 3-й инженерно-технологической школы СТП посвящена настоящая презентация и дальнейшее обсуждение.

Как известно, в проект создания ракетносителя (РН) семейства «Ангара» был заложен ряд передовых научно-технических решений, а также инновационных промышленных технологий. В частности, начиная с 2009 года была разработана и освоена технология СТП для изготовления ракетных топливных баков. Разработка и внедрение технологии СТП выполнялась силами технологов АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» в кооперации с организациями: FPT (Италия), АО «Композит», НПО «Техномаш», Университет ИТМО (НИЦ технологий контроля качества РКТ), Учреждение науки ИКЦ СЭКТ, а позже и с другими структурами. Основой этой разработки стал научно-технический заказ космического Центра



им. М.В. Хруничева» по изготовлению методом СТП оболочек лейнеров 40-литровых композитных баллонов на 400 атм., которые, начиная с 2008 года, используются в составе ракетного разгонного блока «Бриз».

В процессе разработки указанной технологии и в ходе изготовления оборудования, а также работ по её внедрению в производство топливных баков универсальных ракетных модулей РН «Ангара» (ПО «Полет», г. Омск) были комплексно решены сложные научно-технические проблемы, которые позволили обеспечить надежность и требуемое качество сварных соединений.

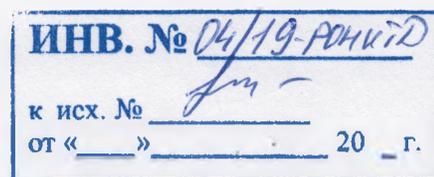
Докладчик отметил, что в процессе выполнения этой комплексной многолетней работы удалось решить следующие важные технологические задачи (см. Приложение 2):

- разработать технические требования к трем типам сварных соединений оболочечных пространственных конструкций, выполняемых методом СТП;
- разработать технологическое сборочное и сварочное оборудование, обеспечивающее требуемое качество изготовления сварных соединений деталей и сборочных единиц (ДСЕ) топливных баков;
- разработать сварочный инструмент, обеспечивающий требуемое качество сварки;
- отработать и определить оптимальные режимы (параметры) сварки;
- разработать прецизионную технологию одностороннего измерения толщины стенок свариваемых заготовок, а также измерения зазора между заготовками и подложкой сварочной оснастки электромагнитно-акустическим и магнитоиндукционным методами НК;
- разработать технологию НК качества сварных соединений, получаемых СТП.

2. Научный руководитель ФГУП «ЦАГИ», Академик РАН Чернышев Сергей Леонидович подчеркнул актуальность внедрения технологии СТП для авиационной промышленности с целью уменьшения веса воздушных судов и обеспечения конкурентоспособности её изделий. В своем выступлении он просил обратить особое внимание присутствующих специалистов на научные и инженерно-технологические аспекты представляемой технологии СТП и технологии контроля качества оболочек баков РН семейства «Ангара», изготовленных при помощи СТП.

Он подчеркнул, что, несмотря на увеличение доли полимерных композиционных материалов (ПКМ) в конструкции планера, большая доля силовых металлоконструкций и баков воздушных судов будет изготавливаться из перспективных сплавов. А для изготовления летательных аппаратов СТП – перспективный инструмент!

3. Заместитель директора по НИОКР НТЦ «Эталон» к.т.н. Быченков Владимир Анатольевич более подробно охарактеризовал разработанную комплексную технологию обеспечения ка-



чества сварных соединений, представляющей собой четыре взаимосвязанных составные части, интегрированные в технологический процесс СТП баков РН «Ангара», а именно представил:

- технологическое и сборочное оборудование (установки KR-001, KR-002, KR-003), которое соответствует требованиям обеспечения качества;
- контроль и управление параметрами режима сварки;
- контроль деталей сборочных единиц (ДСЕ) перед сваркой, включающий в себя контроль толщины стенок свариваемых заготовок и зазора между заготовками и подложкой;
- НК сплошности сварных швов, выполненных СТП.

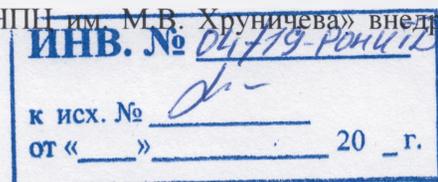
4. Заместитель начальника отдела КБ «Салют» АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» Травинкин Юрий Петрович представил некоторые концептуальные особенности проведенной работы и основные технические задачи и решения принятые при разработке технологии и установок для СТП. Представил разработанный сварочный инструмент, сборочное и сварочное оборудование, обеспечивающие требуемое качество изготовления сварных соединений топливных баков.

5. Главный научный сотрудник ИМАШ РАН, Член-корреспондент РАН Махутов Николай Андреевич акцентировал внимание слушателей на решении вопросов связанных с выбором материалов для изготовления инструмента для СТП и предложил в дальнейших работах уделить большее внимание вопросам влияния вибрации оснастки и сварочного инструмента на качество сварных соединений, получаемых СТП.

6. Доцент факультета СУиР Университета ИТМО, к.т.н. Кинжагулов Игорь Юрьевич акцентировал внимание на том, что ключевой технологией изготовления корпусных элементов космической техники при реализации Марсианской программы США является СТП, что позиционируется как важное с экономической и технической точек зрения достижение.

7. Начальник сектора прочности НТЦ ФГУП "ЦАГИ" Качарава Ираклий Нугзарович в дискуссии по вопросу важности равнопрочности шва и основного металла для бака РН подтвердил, что разница в коэффициенте запаса для баков ракетной и авиационной техники значительно влияет на характеристики прочности конструкции. Поэтому, снижение коэффициента запаса при проектировании и расчете баков позволит достичь экономии массы летательного аппарата, что является значимым для изделий ракетно-космической и авиационной техники!

8. Профессор факультета СУиР Университета ИТМО, д.т.н. Федоров Алексей Владимирович отметил, что в ПО «Полет» - филиале АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» внедряются



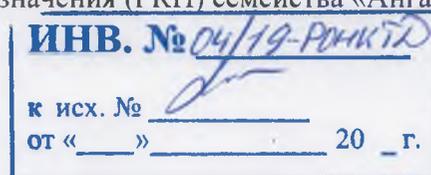
технологии, обеспечивающие законченный цикл производства РН семейства «Ангара», в том числе технология СТП и технология ротационной вытяжки. Однако, например, с учетом мнения Директора Института проблем глобализации, российского экономиста Михаила Геннадьевича Делягина, внедрение подобных технологий приводит к автоматизации производства сложных изделий и может вызвать закономерное сокращение числа рабочих мест. Он попросил представителей ПО «Полет» прокомментировать данную ситуацию.

9. Заместитель главного сварщика ПО «Полет» - филиала АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» Оксенюк Алексей Сергеевич ответил, что действительно на предприятии в дополнение к СТП планируется применять оборудование ротационной вытяжки. При этом, специалисты предприятия в настоящее время решают задачу обеспечения заданной равномерности толщины заготовок, получаемых ротационной вытяжкой. На вопрос о сокращении рабочих мест было сказано, что специалисты, задействованные в существующем цикле изготовления баков и обшивок днищ, также задействованы в других технологических циклах. Таким образом, внедрение новых технологий не только не сократит количество рабочих мест, но и обеспечит снижение себестоимости продукции и сокращение цикла изготовления, что теоретически позволит увеличить номенклатуру производимой продукции и даже создать дополнительные рабочие места.

10. Заместитель начальника отдела КБ «Салют» АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» Травинкин Юрий Петрович отметил, что для дальнейшего внедрения технологии СТП баков РН на сегодняшний день не в полной мере присутствует нормативная база, отраслевая документация по этому виду сварки. Необходимо в нормативной документации уточнить все требования, предъявляемые к сварным соединениям. Одновременно отсутствует нормативная база по подготовке специалистов технологов по данному виду сварки, а также нормативная база по подготовке специалистов по НК качества СТП.

**III. По результатам Презентации и обсуждения особенностей промышленной технологии СТП участники дискуссии констатировали следующее:**

А. Выполненная работа отличается системным подходом и глубиной проработки принципиальных научно-технологических вопросов, решение которых обеспечило достижение главной цели: создание и внедрение технологии СТП для выполнения всех сварных швов замкнутых оболочек топливных баков ракет космического назначения (РКН) семейства «Ангара», являющихся равнопрочными с основным металлом.



**Б.** Автоматизированное оборудование и технологию изготовления замкнутых оболочек топливных баков РКН семейства «Ангара» методом СТП можно признать уникальными благодаря тому, что российским и итальянским инженерам удалось добиться воплощения в трех автоматизированных установках – следующих двух групп важнейших требований к оборудованию СТП оболочек баков ракет:

1. Все сварные швы топливных баков должны выполняться методом СТП:

- а) продольные - для сварки обечаек бака;
- б) круговые – для соединения шпангоутов с заготовкой днищ, а также вварки всех фланцевых соединений в стенки днищ и обечаек;
- в) кольцевые – для соединения всех обечаек и двух днищ в общую конструкцию бака.

2. Все сварные швы должны выполняться за один установ, включая:

- а) высокоточное взаимное позиционирование установок и крупногабаритных заготовок деталей баков под сварку (с учётом «выноса» рабочего органа установки не менее чем на 3 М по отношению к заготовке и с обеспечением упругих деформаций сварочной головки от действующих нагрузок не более 0,2 мм при передаче строго осевого усилия на заготовку от 200 до 3000 кг - для материалов и толщин баков РН «Ангара»);
- б) замер толщины кромок и зазоров между кромками и подложкой методами НК с односторонним доступом и точностью не хуже - 0,01 мм;
- в) механическую обработку кромок соединяемых пространственных конструкций с точностью не хуже 0,05 мм (для обеспечения разнотолщинности кромок не хуже чем 0,1 мм и зазора между кромками не более, чем – 0,1 мм);
- г) собственно сварку методом СТП с обеспечением строгой стабильности всех параметров СТП, с том числе по требуемому усилию на шпинделе 5-ти координатной фрезерной установки (с возможностью плавного изменения в заданных пределах);
- д) НК качества сварных швов с возможностью выявления всех возможных видов дефектов СТП, в том числе и микродефектов типа kissing bonds (экспериментально установлено, что для случая применяемых материалов и толщин баков РКН «Ангара», - достаточно: с раскрытием не хуже, чем от 2 мкм и высотой от 100 мкм).

**В.** Перечисленные две группы требований являются ключевыми при разработке оборудования СТП высокоответственных узлов РКТ, и особенно – замкнутых оболочек ракетной и авиационной техники. Только при соблюдении этих требований (как показала практика) может быть реализовано основное достоинство применения метода СТП для изготовления баков ра-

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| <b>ИНВ. № 04/19-РомИД</b> |                  |
| к исх. № _____            | _____            |
| от « _____ »              | _____ 20 ____ г. |

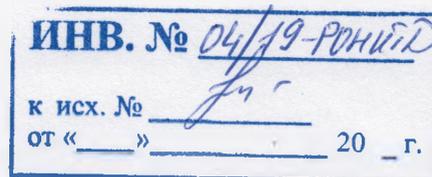
кетно-космической техники (в том числе и «не несущих») – равномерность (одинаковость) «работы» тела шва и основного металла оболочки. Что в принципе недостижимо при попытках упрощения технологии сварки баков методом СТП. Например, при комплексировании СТП с аргонодуговой или даже лазерной сваркой в местах исполнения сложных пространственных и замыкающих швов оболочки. А именно так, вынужденно поступали технологи зарубежных ракетостроительных предприятий, например, на предприятиях NASA.

**IV. По результатам обсуждения особенностей промышленной технологии обеспечения качества СТП оболочек баков РН «Ангара» ПРИНЯТЫ СЛЕДУЮЩИЕ РЕШЕНИЯ:**

1. Для удовлетворения потребности ракетно-космической и авиационной промышленности в современных технологиях СТП было бы целесообразным создать в России межотраслевой Центр компетенций СТП, в котором должны решаться задачи разработки и отработки специализированного оборудования СТП с учетом высоких требований к качеству изготовления сварных соединений ДСЕ ракетной и авиационной техники.

2. Цель создания и работы такого Центра (в интересах ракетно-космической и авиационной промышленности) должна состоять в обобщении и распространении опыта внедрения в производство комплексных технологий изготовления пространственных, крупногабаритных и геометрически сложных изделий с высокими требованиями по точности их изготовления. (см. Приложение 1).

3. Работу такого Центра целесообразно построить на базе научно-технического задела АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» с привлечением станкостроительных предприятий, имеющих опыт обеспечения требуемой точности механообработки крупногабаритных заготовок под сварку и пространственного позиционирования «головок» фрезерных установок по отношению к «геометрии» швов. При этом, встроенная система автоматизированного НК должна создаваться не только для контроля качества швов, но главным образом – для обеспечения адаптивного управления самой сваркой с целью достижения возможности выполнения методом СТП сложных и замыкающих сварных соединений пространственных, крупногабаритных и геометрически сложных изделий.



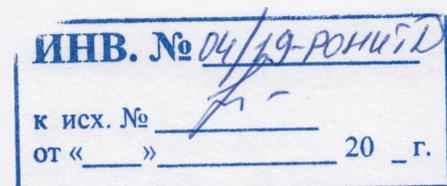
4. К работе межотраслевого Центра компетенций СТП в части разработки и отработки специализированного оборудования СТП изделий ракетной и авиационной техники целесообразно также привлечь научно-инженерную школу технологий СТП, образованную в 2010 году в Санкт-Петербурге на базе научно-внедренческих структур Университета ИТМО (НИЦ технологий контроля качества РКТ) и ЦНИИ КМ «Прометей», которая к настоящему времени, под руководством технологов АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» накопила наибольший в России научный и практический опыт в части технологий обеспечения качества нового вида сварки методом СТП.

5. Имеющийся в России практический опыт ЦНИИ КМ «Прометей» в части разработки технологий СТП протяженных сварных соединений допускающих существенные отклонения по толщине ( $\pm 0,3-0,6$  мм) и взаимному расположению кромок (зазор до 0,1 мм), разработки и изготовления (с привлечением ЗАО ЧП «Сеспель») соответствующего сварочного оборудования, отработки оборудования и технологии НК качества СТП (с привлечением Учреждения науки ИКЦ СЭКТ) длинномерных листовых конструкций (до 8 метров и толщиной от 2 до 6 мм) целесообразно использовать для тиражирования технологий массового (коммерчески - выгодного) изготовления панелей в судостроении и вагоностроении, что позволит существенно снизить трудоемкость и стоимость изготовления длинномерных сварных конструкций.

6. Полагаем, что развитие технологий СТП для типовых конструкций палубных надстроек, железнодорожных вагонов, автомобильных цистерн и др. должно стать в России самостоятельным направлением развития машиностроительных технологий СТП, так как такие промышленные технологии оказываются значительно проще в части требований к станочному оборудованию, но одновременно и более сложными с точки зрения требований обеспечения производительности сварки, а также условий простоты применения и обслуживания оборудования.

Приложения:

1. Проект «Цели и задачи межотраслевого Центра компетенций СТП» – в 1 экз. на 2 л.
2. Материалы презентации и обсуждения промышленной технологии «Особенности технологии обеспечения качества сварки трением с перемешиванием оболочек баков РН семейства «Ангара» - в 1 экз. на 20 л.



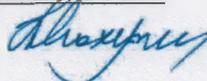
ПОДПИСНОЙ ЛИСТ

протокола по результатам презентации промышленной технологии

Тема: Особенности технологии контроля качества сварки трением с перемешиванием оболочек баков РН семейства «Ангара»

«4 - 5» марта 2019 г.

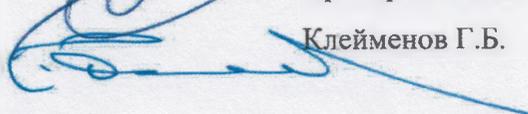
От ИМАШ РАН

 Махутов Н.А.

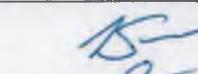
От ГИЦ «ЦАГИ»

 Чернышев С.Л.  
 Смотровая С.А.  
 Качарава И.Н.

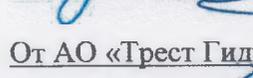
От РОНКТД

 Прохорович В.Е.  
 Клейменов Г.Б.

От АО «ГКНПЦ им. М.В.Хруничева»

 Травинкин Ю.П.  
 Яшин И.А.  
 Оксенюк А.С.

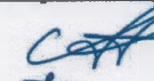
От АО «Композит»

 Логачева А.И.  
 Александров Н.Г.  
 Логачев И.А.

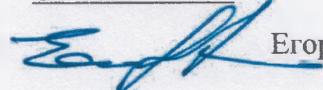
От ФГУП «Техномаш»

 Кологов А.В.  
 Хилков К.В.

От АО «Трест Гидромонтаж»

 Байтов А.В.  
 Зверева О.М.

От ОАО НИАТ

 Егоров В.Н.

От ФГАОУ ВО НИ ТПУ

 Седнев Д.А.  
 Вавилов В.П.

От АО «ЦНИИСМ»

 Будадин О.Н.

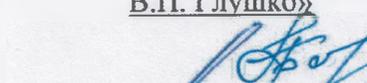
От Университета ИТМО

 Федоров А.В.  
 Кинжагулов И.Ю.

От ООО «НТЦ «Эталон»

 Быченко В.А.  
 Беркутов И.В.

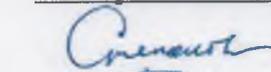
От АО «НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко»

 Борисов А.А.  
 Калошин В.А.  
 Перфилов А.М.

От НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей»

 Спирков А.Б.  
 Алифиренко Е.А.

От Учреждения науки ИКЦ СЭКТ

 Степанова К.А.  
 Ашихин Д.С.

ИНВ. № 04/19-РДМУП

к исх. № \_\_\_\_\_  
от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

## **Проект**

### **Цели и задачи межотраслевого Центра компетенций по разработке и внедрению технологий сварки трением с перемешиванием**

#### **Цель работы Центра:**

Широкое внедрение в практику технологий сварки трением с перемешиванием на предприятиях ракетно-космической и авиационной промышленности.

#### **Организационные задачи Центра:**

- 1) объединение компетенций разработчиков, производителей и потребителей новых технологий СТП, создание рыночных инструментов для их совместной работы;
- 2) создание независимой межведомственной экспертной площадки для обсуждения и выработки решений в области технологий СТП;
- 3) создание системы подготовки кадров в области технологий СТП;
- 4) «воспитание квалифицированного заказчика» – путем верной установки технологических барьеров для решения «точных» отраслевых задач и формирования единой с заказчиком информационной среды.

#### **Научно-исследовательские задачи Центра:**

- 1) проведение специализированных научно-исследовательских и объектно-ориентированных работ;
- 2) трансфер результатов фундаментальных и прикладных научных исследований в инженерные проектно-технологические приложения в интересах конкретных промышленных партнеров;
- 3) мониторинг активности в области технологий СТП, подготовка аналитических справок и обзоров.

### **Методические задачи Центра:**

- 1) актуализация нормативной документации;
- 2) создание условий и предоставление высококвалифицированной методической помощи новым разработчикам, производителям и потребителям технологий СТП, создание СТО, ГОСТ Р;
- 3) проведение конференций, семинаров, вебинаров по проблематике разработки и внедрения технологий СТП;
- 4) предоставление информации о российских технологиях СТП.

### **Конструкторские и проектно-технологические задачи Центра:**

- 1) подготовка документации технологических процессов, спецификаций на технологическую оснастку и оборудование;
- 2) разработка и внедрение средств измерений и НК качества сварных соединений, получаемых методом СТП;
- 3) разработка технологической документации на технологические процессы (технологические условия, производственные инструкции, карты, чертежи на технологическое оснащение и нестандартное оборудование и др.);
- 4) сопровождение работ по изготовлению оборудования и оснастки СТП сложных изделий, средств измерений и НК качества сварных соединений, получаемых методом СТП;
- 5) сопровождение работ по отработке технологий СТП и НК качества сварных соединений, получаемых методом СТП.



МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственный научный центр Российской Федерации  
Федеральное государственное унитарное предприятие  
**«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ  
АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
имени профессора Н.Е.Жуковского»  
ФГУП «ЦАГИ»**

140180 Московская обл., г. Жуковский, ул. Жуковского, д. 1  
тел.: (495)556-4205, факс: (495)777-6332  
E-mail: <http://www.isagi.ru>  
ОКПО 07542112, ОГРН 1025001624471  
ИНН / КПП 5013009056/501301001

08.04.2018 № 48-10-2626

На № \_\_\_\_\_



Уважаемый Владимир Евгеньевич!

Направляю Вам Экспертное заключение специалистов ФГУП «ЦАГИ» по проекту решения Промышленного Форума РОНКТД о создании межотраслевого Центра компетенции по технологии сварки трением с перемешиванием для удовлетворения потребностей ракетно-космической и авиационной промышленности и внедрения данной технологии в производство изделий ракетно-космической и авиационной техники.

Приложение: Экспертное заключение на 3л.

С уважением,

Научный руководитель ФГУП «ЦАГИ»,  
академик РАН

С.Л. Чернышев

006746

## ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по проекту решения Промышленного Форума РОНКТД о создании межотраслевого Центра компетенции по технологии сварки трением с перемешиванием (СТП) для удовлетворения потребностей ракетно-космической и авиационной промышленности и внедрения данной технологии в производство изделий ракетно-космической и авиационной техники, Москва, ЦВК «Экспоцентр», 4-5 марта 2019 г.

Результаты многолетних исследований технологий СТП для изготовления элементов конструкций из металлических материалов показали ее существенные преимущества по сравнению с другими традиционными видами сварки. Прежде всего, они заключаются в существенно более высоком качестве механических характеристик сварных швов, а также наличии возможности соединения деталей из материалов, включая разнородные, для которых проведение термического сваривания является затруднительным. Исследования подтверждены более чем десятилетним отечественным и зарубежным опытом применения СТП в производстве особо ответственных, включая крупногабаритные детали, изделий ракетно-космической техники. В частности, в РФ СТП применялось при изготовлении металлических лейнеров композитных баллонов высокого давления для разгонного блока «Бриз», топливных баков РН «Ангара» и ряда других изделий.

Однако практическое внедрение СТП сопряжено с преодолением чрезвычайно серьезной проблемы. Она состоит в высокой технической сложности производственного оборудования, необходимого для проведения СТП. Поэтому ее применение ориентируется, прежде всего, на элементы конструкций ракетно-космической и авиационной техники, для которых использование данных технологий может быть технически и экономически оправданным. Необходимо отметить, что изготавливаемое оборудование,

наряду с высокой сложностью, как правило, лишено универсальности и может использоваться только для определенных конструкций.

В этой связи решение и создании межотраслевого Центра компетенции по технологии СТП, с одной стороны аккумулирующего знания и эффективные конструкторско-технологические решения, с другой – организующего и квалифицированно выполняющего разработку необходимого оборудования и технологий для конкретных изделий машиностроения, представляется вполне рациональным.

В частности, Институт сварки (The Welding Institute in UK) фактически представляет собой Центр компетенции СТП в Великобритании и является одним из мировых лидеров в производстве оборудования для СТП, – о чем сообщил в своем выступлении Президент РОНКТД, Президент НИЦ технологий контроля качества РКТ Университета ИТМО, д.т.н., профессор В.Е. Прохорович.

В результате рассмотрения материалов доклада *«Особенности технологии обеспечения качества сварки трением с перемешиванием оболочек баков РН семейства “Ангара”»* на пленарном заседании Промышленного Форума РОНКТД «Территория NDT» и по итогам обсуждения презентации на круглом столе «НК и ТД перспективных изделий и материалов на предприятиях ОПК и Роскосмоса» промышленной технологии СТП можно заключить следующее:

1. Учитывая важность улучшения эксплуатационных характеристик, снижения трудоемкости и стоимости производства особо ответственных элементов конструкций ракетно-космической и авиационной техники, а также с учетом имеющегося опыта практического использования технологий СТП, считать решение о создании межотраслевого *Центра компетенции по разработке и внедрению технологий сварки трением с перемешиванием* своевременным и практически значимым.
2. При условии внедрения указанной технологии в производство изделий авиационной техники рекомендуется привлечь к разработке технологии

СТП специалистов в области авиационного материаловедения и технологий ФГУП «ВИАМ» и ОАО «НИАТ».

3. Целесообразно сформировать специальные расчетные условия (СпРУ) по прочности, ресурсу и надежности авиационных конструкций, изготовленных с применением СТП, разработка которых может быть выполнена научно-исследовательским комплексом прочности ЛА ФГУП «ЦАГИ».
4. С учетом характерной длительности эксплуатации воздушных судов (до 50 лет и более) необходимо проведение квалификационных испытаний элементарных и конструктивно-подобных образцов, элементов конструкций и агрегатов, изготовленных с применением СТП, т.е. определение прочностных и ресурсных характеристик, а также устойчивости к воздействию факторов окружающей среды. Предлагается эти работы провести в ФГУП «ЦАГИ».

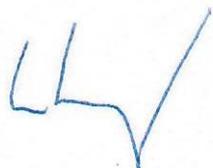
Научный руководитель ФГУП «ЦАГИ»,  
академик РАН

 С.Л. Чернышев

Заместитель  
Генерального директора ФГУП «ЦАГИ» –  
начальник комплекса прочности ЛА, к.т.н.

 М.Ч. Зиченков

Начальник НТЦ НПК, д.т.н.

 В.Д. Вермель

Начальник научно-исследовательской  
лаборатории №45 НИК прочности ЛА, к.т.н.

 С.А. Смотрова