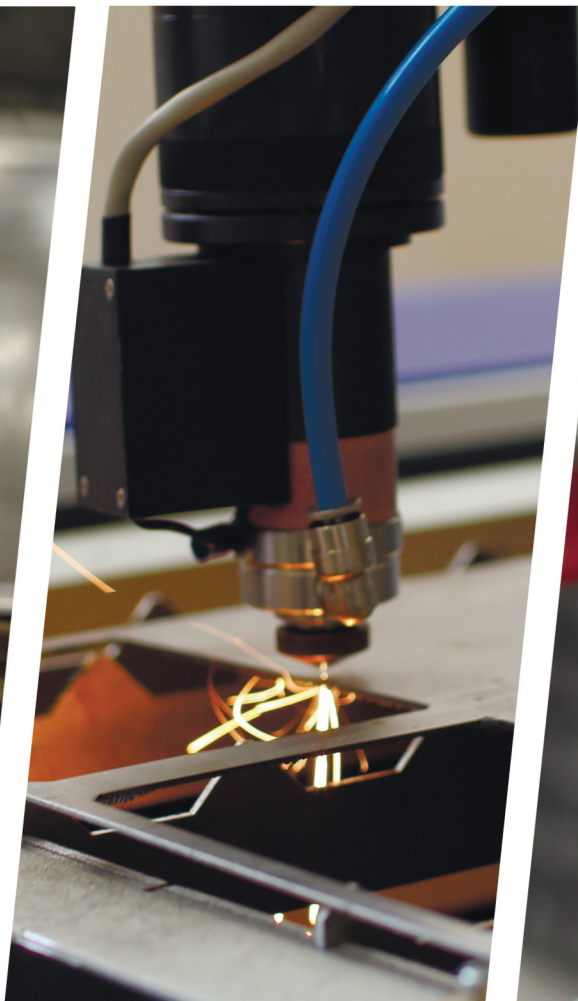
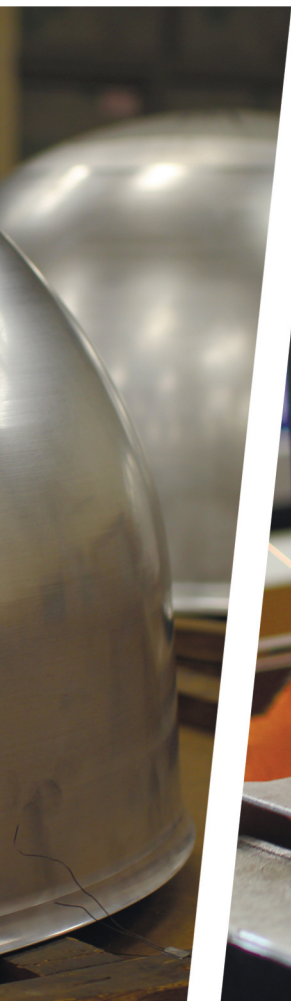


НПО ТЕХНОМАШ
1938 — 2018



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

ВЕСТНИК «НПО «ТЕХНОМАШ»

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ БЮЛЛЕТЕНЬ
ВЕСТНИК «НПО «ТЕХНОМАШ»

Учредитель: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «ТЕХНОМАШ»

И.о. генерального директора: Д. В. Панов
Первый заместитель генерального директора: И. С. Рубцов
Заместитель генерального директора по научной работе: А. В. Бараев

Редакционная коллегия:

Д.В. Панов
И.С. Рубцов
А.В. Бараев
Х.И. Бичурин
Е.Ю. Миненко
Д.А. Муртазин
В.А. Исаченко
Д.В. Ковков
Ю.М. Должанский
Т.В. Наумов

Экспертная комиссия №1:

А.Н. Михайлов
К.Г. Данилова

Выпускающий редактор

Г.А. Аношкина

Научный редактор

В.Г. Бещеков

Верстка

С.О. Брылёв

Отпечатано в ООО «КЛУБ ПЕЧАТИ»
127018, Москва, 3-й проезд Марьиной Рощи, д. 40, к. 1
Тел.: +7 (495) 669-50-09
www.club-print.ru

На сайте ФГУП «НПО «Техномаш» <http://www.tmnpo.ru> в открытом доступе представлены:
электронная версия, содержание, аннотации и необходимая информация об авторах

Адрес: 127018, г. Москва, 3-й проезд Марьиной Рощи, дом 40, ФГУП «НПО «Техномаш»
Телефон: +7 (495) 689-95-04, факс: +7 (495) 689-73-45
E-mail: info@tmnpo.ru, web-site: <http://www.tmnpo.ru>

Тираж: не более 999 экз.



◆ УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Вы держите в руках очередной выпуск научно-технического бюллетеня «Вестник «НПО «Техномаш». Он вышел в свет накануне 80-летия Предприятия.

2018 год пройдёт для нас под знаком этого юбилея, который является, на мой взгляд, ярким примером того, как Предприятие живёт, развивается и выходит на новый уровень вместе со всей страной, в одном ритме с её исторической поступью.

История ФГУП «НПО «Техномаш» – это зеркальное отражение развития отечественной промышленности, рождения и становления ракетно-космической отрасли, успехов России на пути освоения космического пространства.

Сегодня уровень технологического развития, стремительного, а порой даже бурного эволюционирования многих отраслей экономики ставят перед нами новые задачи и предлагают новые вызовы. Наши учёные, технологи и конструкторы в непростых условиях современного экономического и политического положения России достойно поддерживают мощный профессиональный задел, положенный многими поколениями «техномашевцев» в основу заслуженного авторитета Предприятия.

Отрадно видеть положительную динамику количества публикаций научных работ наших специалистов в российской и зарубежной прессе. Растёт индекс цитирования этих работ в монографиях, статьях и других работах наших коллег.

Выпуск «Вестник «НПО «Техномаш» предлагает вашему вниманию новые статьи наших авторов, посвящённые широкому спектру научно-практических исследований, которые сейчас осуществляются в стенах Предприятия. Надеюсь, что они найдут своего читателя, станут помощью и поддержкой в работе специалистов, занятых решением задач, которых всегда немало у людей, посвятивших себя такому сложному и благородному занятию, как покорение космоса.



И.о. генерального директора ФГУП «НПО «Техномаш»

Д.В. Панов



НПО ТЕХНОМАШ
1938 — 2018



СОДЕРЖАНИЕ

◆ ПЕРСПЕКТИВЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТРАСЛИ

Кузин А.И.

Методика оценки промышленно-производственного потенциала и степени готовности предприятий к реализации производственной программы4

Ваннорихин Ф.Г. (ФГАОУ «РУДН»), Губашева Т.О. (ФГУП «НПО «Техномаш»)

Об оценке конкурентоспособности предприятий ракетно-космической отрасли6

Кондратенко А.Н., Галкин Н.А., Гаврин Д.С., Шайдуллина А.А., Демидко А.В., Свиридова Е.С.

Автоматизированная обработка результатов мониторинга научно-экспериментальной и стендовой базы по ракетно-космической отрасли9

Кондратенко А.Н., Олексенко И.А.

Особенности планирования технологических НИОКР и капитальных вложений РКП в рамках государственных и федеральных целевых программ12

Семёнов В.В., Юрцев Е.С., Рахмилевич Е.Г., Дементьев Д.А., Новиков П.П., Чернодед И.И.

Основные направления деятельности центра технологического развития РКП ФГУП «НПО «Техномаш»18

Кузин А.И., Кондратенко А.Н., Кондратенко М.А.

Перспективы развития экспериментальной и испытательной баз производства изделий РКТ21

Подкопаев Ю.К.

ММАГС на службе прогресса в сварке25

◆ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Вайцехович С.М., Панов Д.В., Кривенко Г.Г.

Конкурентоспособность спирально-профильных труб в области создания теплообменной техники30

Овечкин Л.М., Кривенко Г.Г.

Особенности технологической реализации процесса равноканального углового прессования для получения ультрамелкозернистых структур36

Кулик В.И., Степанов В.В., Хмылов Г.И., Колесников В.Н.

Технология аргонно-дуговой сварки-пайки магниевых сплавов38

Овечкин Л.М., Кривенко Г.Г., Вайцехович С.М., Емельянов В.В., Прусаков М.А., Харсеев В.Е.

Повышение эффективности процесса гибки трубопроводов методом проталкивания40

Бецеков В.Г., Кулик В.И., Кондауров А.Е., Маркин К.Н., Лесных Г.В.,

Захаров И.А., Потапов В.П., Бочаров Ю.А., Синякова Т.И., Пильщик М.А.

Новые технологии изготовления листовых заготовок с использованием эффекта сферодинамики43

◆ ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Рахмилевич Е.Г., Кольцова Ю.В., Новиков П.П., Фонушев В.Г.

Снижение трудоёмкости механической обработки деталей на предприятиях ракетно-космической промышленности за счёт повышения эффективности применения инструмента из режущей керамики49

◆ ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ И МЕТРОЛОГИЯ

Андрианов Л.С., Рябчиков П.В.

Отраслевая система сертификации изготовителей ракетно-космической техники53

Морозов В.С., Казаков Ю.И., Кожевников Е.М., Казаков А.В. (АО «НИИ «Гермес»),

Бараев А.В., Должанский Ю.М., Кологов А.В. (ФГУП «НПО «Техномаш»).

Передовые технологии и оборудование обеспечения промышленной чистоты в производстве ДСЕ изделий РКТ54



◆ ПЕРСПЕКТИВЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТРАСЛИ

УДК 658.51

Кузин А.И.

Методика оценки промышленно-производственного потенциала и степени готовности предприятий к реализации производственной программы

К числу наиболее важных задач, решаемых при формировании новых и корректировке действующих государственных (федеральных) целевых программ, следует отнести оценку производственного потенциала и возможностей предприятий промышленного блока по реализации предусмотренных этими программами производственных заданий. Настоящая методика предназначена для формализации и упорядочения подхода к проведению оценки потенциальных возможностей и степени готовности промышленных предприятий к выполнению такого рода заданий в интересах безусловного выполнения государственного (государственного оборонного) заказа, определяемого государственными (федеральными) программами.

Под производственным потенциалом в контексте данной статьи понимаются имеющиеся потенциальные возможности производства, наличие факторов производства, обеспеченность предприятия определяющими видами ресурсов, позволяющими с заданной вероятностью обеспечить выпуск требуемого объема продукции.

Задача оценки промышленно-производственного потенциала (ППП) и степени готовности предприятий к реализации производственной программы может быть представлена в следующей постановке:

Дано:

- 1) производственная программа (t), $t=1 \dots n$;
- 2) выделяемое ресурсное обеспечение $C=C(t)$, $t=1 \dots n$;
- 3) совокупность ограничений $\varphi = \varphi(k)$, $k=1 \dots f$.

Требуется:

1) определить величину комплексного показателя, $K_{\Sigma} = f(A, B, C, T, I)$, где A, B, C, T, I – структурные элементы промышленно-производственного потенциала предприятия (соответственно: кадровые, финансовые, производственные, технологические, информационные);

2) определить перечень мероприятий, позволяющих выполнить соотношение $K_{\Sigma} = K_{\Sigma}^{opt}$.

Структурно методика состоит из обобщенного алгоритма проведения экспертной процедуры, формализованной критериальной базы, алгоритма комплексного количественного оценивания выбранных показателей эффективности с учётом их относительной значимости. Принципиальная схема алгоритма реализации процедуры оценки ППП предприятия представлена на рис. 1.

Принципиальное значение для проведения оценки ППП предприятия имеет *выбор и количественная оценка частных показателей*, характеризующих состояние структурных элементов (A, B, C, T, I). В обобщенном виде частные показатели состояния структурных элементов могут быть отображены соотношением:

$$g = \frac{g_{\text{факт}}}{g_{\text{треб}}},$$

где в числителе приводится фактическое (соответствующее реальному состоянию) значение показателя, а в знаменателе величина показателя, необходимая для полного удовлетворения требований по состоянию данного структурного элемента.

Применительно к отмеченным выше структурным элементам ППП (A, B, C, T, I) могут использоваться следующие фактические и требуемые значения частных показателей: требуемое и фактическое количество специалистов необходимой квалификации (a), необходимые и выделяемые ресурсы для выполнения заданной производственной программы (b), суммарная стоимость существующих и требуемых активных основных фондов предприятия (c), перечень необходимых и недостающих технологий для реализации производственной программы (t), перечень располагаемых и необходимых вычислительных средств и соответствующего программного обеспечения (i).

В целях определения обобщенного показателя эффективности в настоящей методике предлагается использование широко применяемого в квалиметрии метода «линейной свертки» показателей эффективности с учётом степени их значимости («весомости»). Применительно к конкретной задаче обобщенный показатель эффективности имеет вид:

$$K_{\Sigma} = \sum_{i=1}^6 \lambda_i g_i;$$

где λ_i – коэффициент значимости (весомости) i -го показателя эффективности.

Значение величины λ_i зависит от количества выбранных показателей эффективности и порядка их ранжирования в виде, так называемого, «ряда предпочтений», под которым понимается последовательность:

$$g_1 \succ g_2 \succ \dots \succ g_4 \succ g_5;$$

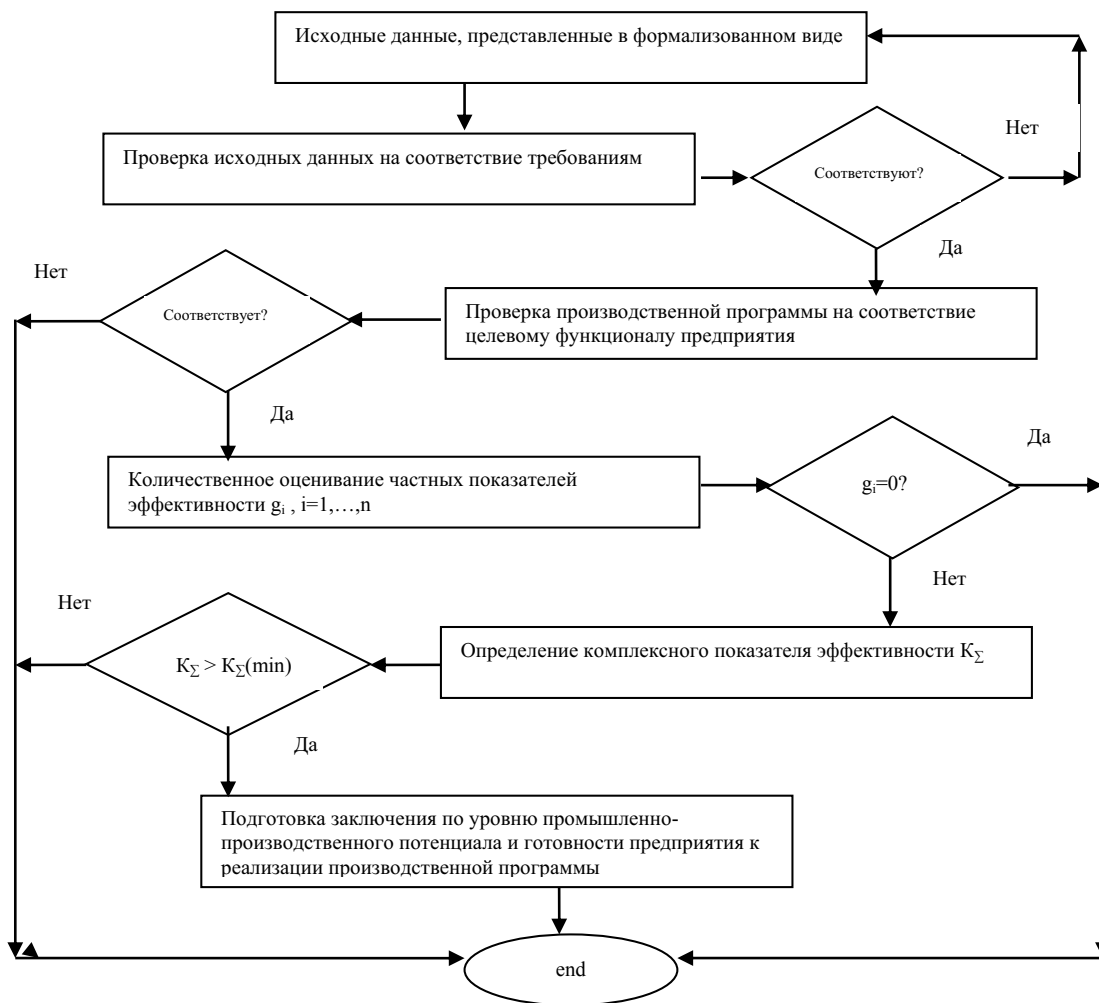


Рис. 1. Обобщённый алгоритм экспертной процедуры

где знак \succ означает логический символ «не хуже по степени значимости».

Для расчёта величин λ_i применим следующий методический подход, основанный на обобщении большого количества экспертных оценок при проведении экспертиз в инженерных областях [1].

В соответствии с этим подходом на первом этапе определяется величина *ненормированного коэффициента ве-*

сомости i -го показателя эффективности (s_i) в соответствии со следующей формулой:

$$s_i = \frac{i}{2^{i-1}}.$$

Применительно к решаемой задаче (при $i = 5$) значения s_i представлены в табл. 1, а общий вид зависимости $s_i = f(i)$ – на рис. 2.

Таблица 1.

i	1	2	3	4	5
s_i	1	1	0,75	0,5	0,25

Для проведения практических расчётов при числе выбранных показателей, равном 5 ($i = 5$), определяется *нормированный показатель значимости* λ_i по следующей формуле:

$$\lambda_i = \frac{s_i}{\sum_{i=1}^5 s_i},$$

при этом выполняется условие $\sum_{i=1}^5 \lambda_i = 1.$

Значения λ_i для $i=1 - 5$ представлены в табл. 2.

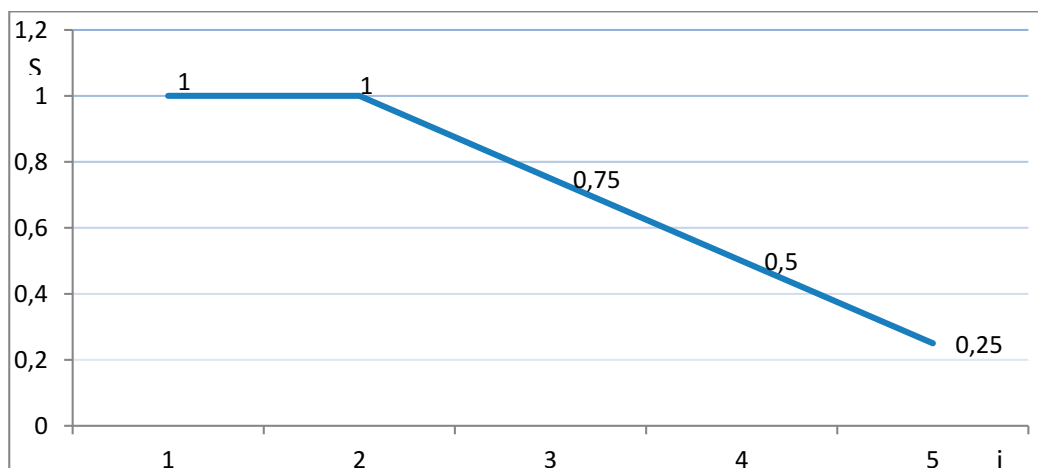
Рис. 2. $S_i = f(i)$

Таблица 2.

i	1	2	3	4	5
	0,29	0,29	0,21	0,14	0,07

Следует отметить, что все вышеприведенные рассуждения справедливы только для приведённого «ряда предпочтений» (последовательности выбранных показателей эффективности). Если количество показателей эффективности и их расположение в последовательности «ряда предпочтений» будет иной, величины должны быть рассчитаны заново. В общем случае выбор вида «ряда предпочтений» может быть осуществлен процедурой прямого экспертного опроса.

Использование описанного выше методического подхода позволяет, помимо решения прямой задачи оценки ППП предприятия, решать обратную задачу – выявление «узких» мест, сдерживающих факторов, не позволяющих обеспечить эффективное выполнение заданной программы.

Область применения настоящей методики:

- а) количественная квалиметрическая оценка состояния ППП предприятия применительно к конкретной производственной программе;
- б) ранжирование имеющихся предложений по приоритетности потенциальных исполнителей заданной производственной программы с комплексным учётом располагаемых возможностей и последующим отбором наиболее приоритетных;
- в) формально обоснованное исключение из рассмотрения неэффективных предложений.

Список литературы

Гмошинский В.Г. Инженерное прогнозирование. М.: Энергоиздат, 1982.

УДК 658.009:6297

Ванюрихин Ф.Г. (ФГАОУ «РУДН»), Губашева Т.О. (ФГУП «НПО «Техномаш»)

Об оценке конкурентоспособности предприятий ракетно-космической отрасли

Одним из определяющих факторов технического прогресса является развитие науки и ведущих наукоёмких отраслей промышленности, к которым относится ракетостроение, одним из основных показателей которого можно считать конкурентоспособность отрасли и ведущих её предприятий на мировом рынке.

В статье обсуждаются подходы к оценке конкурентоспособности предприятий ракетно-космической отрасли, осуществляющих разработку и производство (опытное и серийное) элементов и составных частей ракетно-космических комплексов (РКК) на примере ПАО «Сатурн».



Макроконкурентоспособность предприятия определяется уровнем его преимуществ по отношению к другим участникам рынка внутри страны и за её пределами, включая такие параметры, как сравнительный уровень используемых технологий, квалификации персонала, качества производимой продукции, эффективности стратегии сбыта и т.п. [3].

Более полная оценка конкурентоспособности предприятия возможна при рассмотрении совокупности факторов конкурентоспособности на различных этапах его жизненного цикла, при этом большое значение здесь могут иметь внешние, не зависящие непосредственно от предприятия и его деятельности факторы, а также факторы, определяющие условия функционирования фирмы.

Очевидно, что конкурентоспособность предприятия не определяется каким-либо одним параметром, а формируется как результат взаимодействия множества факторов, совокупность и синхронизация которых может стать определяющими в каждой конкретной ситуации. К таким факторам можно отнести:

- качество продукции и услуг предприятия;
- наличие на предприятии действенной стратегии маркетинга и сбыта;
- уровень квалификации персонала производства и менеджмента;
- общий технологический уровень производства;
- налоговая среда, в которой функционирует предприятие;
- достаточность текущих объемов и доступность дополнительных источников финансирования;
- политика вышестоящих государственных структур;
- другие факторы.

К основным задачам оценки конкурентоспособности предприятий можно отнести:

- изучение факторов, определяющих уровень конкурентоспособности продукции предприятия;
- оценка и прогнозирование конкурентоспособности продукции;
- выявление резервов производства в обеспечение качества и конкурентоспособности производимой продукции;
- объективная оценка положения компании в среде партнеров и конкурентов.

В сложившихся на сегодня условиях напряженности бюджета и связанной с этим практики периодического секвестирования объемов финансирования работ и мероприятий, направленных на решение текущих

задач развития отечественных наукоемких отраслей промышленности (в том числе ракетно-космической отрасли – РКО), одной из первоочередных задач предприятий ракетно-космической промышленности (РКП) становится задача сохранения существующей позиции предприятия на рынке и укрепления этих позиций, в частности, за счёт увеличения его конкурентоспособности [7].

Немалую долю в РКО занимают предприятия РКП, ориентированные на разработку и производство (опытное и серийное) элементов и составных частей ракетно-космических комплексов (РКК). К сектору таких организаций относится Публичное акционерное общество «Сатурн» (ПАО «Сатурн»), г. Краснодар [6].

ПАО «Сатурн» функционирует на российском рынке производства космических аппаратов и основным видом его деятельности является проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и выпуск изделий, в том числе, по государственным оборонным заказам и федеральным программам.

Предприятие участвует в реализации таких приоритетных космических проектов, как «Ресурс-ДК», «Гонец-Д», «Молния», «Экран», «Электро-Л», «Фобос-Грунт», «Спектр», «ГЛОНАСС», «Луна-Глоб», «Луна-Ресурс», «Интергелиозонд», «Экзомарс», «Резонанс» и др. [10]. Солнечные батареи производства ПАО «Сатурн» эксплуатируются не только практически на всех типах космических аппаратов околоземных орбит, но и на космических аппаратах исследования дальнего космоса. Предприятие имеет достаточно высокий общий технологический уровень производства и обеспечивает выпуск качественных изделий.

Основными направлениями его деятельности (видами продукции) являются:

- разработка и производство солнечных элементов и батарей космического применения;
- разработка и производство никель-водородных и литий-ионных аккумуляторных батарей для космических аппаратов различного назначения;
- разработка и производство контрольно-испытательного оборудования.

Исследование общей конкурентной позиции ПАО «Сатурн» и конкурентоспособности отдельных видов его продукции проводилось с использованием наглядных и достаточно простых в расчетах матричных методов оценивания конкурентоспособности (матрица BCG, матрица GE/Mc Kinsey, матрица Портера; матрица Shell/DPM и др.[5]), предложенных в работе [2].



Исходными данными для исследования послужили:

- анализ финансового состояния предприятия на основе его бухгалтерской отчетности 2012–2015 гг. с использованием методов SWOT-анализа [4];
- анализ динамики развития линейки товарной продукции предприятия (в том числе в разрезе категорий);
- построение и анализ «дерева целей» [1], обеспечивающего структурирование и ранжирование системы целей предприятия, определяющего набор задач, необходимых к реализации для достижения поставленных целей.

По итогам бизнес-диагностики ПАО «Сатурн» установлено:

- на контрольный момент предприятие имело сбалансированную экономическую структуру и устойчивое финансовое состояние, стабильный рост выручки, чистой прибыли, оптимальной для отрасли доли собственного капитала;
- чистые активы предприятия значительно превышали уставный капитал, а обеспеченность собственными средствами на уровне 0,52 характеризует его финансово-экономическую стабильность.

Существенными негативными показателями, на которые обращалось внимание при проведении оценки, явились:

- сравнительно невысокий для отрасли показатель рентабельности активов;
- сравнительно низкий коэффициент покрытия инвестиций (62%);
- наметившийся тренд на падение прибыли до уплаты процентов и налогов (ЕВИТ) на рубль выручки организации.

Анализ динамики развития линейки товарной продукции в соответствии с вышеупомянутой матрицей BCG (БКГ – базовая платформа определения конкурентного положения подразделений предприятия) показал, что за весь анализируемый период наибольшую долю в общем объеме портфеля ПАО «Сатурн» неизменно составлял продукт «Солнечные элементы и батареи космического применения» и согласно бухгалтерской отчетности уровень дохода предприятия от данного направления в пределах рассматриваемых сроков составлял не менее 64% выручки предприятия.

Продвижение продукта «разработка и производство контрольно-испытательного оборудования и контрольно-проверочной аппаратуры» развертывалось на предприятии с целью отказаться от необходимости привлечения соисполнителей, готовых взять на себя соответствующие работы за довольно существенную плату, и выполнения этих

работ своими силами на своих мощностях.

Благодаря проведенному анализу получено системное представление о факторах конкурентного окружения предприятия и влияния на него стейкхолдеров рынка.

На основе полученных результатов произведена оценка возможных направлений развития деятельности предприятия: осуществлён анализ управляемых факторов, которые могут ускорить или затормозить его развитие в значимой области, определены задачи, позволяющие максимально использовать сильные стороны и нивелировать слабые, спрогнозированы и оценены возможные направления перспективного развития, ранжированы цели и задачи под ключевые направления, определяющие концепцию развития и основные направления деловой активности, предложены рекомендации по повышению конкурентоспособности анализируемого предприятия.

Для ПАО «Сатурн» ключевыми направлениями деятельности явились:

- подготовка систем функционирования предприятия для сотрудничества с иностранными партнёрами в целях привлечения дополнительных инвестиций и расширения доли рынка;
- сохранение существующей позиции предприятия на российском рынке в сегменте продукции, занимающий наибольшую долю в портфеле предприятия;
- повышение эффективности операционной деятельности предприятия для дальнейшей переориентации производства на общепромышленное назначение.

Ориентация политики предприятия на достижение данных целей и реализацию сформулированных в работе [2] под них задач, позволит в среднесрочной перспективе обеспечить планомерное и устойчивое развитие ПАО «Сатурн» (а также однородных предприятий) в условиях расширяющейся географии и динамичного роста мирового рынка космических услуг, и как итог – увеличить долю ПАО «Сатурн» на российском рынке производства космических аппаратов в сегменте разработки и производства солнечных батарей космического применения. Своевременное и достаточное применение разработанных рекомендаций будет способствовать минимизации имеющихся и возможных будущих рисков, связанных, в том числе, с сокращением финансирования.

В зависимости от принятых руководством предприятия рекомендаций и выбранного направления развития, может быть сформулирована бизнес-стратегия развития предприятия [9].



Применение описанных подходов при сравнительной экономической оценке предприятий (и при дальнейшем исследовании интересующего сегмента или типа продукции, или реализации поставленных целей) позволяет повысить эффективность управления развитием предприятиями РКП, проводить селективный отбор предприятий в периоды кризисов в целях включения их в программы государственной поддержки, оценивать возможности предоставления кредитов предприятиям.

Список литературы

1. Виноградова З., Щербакова В. Стратегический менеджмент. // Учеб. пос. для выс. шк. Фонд Мир, 2004. 304 с.
2. Губашева. Т.О. Оценка и анализ конкурентоспособности наукоёмкого предприятия ракетно-космической отрасли на примере ПАО САТУРН, выпускная квалификационная работа магистра (рукопись), ФГАОУ ВО РУДН, Институт космических технологий. Москва, 2017. 81 с.
3. Кураков, Л.П. Большой толковый словарь экономических и юридических терминов / Л.П. Кураков, В.Л. Кураков. М.:Вуз и школа, 2001. 720 с.

4. Майсак О.С. Swot-анализ: объект, факторы, стратегии. Проблема поиска связей между факторами // Прикаспийский журнал: Управление и высокие технологии. № 1 (21). 2013.
5. Поляничкин Ю.А. Методы оценки конкурентоспособности предприятий// Бизнес в законе. 2012. №3. С. 191–194.
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 23.03.2016 №230. Об утверждении Федеральной космической программы России на 2016–2025 годы.
7. Трифонов П.В., Бородулин Д.С., Губашева Т.О. Актуализация системы целей ПАО Сатурн в новой парадигме развития // Экономика и управление: проблемы, решения. Научная библиотека. 2017. №3. С.94–103
8. Филип Котлер, Роланд Бергер, Нильс Бикхофф. Стратегический менеджмент по Котлеру. Лучшие приёмы и методы. М.: Альпина Паблишер, 2012. С.41.
9. Юдина З.А., Пацук О.В. Реструктуризация ракетно-космических предприятий// Производственный менеджмент: теория, методология, практика.2015. №2.С.185–190.
- 10.http://www.saturn.kuban.ru/solar_battery.html (сайт ПАО Сатурн. Солнечные батареи. URL).

УДК 004.624

Кондратенко А.Н., Галкин Н.А., Гаврин Д.С., Шайдуллина А.А., Демидко А.В., Свиридова Е.С.

Автоматизированная обработка результатов мониторинга научно-экспериментальной и стендовой базы по ракетно-космической отрасли

Сформулирован общий и минимально необходимый подход к сбору данных, комплексной обработке результатов мониторинга, методы автоматизации и оптимизации процессов.

Ключевые слова: сбор данных, агрегация данных, анализ данных, обработка данных, автоматизация обработки данных.

Любое предприятие, к какой бы отрасли оно ни относилось и чем бы ни занималось, рано или поздно сталкивается с необходимостью получения и обработки больших объёмов данных [6]. Зачастую вопрос сбора информации разрешается путём создания и массовой рассылки опросных форм различного формата в организации или по собственным подразделениям [7].

Самым распространённым видом опросной формы является Excel-файл. Этот формат хорошо знаком и известен, без труда может быть открыт и отредактирован, он прост и понятен любому человеку, которому придётся заполнять полученную форму.

Однако какой бы простой ни казалась опросная форма, сколько бы там ни было данных, есть ряд существенных причин, по которым стоит разработать некую общую концепцию создания формы и ряд правил, которым будет следовать человек, ответственный за её заполнение.

Главная и самая веская причина этого в том, что не-

смотря на то, что все заполненные формы будут одинаковыми и легко читаемыми, поручать обработку полученных данных специалисту – значит расточительно относиться к человеческому труду и человеческим возможностям. Данное заполнение формы, тот процесс, который можно поручить компьютеру и это единственно правильное решение, обеспечивающее рациональное использование человеческого ресурса. Тем не менее, это не означает, что необходимо усложнять форму. Она должна быть по-прежнему ясной и лаконичной для человеческого понимания.

Свод правил заполнения опросной формы также значительно облегчит автоматическую обработку заполненных форм и поможет избежать непростительных огрехов при извлечении данных из XLS-файлов. Но и это не означает, что следует слепо доверять структурной целостности заполненных файлов и принимать во внимание саму возможность человеческой ошибки.



Рис. 1. Типовой набор данных, поступающий на обработку

Говоря о ряде правил, согласно которым будет заполняться составленная форма, нельзя не обратить внимание на их содержание. Например, очевидно, что поля, которые предназначены для числовых представлений, должны иметь соответствующий формат в Excel [1]. С одной стороны, это поможет снизить риск человеческой ошибки при заполнении поля, с другой стороны – привести все данные в единообразную форму, пригодную как для просмотра, так и для хранения уже после обработки заполненной формы.

И всё же существуют общие правила, которые значительно облегчают обработку информации. Они не касаются наполнения и относятся преимущественно к тому, что не должен делать человек, заполняющий ту или иную форму. После рассылки и получения заполненных форм однородность данных в них соответствует приведённой на рис. 1. Процент данных, ошибки в которых необходимо исправить прежде чем обработать, можно существенно сократить, введя строгие правила заполнения форм.

Главным правилом является абсолютная недопустимость какого-либо структурного изменения формы: изменения заголовков полей, столбцов, листов. Даже если такое изменение может показаться существенным пустяком, которое с первого взгляда значительно ничего не меняет, оно может создать препятствия автоматизированной системе обработки форм такого формата. Другими словами, недопустимым является любое изменение формата опросной формы. В том числе, порядка самих листов, не говоря об их наименовании.

В идеальных условиях все ячейки, не предназначенные для заполнения, должны быть защищены от различного рода модификаций.

Кроме того, разработчиками форм должны быть продуманы все возможные варианты заполнения формы, способные повлиять на изменение её структуры. При заполнении формы, строго воспрещается менять количество

строк, столбцов, объединять или разбивать ячейки, добавлять или убирать отступы, менять внешний вид и оформление формы.

В случае если форма предполагает добавление новых строк и заполнение их согласно некоторому формату, необходимо составить рекомендации по их заполнению, вплоть до формата шрифта в ячейках.

Правила должны быть понятными для любого человека, которому может быть поручено заполнение формы, детально описанными и, желательно, с наглядными примерами.

Перед тем, как перейти к вопросу о том, каким образом может быть обработано большое количество форм, необходимо уделить внимание вопросу проверки корректности заполнения.

Такая проверка зависит от инструмента, с помощью которого планируется обработка полученных запросных форм. Это не обязательно, но такой подход лишним раз поможет удостовериться в корректности полученных данных, избежать ошибок при извлечении данных с помощью другого инструмента.

Даже если строгие правила заполнения форм разработаны и отправлены вместе с самими формами, это не гарантирует того, что они будут строго соблюдены. Изменения и ошибки могут быть настолько незаметными, что могут быть допущены непреднамеренно. Идеальным является вариант сопровождения формы каким-либо инструментом, позволяющим заполняющему проверить форму на предмет ошибок перед отправкой.

В первую очередь, стоит проверить структурную целостность заполненной формы, наличие и правильное расположение различного рода заголовков, неизменность в названиях листов. Необходимо обратить внимание на логическое соответствие между данными и их форматом [8].

Простейший способ проверки вышеперечисленных аспектов – это наглядный вывод из XLS-файла содержимого мест, где предполагается наличие заголовков и названий. Стоит это делать не отдельно для каждой полученной формы, а в целом, для набора одинаковых форм, что позволит сэкономить время.

В случае более комплексного подхода нет необходимости лично просматривать вывод из каждого XLS-файла. Есть смысл программно описать то, как должна выглядеть форма, соответствие заголовков и названий конкретным местам в файле. Другими словами, протестировать заполненные формы на соответствие тем правилам, которые предположительно обязан был соблюдать человек, заполняющий её.

Весь процесс проверки корректности заполнения данных можно разделить на простейшие этапы, представленные на рис. 2.



Вопрос выбора инструмента для обработки и тестирования форм достаточно индивидуален, зависит от программных возможностей, скорости разработки необходимых программ с помощью этого инструмента, квалификации программиста. [5]

Учитывая, что предполагаемым объектом обработки является XLS-файл, можно предположить следующие варианты:

- VBA-макросы;
- внешнее программное средство, использующее COM-интерфейс Microsoft Excel (VB scripts, PowerShell [2]);
- обработка документов MS Excel с использованием сторонних библиотек.

Сравнение данных вариантов можно увидеть в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики вариантов обработки XLS-файлов

Характеристика	1	2	3
Скорость разработки	высокая	средняя	высокая
Гибкость	низкая	средняя	высокая
Переносимость	отсутствует	низкая	высокая
Сопровождаемость	высокая	средняя	низкая

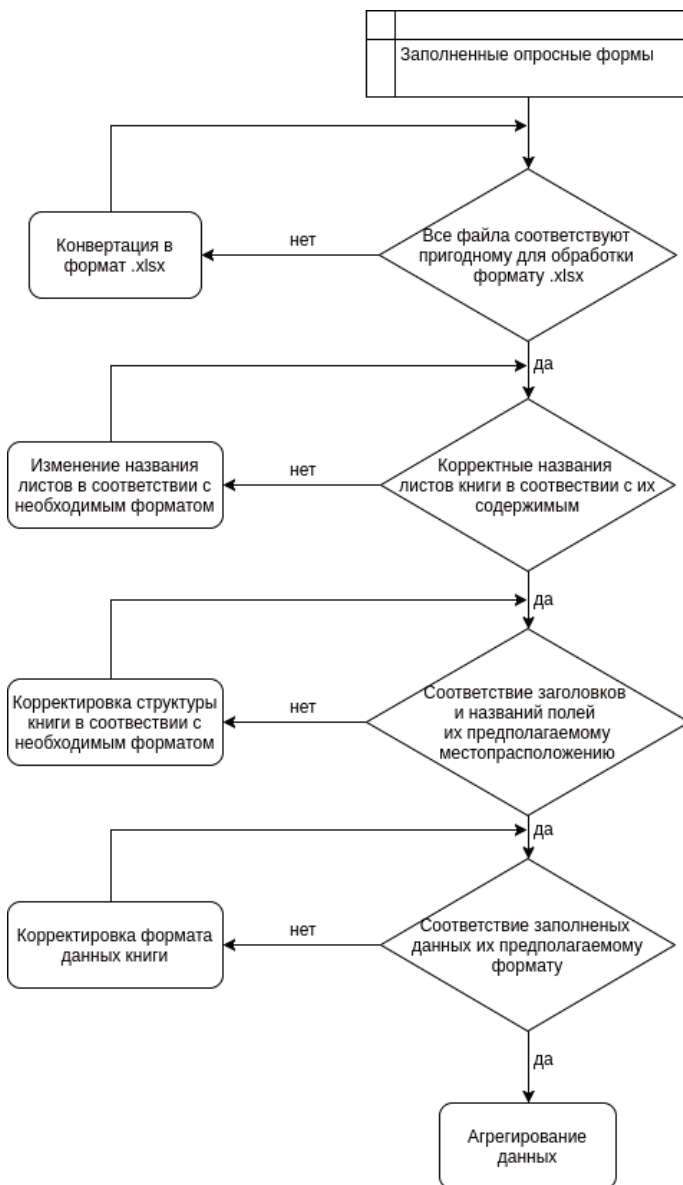


Рис. 2. Этапы обработки опросных форм

Низкая сопровождаемость программы, использующей обработку документов посредством сторонних библиотек, – довольно размытая оценка критерия. На самом деле это целиком и полностью зависит от квалификации и специализации разработчика, а также качества составляемой им документации и комментариев к коду.

В качестве примера разработки автоматизированной системы для обработки опросных форм с использованием сторонних библиотек, можно привести реализацию на языке Python. Данный язык позволяет существенно ускорить как разработку, так и тестирование заполненных опросных форм на соответствие необходимому формату. Кроме того, благодаря его обширным библиотекам, Python позволяет агрегировать данные почти в любой формат [4].

Для работы с форматом .xlsx удобнее всего использовать модуль Openpyxl, имеющий обширные методы как для извлечения, так и для записи данных [3]. Ниже рассмотрим ряд полезных методов, которые универсальны и подойдут для извлечения данных любого формата.

```

book = openpyxl.load_workbook('/path/to/file')
# позволит загрузить для работы книгу
sheet = book.worksheets[0]
# выбор листа книги по номеру, нумерация начинается с 0
sheet = book.get_sheet_by_name('list_name')
# обращение к листу книги по названию листа
cells = sheet['B10': 'C10']
# получение данных из ячеек с B10 по C10.
  
```

Далее любой разработчик, достаточно знающий язык Python, может извлечь необходимые для него данные.



Наряду с извлечением данных, можно производить агрегацию в любой необходимый формат: сбор данных в единую таблицу или заполнение извлечёнными данными базы данных. Наиболее удобным для последующей автоматической обработки является использование базы данных. Выбор базы данных целиком и полностью возлагается на разработчиков, так как Python имеет обширное количество модулей для работы с любой существующей базой данных [3].

В качестве предмета для обработки могут служить не только данные ракетно-космической отрасли, но и данные любой другой тематики. В статье описан общий универсальный концепт, который может быть применён к любому структурированному набору данных, в случае необходимости массового сбора данных из различных источников с использованием форм для заполнения. Он поможет избежать ошибок как со стороны их составителей, так и со стороны, занимающейся заполнением этих форм, автоматизировать весь процесс сбора и обработки данных.

Список литературы

1. Стивен Буллен, Роб Боуви, Джон Грин. Профессиональная разработка приложений Excel. // ООО И.Д.Вильямс, 2007. 736 с.
2. Эд Уилсон. Руководство по сценариям Windows PowerShell. // М.: ЭКОМ Паблишерз, 2009. 704 с.
3. Дэвид Бизли. Python. Подробный справочник. // СПб.: Символ-Плюс, 2010. 864 с.
4. Уэс Маккинни. Python и анализ данных. // ДМК Пресс, 2015. 482 с.
5. Галкин Н.А., Шайтура С.В. Аналитическая система автоматизированного расчёта трудоёмкости изготовления ракет-носителей. // Транспортное дело России, 2016. №1. С. 84–86.
6. Shaitura S.V., Stepanova M.G., Shaitura A.S., Ordov K.V., Galkin N.A. Application of information-analytical systems in management. // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2016. Т.90. №2. Р.10–22.
7. Уринцов А.И., Павлековская И.В., Печенкин А.Е. Управление знаниями в экономических системах. // М., 2009.
8. Уринцов А.И. Многоуровневые экономические информационные системы. // М.: ММИЭИФП, 2003.

УДК 629.7:658

Кондратенко А.Н., Олексенко И.А.

Особенности планирования технологических НИОКР и капитальных вложений РКП в рамках государственных и федеральных целевых программ

Ракетно-космическая отрасль играет ведущую роль в обеспечении военно-экономической безопасности, оказывая существенное влияние на уровень военного, экономического и научного потенциалов Российской Федерации.

На ракетно-космическую промышленность (РКП) возложены задачи по обеспечению решения социально-экономических и научных задач, связанных с космической деятельностью России, а также по обеспечению национальной безопасности Российской Федерации в рамках реализации стратегического приоритета «Национальная оборона» в части производства боевой ракетной и ракетно-космической техники (БРТ и РКТ) военного назначения.

Создание и модернизация научно-технического и производственного потенциалов РКП [1, 2, 3] в обеспечение выполнения целевых задач космической деятельности и обеспечения обороноспособности России осуществляется в рамках государственной программы Российской Федерации «Космическая деятельность России на 2013–2020

гг.» (ГП КДР–2020), федеральной космической программы России на 2016–2025 гг. (ФКПР–2025), федеральной целевой программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы» (ФЦП Глонасс–2020), государственной программы Российской Федерации «Развитие оборонно-промышленного комплекса» (ГП ОПК) и федеральной целевой программы «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2011–2020 гг.» (ФЦП–2020). Для обеспечения эффективной производственно-технологической модернизации и подготовки серийного производства изделий РКТ, предусматривающими [4] разработку и внедрение результатов промышленных критических технологий для технологической модернизации РКП, базовых технологий для формирования опережающего научно-технологического задела (НТЗ) в целях создания конкурентоспособной РКТ военного, двойного, социально-экономического и научного назначения, а также реконструкцию и техническое перевооружение производственных мощностей организа-

ций РКП, в том числе наземно-экспериментальной базы, принципиальными являются вопросы изучения особенностей программно-целевого планирования этих мероприятий в современных условиях.

Разработку, планирование и реализацию мероприятий государственных и федеральных программ развития ОПК в части РКП необходимо связывать с федеральными космическими программами – ФКПР–2025, ФЦП Глонасс–2020, что обусловлено особенностями РКТ военного, двойного, социально-экономического и научного назначения:

- общность задач разработки, создания и эксплуатации РКТ;
- идентичность технологии разработки, изготовления и использования ракетно-космических средств различного назначения;
- использование единых конструкторско-технологических решений при разработке и создании ракетно-космических средств;
- развитая внутриотраслевая унификация;
- тенденции к увеличению доли средств двойного назначения;
- единая производственно-технологическая и экспериментально-испытательная база.

Так, например, в период 2011–2017 гг. более 90% разработанных и разрабатываемых промышленных базовых и критических технологий по ФЦП–2020, ГП ОПК, ФКП направлены на применение при разработке и создании ракетно-космических средств как военного, так и гражданского применения.

При планировании в государственных и федеральных целевых программах мероприятий производственно-технологической направленности в обеспечение разработки и подготовки производства РКТ гражданского, военного и двойного назначения принципиальным является реализация механизма бюджетных инвестиций, что обусловлено рядом специфических особенностей РКП, отличающих её от других отраслей ОПК.

При планировании капитальных вложений, направленных на реконструкцию и техническое перевооружение предприятий РКП, механизм субсидий представляется неприемлемым. Единая производственно-технологическая, экспериментально-испытательная база и современная нормативная база обуславливают практическую невозможность заранее учитывать какую долю затрат на капитальные вложения для подготовки производства и экспериментальной базы необходимо заложить в цену космических систем (КС), космических комплексов (КК) военного на-

значения и ракетной техники или КС и КК социально-экономического и научного назначения – практически всё делается на одном и том же оборудовании, а сборка осуществляется в различных производственных помещениях. Кроме того, как быть, когда одной РН доставляются в космос одновременно военные, гражданские и коммерческие спутники? В настоящее время нет нормативной базы, которая отдельно учитывает долю затрат на капитальные вложения в цене различных военных изделий и изделий социально-экономического и научного назначения.

Для военной техники механизм кредитования капитальных вложений и технологических ОКР непривлекателен и неэффективен. Длительный срок разработки (более 5 лет) и производства (1–2 года) ракетной техники и средств выведения, длительные сроки разработки и создания КА – от 2 до 5 лет, а также специфика продаж (единственным покупателем космических средств и ракетной техники является государство), обуславливают длительные сроки окупаемости вложенных средств на капитальное строительство и разработку, и внедрение технологических НИОКР, а также за счёт процентных ставок на кредиты приводят к фактическому удорожанию военных изделий и РКТ более чем на 15–30%.

Только за счёт привлечения собственных средств предприятий (амортизации и прибыли) в РКП невозможно обеспечить подготовку разработки и производства РКТ. Достаточный амортизационный фонд на предприятиях не накоплен. Среднегодовая учётная стоимость основных фондов отрасли в 2016 году выросла на 50 217,0 млн рублей, и составила более 159 940,1 млн рублей. В основном, такой рост обеспечен освоением капитальных вложений из федерального бюджета, предусмотренных государственными и федеральными целевыми программами. Начиная с 2010 г., мероприятия, направленные на обновление основных фондов, позволили повысить долю оборудования возрастом до 10 лет с 7,9% до 24,0%. Удельный вес стоимости нового и обновлённого оборудования на начало 2017 г. составил 25%, в целом по ОПК – более 35%. В 2017 г. доля оборудования возрастом до 10 лет увеличилась и составила около 28,5% от общего количества. При этом техническое состояние основных фондов предприятий РКП нельзя назвать удовлетворительным. Доля современного оборудования в общем количестве производственного оборудования остаётся низкой – средний возраст – около 20 лет, физический износ – более 60%.

Как показывает анализ мирового космического рынка, основные доходы по космической деятельности (более 50%) сосредоточены по направлению услуг космической



связи, картографии. В России основным получателем прибыли по космическим услугам в области связи, картографии является Минкомсвязи России, по направлению дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) – Минприроды России. РКП прямо не получает эту прибыль. Скрытым механизмом возврата такой прибыли в промышленность являются бюджетные инвестиции, формируемые на основе государственных налогов, в том числе на услуги космической связи, картографии, метеорологии и др.

В настоящее время отсутствуют эффективные механизмы, стимулирующие или обязывающие предприятия смежных отраслей ОПК и гражданских отраслей, которые участвуют в производстве материалов и комплектующих изделий для РКТ, развивать за счёт собственных средств своё производство. Соответствующая методология и нормативная база в настоящее время не разработана. Это принципиально для РКП. Например, по направлению бюджетных капитальных вложений для подготовки производства изделий одного из предприятий отрасли номенклатурно реализуется более 70% инвестиционных проектов для предприятий Минпромторга России, Госкорпорации «Росатом» и других, которые составляют 30–40% от общего объёма бюджетных инвестиций на это направление работ. Несмотря на высокий уровень самостоятельности отрасли в изготовлении систем, агрегатов и бортовой аппаратуры существует определённая зависимость предприятий от поставщиков других ведомств и стран. В производстве ракетной техники и РКТ различного назначения задействована большая кооперация предприятий-соисполнителей работ из смежных отраслей промышленности. Примерно 15% от объёмов работ при создании РКТ выполняют организации смежных отраслей промышленности. Это производители специальных систем (оптика, аппаратура радиодиапазона и т.д.), поставщики элементной базы радиоэлектронной аппаратуры, резинотехнических материалов, чёрных и цветных металлов и сплавов, редкоземельных элементов, покрытий, спецжидкостей, герметиков и клеев. Около 10–15% комплектующих для РКТ выпускается российскими предприятиями других отраслей ОПК и зарубежными фирмами. Общее число предприятий, задействованных в кооперации по выпуску РКТ, превышает 600.

В сложившихся условиях санкций иностранных государств на поставки в Россию дефицитных материалов, современного технологического оборудования и т.д., резко возросла необходимость разработки технологий, направленных на импортозамещение. Нередко для организации производства изделий (материалов), потребность в кото-

рых отрасли измеряется в килограммах, а стоимость в миллионах рублей, приходится выполнять НИОКР стоимостью в десятки миллионов рублей, что невыгодно для предприятий без бюджетного финансирования НИОКР. При этом номенклатура таких работ постоянно увеличивается.

Практически непреодолимыми без государственной поддержки являются проблемы восстановления низкорентабельных малотоннажных производств специальных материалов. В последние годы значительная доля предприятий отрасли ОПК, в том числе и РКП изменила форму собственности, что увеличило независимость предприятий в принятии решений о перепрофилировании производств или закрытии низкорентабельных производств. При этом федеральные государственные унитарные предприятия и федеральные казённые предприятия, на территории которых остаются участки малотоннажного производства, становятся всё более неэффективными. Это в итоге приводит к необходимости в дополнение к импортозамещающим технологиям разрабатывать технологии утраченных или недавно закрытых производств. По той же причине возникают трудности с реализацией инвестиционных проектов по внедрению новых малотоннажных производств.

Часто при расчёте стоимости выполнения НИОКР закладывается норма прибыли 10–15%, при этом необходимо привлечение более 40% внебюджетных средств. Если результаты выполнения ОКР (разработанную технологию) планируется внедрять на другом предприятии, то заинтересованность в данной работе падает, что приводит к снижению конкурентности при проведении конкурсных процедур и в конечном итоге к снижению качества, повышению стоимости выполнения работ.

Указанные специфические особенности ракетно-космической отрасли показывают неоднозначность подхода к реформе в целом по ОПК инвестиционной деятельности в части перехода на финансирование капитальных вложений и технологических НИОКР с большой долей собственных средств предприятий, субсидий, применения механизмов льготного кредитования. Результаты могут быть противоположными ожидаемым.

Так, в случае отказа от бюджетного финансирования инвестиционных проектов и с учётом указанных выше специфических особенностей ракетно-космической отрасли неизбежно резкое удорожание не только стоимости РКТ военного и двойного назначения, но и изделий РКТ социально-экономического и научного назначения (по предварительным оценкам – от 30 до 70%). Это приведёт

не только к росту финансирования существующих и планируемых программ в обеспечение разработки и производства РКТ, но и к исключению коммерческой привлекательности отечественного рынка услуг в сфере космической деятельности. Ввиду ограничения собственных ресурсов предприятий финансирование инвестиционных проектов будет осуществляться за счёт кредитных средств, что приведёт к увеличению стоимости. Для компенсации отрицательных экономических эффектов необходимо принятие ряда мер, позволяющих обеспечить выполнение задач технического перевооружения путём переноса инвестиционных затрат в стоимость конечной продукции:

- ускоренная амортизация основных производственных фондов;
- компенсация стоимости заёмных средств по кредитам на техническое перевооружение и модернизацию;
- изменение нормативов рентабельности по собственным и сторонним работам.

Необходимо отметить, что без «открытых» или «скрытых» форм государственной поддержки не обходится ни одна из зарубежных отраслей РКП. Формы «поддержки» включают субсидирование части расходов на пуски РКТ, прямое и полное финансирование зарубежными государствами наземной космической инфраструктуры, закупку КА и РН по ценам существенно выше рыночных, или, например, как в Китае или Индии, сосредоточение всех НИОКР производства и эксплуатации РКТ исключительно внутри государственного сектора экономики.

Специфические особенности РКП и космической деятельности России обуславливают необходимость сохранения в современных условиях бюджетной основы инвестиционной деятельности, направленной на реконструкцию и техническое перевооружение, реализацию и внедрение технологических НИОКР для основных видов РКТ, в том числе и в рамках новых государственных программ в сфере ОПК и космической деятельности.

Сложности планирования реконструкции и технического перевооружения предприятий РКП в обеспечение разработки и подготовки производства БРТ и РКТ, разработки и внедрения промышленных технологий создания БРТ и РКТ обуславливают необходимость осуществления на постоянной основе планирования, информационно-аналитического, нормативно-правового, организационно-методического, научно-технического сопровождения этих мероприятий.

Отдельно рассмотрим сложности планирования реконструкции и технического перевооружения предприятий РКП в обеспечение разработки и подготовки производства БРТ и РКТ, разработки и внедрения промышленных тех-

нологий создания БРТ и РКТ, разрабатываемых в рамках ГП ОПК по ФЦП–2020, а также технологических НИОКР по ГП КДР–2020, ФКПР–2025, ФЦП Глонасс–2020.

По ряду приоритетных образцов БРТ и РКТ только в течение программного периода разрабатываются и утверждаются эскизные проекты, где определяются директивная технология и кооперация разработчиков и исполнителей работ по разработке и производству этих приоритетных образцов. Указанные обстоятельства приводят к необходимости планирования групповых позиций по капитальным вложениям, направленным на подготовку производства приоритетных образцов БРТ и РКТ, а также необходимости проведения экспертной оценки потребных объёмов бюджетного финансирования и прогнозирования состава предприятий, на которых будут осуществляться капитальные вложения. Так, например, в утверждённой ФКПР–2025 предусмотрено пять групповых позиций с указанием в графе «наименование предприятия» – организации РКП. Одна из групповых позиций «Реконструкция и техническое перевооружение производств федерального унитарного государственного предприятия «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева» г. Москва направлена на реконструкцию и техническое перевооружение предприятий в обеспечение производства РН семейства «Ангара» и составных частей РН сверхтяжёлого класса, проектный облик которого до настоящего времени полностью не определён.

Для капитальных вложений, в том числе для обеспечения внедрения технологий, требующих привлечения капитальных вложений, сложности планирования и их реализации связаны с необходимостью планирования строек и объектов на период, превышающий 3 года при отсутствии разработанной проектно-сметной документации. Это часто приводит к необходимости корректировки программных мероприятий по капитальным вложениям в программном периоде.

Сложность ряда разрабатываемых космических и ракетных производственных технологий не всегда позволяет точно прогнозировать параметры их разработки и внедрения. По ФЦП–2020 по ОКР «Разработка технологии изготовления особо тонких осесимметричных деталей (конусы, цилиндры, оболочки двойной кривизны) методом комбинированной наружной и внутренней раскатки на универсальном раскатном стане вертикального исполнения» в первой половине программного периода изменены типоразмеры универсального раскатного стана в соответствии с тактико-техническими характеристиками на изде-



лия, разрабатываемые АО «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева», г. Миасс Челябинской области. Для данных изделий в середине программного периода по ОКР «Разработка технологии электронно-лучевой сварки в локальном вакууме заготовок шпангоутов толщиной до 140,0 мм и врезных фланцев в конические и сферические днища корпусных изделий РКТ из перспективных алюминиевых сплавов» и по ОКР «Разработка технологии и изготовление опытного образца установки электронно-лучевой сварки в общем вакууме сборочных единиц корпусных изделий РКТ из перспективных алюминиевых сплавов с улучшенными массогабаритными характеристиками» изменены требования к электронно-лучевой сварке в локальном и общем вакууме и др.

Длительный срок от момента возникновения необходимости в разработке той или иной технологии до получения первой продукции приводит к тому, что появляются новые материалы, технологии в смежных отраслях (металлообработка, приборостроение) и делают разрабатываемую технологию неэффективной ещё до реализации. В программном периоде возникают проблемные вопросы по технологической модернизации отрасли – изначально номенклатуру планировавшихся технологических НИОКР приходится корректировать и дополнять новыми работами. Из 299 технологий, изначально планировавшихся к реализации по ФЦП–2020, утратили свою актуальность 17,4% (52), в том числе 22 критических и 30 базовых. За период 2011–2016 гг. с учётом безусловного обеспечения производственно-технологической подготовки производства к созданию БРТ и РКТ по решению Госкорпорации «Роскосмос» и одобрению Военно-промышленной комиссии Российской Федерации в число дополнительно разрабатываемых технологий включены 19 новых: 3 критических и 16 базовых, в том числе более 14 технологий в обеспечение импортозамещения. Фактически уточнённый состав технологий по ФЦП–2020 включает 256 технологий. В числе новых включённых более 12 технологий для обеспечения производства новых композиционных материалов, комплектующих изделий и электронно-компонентной базы (ЭКБ). Аналогичная картина в части уточнения и включения новых технологий в состав технологий, изначально планировавшихся к реализации на начало программного периода, наблюдается и в ФЦП «Развитие оборонно-промышленного комплекса на 2007–2010 годы и на период до 2015 года» (ФЦП–2015) в части РКП – около 15% дополнительно включённых новых технологий в период 2007–2010 гг.

При формировании государственных и федеральных целевых программ по развитию ОПК, мероприятий по

реализации технологических и материаловедческих НИОКР по государственным и федеральным космическим программам, осуществляемым на основе результатов технологического обследования и мониторинга состояния производственно-технологической базы, хода выполнения программ технического и технологического перевооружения предприятий РКП, оценки существующего научно-технического, технологического и материаловедческого заделов и уровня производственно-технологической готовности предприятий РКП к созданию и серийному производству новых (перспективных) образцов изделий РКТ, оценки реализуемости программ и планов создания и производства изделий РКТ, а также на основании анализа предложений предприятий РКП, главных конструкторов по видам БРТ и РКТ, головных научно-исследовательских организаций РКП и головных организаций по разработке изделий БРТ и РКТ, постоянно приходится сталкиваться с неоднозначным пониманием сути и содержания промышленных технологий РКП, промышленных базовых и критических технологий РКП. В результате при формировании технологических разделов различных государственных и федеральных целевых программ, где рассматриваются технологии создания БРТ и РКТ, приходится не принимать во внимание большое количество предложений заявителей на разработку и внедрение технологий (около 20–25% от общего количества подаваемых предложений) из-за несоответствия этих технологий целевой направленности указанным разделам программ. Следует отметить, что практически ни в одном нормативно-правовом документе РКП в явном виде понятие промышленной технологии не определено. В ФЦП–2015 и ФЦП–2020 дано определение промышленных базовых и критических технологий ОПК.

Актуальным и целесообразным представляется конкретизация определения промышленных базовых и промышленных критических технологий РКП. Из контекста государственных и федеральных космических программ, «Положения о порядке создания, производства и эксплуатации (применения) ракетных и космических комплексов», приказа Госкорпорации «Роскосмос» «Об организации работ по технологическому и материаловедческому сопровождению программ создания РКТ», утверждённого в 2016 г., следует, что промышленные технологии РКП включают в себя космические технологии (например, организация лазерной связи, создание навигационно-связного поля и др.), конструкторские технологии, определяющие техническую реализацию и функциональное назначение конкретных изделий БРТ, РКТ и их служебных и



целевых составных элементов, технологии наземной экспериментальной отработки БРТ и РКТ, технологии создания и производства материалов и покрытий, а также технологии создания БРТ, РКТ и метрологического обеспечения их производственно-технологической базы – промышленные базовые и промышленные критические технологии РКП.

С учётом вышеизложенного, целесообразно обобщить определение промышленных базовых и критических технологий на промышленные технологии создания БРТ и РКТ и принять следующие определения технологий [5]:

промышленные технологии создания БРТ и РКТ – промышленные базовые технологии РКП и промышленные критические технологии РКП, включающие в себя совокупность научно-технических знаний, процессов, материалов и оборудования, которые могут быть использованы при разработке, производстве и эксплуатации изделий БРТ и РКТ;

промышленные базовые технологии РКП – технологии, лежащие в основе создания и модернизации широкого спектра наукоёмкой продукции и прямо не связанные с каким-либо видом конкретных технических систем (изделий, комплексов) БРТ и РКТ, а также включающие в себя:

- производственные технологии;
- технологии управления производством;
- технологии контроля и управления качеством производства;
- технологии испытаний;
- информационные технологии и системы управления производством;
- технологии проектирования изделий БРТ и РКТ;

промышленные критические технологии РКП – технологии, обеспечивающие разработку, производство и обслуживание конкретного изделия БРТ или РКТ, а также включающие в свой состав:

- поддерживающие промышленные критические технологии, обеспечивающие возможность производства и ремонта, находящихся в эксплуатации образцов БРТ и РКТ;
- перспективные промышленные критические технологии, обеспечивающие возможность создания и производства перспективных образцов БРТ и РКТ;
- прорывные промышленные критические технологии, обеспечивающие технологические прорывы или создание опережающего научно-технологического задела в целях разработки принципиально новых образцов БРТ и РКТ, обладающих ранее недостижимыми возможностями.

В рамках ГП ОПК и ФЦП–2020 по направлению РКП разрабатываются и внедряются только промышленные

технологии создания РКТ и технологии создания и технологии производства материалов и покрытий. В рамках ГП КДР–2020 и ФКПР–2025 лишь часть разрабатываемых технологий относится к категории промышленных технологий создания РКТ и технологий производства материалов и покрытий. Например, ОКР «Разработка и отработка технологических процессов создания изделий РКТ, создание опытных образцов специального технологического оборудования», ОКР «Разработка новых материалов космического применения, технологических процессов и специального оборудования для их производства и создание изделий на их основе» и ряд других НИОКР.

Рассмотренные особенности планирования мероприятий по капитальным вложениям, направленным на реконструкцию и техническое перевооружение предприятий РКП, и по технологическим НИОКР должны учитываться при разработке программно-плановых документов, направленных на производственно-технологическую модернизацию и подготовку серийного производства изделий БРТ и РКТ для обеспечения безусловного выполнения целевых задач государственных программ оборонной направленности и космических программ. Программно-целевое планирование этих мероприятий должно осуществляться на постоянной основе. Для решения указанных задач в соответствии с действующей нормативно-правовой базой, а также в соответствии с приказами ФКА (Роскосмос) от 29.05.2015 «Об оптимизации системы управления инвестиционной деятельностью в форме капитальных вложений» и от 23.08.2016 «Об организации работ по технологическому и материаловедческому сопровождению программ создания РКТ» во ФГУП «НПО «Техномаш» создан и действует центр сводного планирования. Целевая направленность ключевых задач центра сводного планирования – разработка проектов программно-плановых документов на краткосрочную, среднесрочную и долгосрочную перспективу в части производственно-технологического развития предприятий РКП, в том числе производственно-испытательной базы РКП, их информационно-аналитическое, нормативно-правовое, организационно-методическое, научно-техническое сопровождение для обеспечения выполнения целевых задач программ оборонной направленности, космических программ, ФЦП «Глонасс».

Список литературы

1. Основы государственной политики в области развития оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу (утв. Президентом Российской Федерации 01.03.2010 №Пр-528).



2. Основы военно-технической политики Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу (утв. Президентом Российской Федерации 26.01.2011 №12841).

3. Основы государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу (утв. Президентом Российской Федерации от 19.04.2013 №Пр-906).

4. Николаев В.Д., Лукьянчик В.В., Кондратенко А.Н., Гапоненко О.В., Кузин А.И., Олексенко И.А. Инвентари-

зация НИОКР и инвестиционных проектов, реализуемых в рамках ФЦП, как инструмент приоритизации программных мероприятий // Вестник «НПО «Техномаш». 2017. №3. С. 61–65.

5. Гапоненко О.В., Кондратенко А.Н., Лукьянчик В.В. Основные аспекты инновационной деятельности на предприятиях двигателестроения в условиях структурной перестройки ракетно-космической промышленности // Двойные технологии. 2015. № 2. С. 52–57.

УДК 658.562

Семёнов В.В., Юрцев Е.С., Рахмилевич Е.Г., Дементьев Д.А., Новиков П.П., Чернодод И.И.

Основные направления деятельности центра технологического развития РКП ФГУП «НПО «Техномаш»

В статье рассматриваются основные направления деятельности центра технологического развития ракетно-космической промышленности ФГУП «НПО «Техномаш».

Ключевые слова: технологический аудит, техническое перевооружение, ракетно-космическая промышленность, ракетно-космическая техника.

Центр технологического развития ракетно-космической промышленности (РКП) создан для повышения технического, технологического, организационного уровня предприятий РКП, повышения уровня производственно-технологической базы в соответствии со Стратегией развития Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» на период 2025 г. и перспективу до 2030 г.

На рис. 1 представлена матрица основных направлений деятельности центра технологического развития РКП.

Основными направлениями деятельности центра технологического развития РКП являются:

- проведение технологического аудита (технологического обследования) предприятий РКП с оценкой их производственно-технологической базы и уровня организации производства;
- согласование планов технического перевооружения предприятий РКП в ближайшей, среднесрочной, долгосрочной перспективах;
- мониторинг и контроль реализации мероприятий планов технического перевооружения предприятий;
- разработка предложений по организационно-техническим и технологическим решениям, соответствующих лучшим отечественному и мировому уровням для формирования современной производственно-технологической базы предприятий РКП;

- разработка предложений и мероприятий по повышению технического, технологического и организационного уровней предприятий;

- совершенствование и внедрение передовых методов планирования и организации производства;

- разработка и внедрение передовых конструкторско-технологических решений, в том числе с применением аддитивных технологий;

- сопровождение производства и производства ключевых (перспективных) изделий РКТ;

- комплексная безразборная диагностика станочного оборудования.

В рамках решений задач по данным направлениям центр технологического развития РКП выполняет следующие работы:

1. Проводит производственно-технологическую паспортизацию предприятий РКП.

В результате проведённой паспортизации по состоянию на 31.12.2016 во ФГУП «НПО «Техномаш» поступили заполненные паспорта от 106 организаций и филиалов. Полученные данные систематизированы и объединены в общую базу данных, на основе которой получены интегрированные характеристики по предприятиям, позволяющие формировать аналитические отчёты по производственно-технологическому потенциалу РКП для Госкорпорации «Роскосмос». Таким образом, базовым источ-

ником информации для проведения технологического обследования предприятий становится производственно-технологический паспорт, определяющий первичные направления проведения технологического обследования.

2. Проводит технологическое обследование предприятий РКП.

Целью такого обследования является анализ производственной системы предприятия на предмет возможности выполнения производственной программы требуемого качества с наименьшими затратами, определение «узких» и проблемных мест, определение резервов производства. Это необходимо для определения дисбаланса существующей производственной системы.

Для достижения данной цели выполняются следующие задачи:

- оценка соответствия производственных мощностей цехов и участков основного производства показателям производственной программы;
- анализ выполнения производственной программы

и разработка предложений по «расшивке узких мест»;

- анализ фактических циклов производства изделий РКТ;

- оценка обеспеченности производства оборудованием и оценка эффективности его использования;
- анализ системы планирования и организации производства;

– оценка показателей эффективности деятельности предприятия.

Для обеспечения единого системного подхода к проведению технологического обследования предприятий РКП разработана специальная методика, с использованием которой в 2017 г. проведены технологические обследования нескольких системообразующих предприятий отрасли.

На основании проведённых обследований разработаны предложения по оптимизации (балансу) производственно-технологических мощностей предприятий.

3. Осуществляет согласование ежегодных планов технического перевооружения предприятий отрасли.



Рис. 1. Матрица основных направлений деятельности центра технологического развития РКП



Для формирования единого подхода к техническому перевооружению разработана типовая форма плана. Данный план технического перевооружения предприятий отрасли, а также дальнейшие работы позволят:

- исключить создание дублирующих производственных мощностей на предприятиях РКП;
- провести унификацию планируемого к приобретению технологического оборудования;
- провести разработку предложений по развитию специализации производства РКП, созданию и развитию центров компетенции.

Дальнейшим шагом развития разработки плана технического перевооружения предприятий РКП должны стать разработка единого положения о планировании технического перевооружения, разработка методических рекомендаций по формированию планов технического перевооружения, разработка автоматизированной системы контроля хода выполнения планов.

4. Проводит экспертизу обоснований экономической целесообразности объёма и сроков осуществления капитальных вложений, направляемых на реализацию инвестиционных проектов предприятий РКП, а также оценку влияния предлагаемых изменений в утверждённую проектную документацию объектов капитального строительства на цели и показатели инвестиционных проектов в части изменения состава технологического оборудования и рабочих мест.

В рамках данных работ в 2017 г. рассмотрено около 60 заявок на проведение экспертизы.

5. В ходе реализации направления разработки прогрессивных конструкторско-технологических решений проводит работы по созданию автономного комплекса по производству крупногабаритных (до 3000х3000х100 мм) сетчатых конструкций повышенной прочности (не менее 60 Гпа на изгиб) из углепластикового жгута методом послойного наплавления (3D принтер) – Z-принтер. Использование такого комплекса позволит заменить ручную намотку каркасов и плит, изготавливаемых для нужд ракетно-космической отрасли, на автоматическую печать, что позволит резко снизить трудоёмкость и сократить срок изготовления конструкций.

В ходе выполнения работ разработаны: конструкторская документация на макет Z-принтера, программа управления макетом Z-принтера, программа и методика испытаний макета Z-принтера, комплект технологической документации на процесс аддитивного производства сетчатых композитных конструкций типа каркас и плита. Изготовлен и успешно испытан полно-размерный действующий макет Z-принтера для адди-

тивного производства композитных конструкций размерами до 3000х3000х100 мм.

6. Проводит исследования по разработке методических рекомендаций по использованию на предприятиях РКП инструмента из прогрессивных режущих материалов (режущая керамика, сверхтвёрдые материалы) при механической обработке деталей сборочных единиц (ДСЕ) изделий РКТ.

Одними из дальнейших перспективных задач центра технологического развития РКП являются разработка отраслевых методик, среди которых:

- отраслевая методика технологического сопровождения производства изделий РКТ;
- отраслевая методика сопровождения реализации технологической подготовки производства ключевых изделий РКТ;
- создание отраслевой методики диагностики задач организации производства на предприятиях РКП;
- системное обследование предприятий РКП с подготовкой детального анализа по результатам проведённого обследования.

Центр технологического развития РКП ставит перед собой задачу по развитию и внедрению технологий цифрового проектирования и изготовления изделий РКТ, что позволит перейти на новый технологический уклад. С этой целью в 2016 г. ФГУП «НПО «Техномаш» и Московский технологический университет (МИРЭА) приступили к выполнению прикладной научно-исследовательской экспериментальной работе (ПНИЭР) по теме: «Разработка информационно-программных средств для автоматизации управления высокотехнологичным оборудованием в условиях цифрового машиностроительного производства». Основная цель данной работы – разработка технологии и интегрированных аппаратно-программных средств, позволяющих обеспечить управление машиностроительными производственными процессами для организации цифрового производства в концепции «Индустрия 4.0».

В настоящее время в рамках ПНИЭР осуществлены следующие работы:

- проведены теоретические и прикладные исследования в области создания систем мониторинга и ресурсного обеспечения выполнения производственного задания и производственного плана;
- разработана техническая документация экспериментального образца системы мониторинга и ресурсного обеспечения выполнения производственного задания и производственного плана;

- проведены теоретические и прикладные исследования в области создания систем прямого управления оборудованием с числовым программным управлением (ЧПУ);
 - разработана техническая документация экспериментального образца системы прямого управления оборудованием с ЧПУ;
 - разработаны эскизные проекты экспериментальных образцов автоматического рабочего места (АРМ) оператора, АРМ диспетчера и АРМ руководителя;
 - изготовлены экспериментальные образцы АРМ диспетчера и АРМ оператора, проведены их исследовательские испытания;
 - проведены теоретические и прикладные исследования в области создания систем подготовки и контроля управляющих программ;
 - разработана техническая документация экспериментального образца системы подготовки и контроля управляющих программ;
 - проведены теоретические и прикладные исследования в области создания систем архивации управляющих программ;
 - разработана техническая документация экспериментального образца системы архивации управляющих программ;
 - проведены теоретические и прикладные исследования в области создания систем обеспечения визуализации информации о протекании технологических процессов, состоянии оборудования и параметрах готовой продукции;
 - разработана техническая документация экспериментального образца системы обеспечения визуализации информации.
- Также в рамках ПНИЭР созданы экспериментальные образцы программного обеспечения, реализующие:
- электронный обмен данными между различными системами управления производством;
 - визуализацию технологических процессов на всех уровнях управления производством;

- трансляцию управляющих программ с наиболее популярных языков управления оборудованием систем САМ в программы на универсальном языке управления производством;
- постпроцессирование управляющих программ, созданных на универсальном языке управления производством в программы, предназначенные для использования на наиболее распространённых видах цифрового машиностроительного оборудования.

В 2018 г. работы по данной ПНИЭР будут завершены и по её итогам планируется апробирование и внедрение результатов на трёх предприятиях отрасли.

В рамках реализации научно-технической программы Союзного государства России и Белоруссии «Разработка комплексных технологий создания материалов устройств и ключевых элементов космических средств и перспективной продукции других отраслей» (далее – Программа) проводится разработка технических решений уменьшения массы и габаритов элементов, устройств и систем РКТ. В результате выполнения Программы будут решены задачи по совершенствованию существующих и разработке новых технологий создания элементов, устройств и систем космических средств, в части:

- разработки технологий создания новых материалов для средств космического назначения;
- разработки технологий создания элементов систем энергопитания, терморегулирования и управления для малых космических аппаратов (КА), в том числе с использованием микросистемотехники, наноматериалов и наноэлектроники;
- разработки технологий создания элементов целевой аппаратуры для малых КА, в том числе на основе микросистемотехники, наноматериалов и нанодатчиков.

В рамках выполнения ОКР разрабатывается специальное технологическое оборудование для нанесения покрытий на внутренние поверхности волноводов сложной пространственной конфигурации, включая технологию нанесения покрытий и эскизно-конструкторскую документацию на макеты волноводов.

УДК 629.78

Кузин А.И., Кондратенко А.Н., Кондратенко М.А.

Перспективы развития экспериментальной и испытательной баз производства изделий РКТ

Основой обеспечения надёжности и безопасности эксплуатации изделий ракетно-космической и боевой ракетной техники (РКТ и БРТ) являются производственные испытания сборочных единиц и экспериментальная отра-

ботка изделий с максимально приближёнными к реальным воздействиям нагрузок и внешних факторов.

Суммарная стоимость проведения указанных работ может составлять до 30–40% от общей стоимости разра-

ботки, производства и обработки изделий, в связи с чем мониторинг состояния и определения направлений перспективного развития производственно-испытательной и экспериментально-испытательных баз (ПИБ и ЭИБ), полигонно-испытательного комплекса (ПИК) отрасли становятся весьма актуальны [1, 2, 3, 10].

ПИБ обеспечивает проведение заводских испытаний элементов, агрегатов и сборочных единиц изделий РКТ на этапах изготовления опытных образцов и серийных изделий.

ЭИБ предназначена для этапов наземной экспериментальной отработки и проведения автономных, комплексных и межведомственных испытаний изделий в целях подтверждения тактико-технических характеристик (ТТХ) изделий и их соответствия требованиям технических заданий (ТЗ).

Наконец, ПИК Российской Федерации (космодромы – Плесецк, Байконур, Восточный) предназначены для проведения лётных испытаний и практического использования изделий РКТ.

Не останавливаясь на вопросах производственных испытаний, рассмотрим основные проблемы развития отраслевой ЭИБ и ПИК Российской Федерации.

Особенностью ЭИБ РКП России является её сосредоточение в отраслевых КБ и НИИ, при этом к основным направлениям наземно-экспериментальной отработки изделий относятся [7, 8]:

- отработка аэро-, гидро-, и газодинамических характеристик изделий на старте и до-, транс-, сверх- и гиперзвуке;

- отработка тепловых параметров изделий РКТ при конвективном, лучистом и контактном теплообмене;

- отработка прочностных и динамических характеристик конструкций ракет-носителей (РН) и космических аппаратов (КА);

- отработка ракетных двигателей и двигательных установок, включая проведение «холодных» испытаний;

- отработка аппаратуры и бортовых систем управления элементов, узлов, агрегатов изделий, в том числе отработка при спецвоздействиях, систем стыковки и др.;

- отработка стартового и наземного оборудования;

- климатические испытания, включая испытания по подтверждению гарантийных сроков хранения РКТ;

- исследования и испытания материалов (физические, теплофизические, климатические, в условиях воздействия внешних средств и факторов космического пространства).

Распределение количества экспериментально-испытательных установок и стендов по основным видам наземной экспериментальной отработки изделий РКТ представлено на рис. 1.

Проведённый анализ уровня и состояния ЭИБ РКП показал, что на 2017 год данная база, в основном, обеспечивает необходимые объёмы наземно-экспериментальной отработки (НЭО) и решение текущих задач по разработке и эксплуатации РКТ.

Вместе с тем, выявлен ряд проблемных вопросов НЭО, требующих решения в обеспечение создания перспективных РКТ различного назначения и, прежде всего, перспективных образцов БРТ:

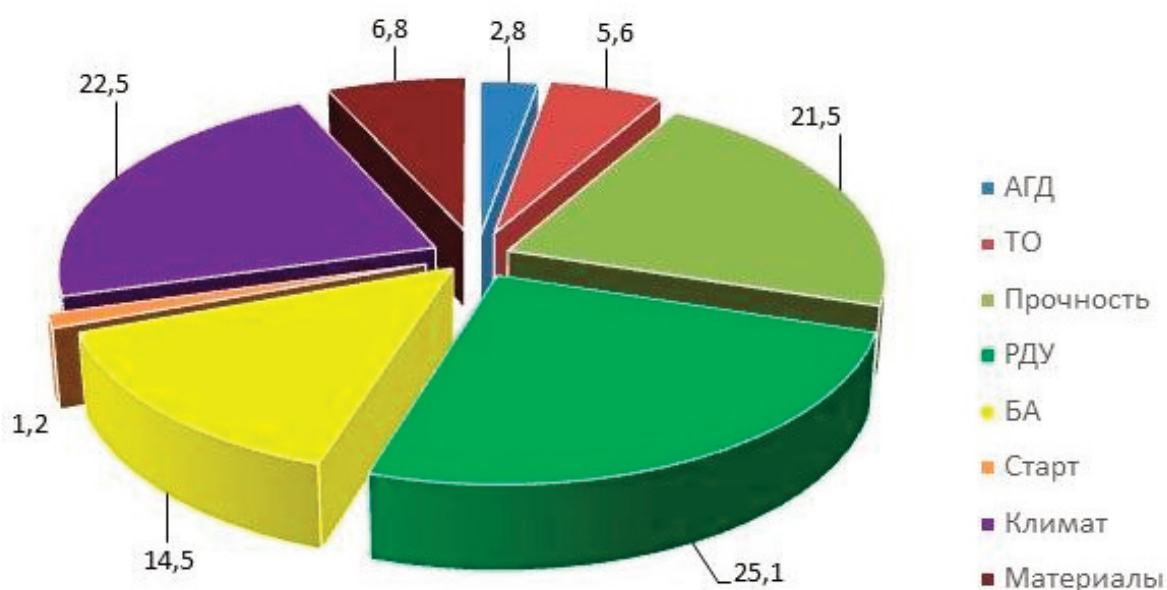


Рис.1. Количество экспериментальных установок и стендов ЭИБ РКП по направлениям наземной экспериментальной отработки РКТ



- отсутствие стендов для отработки двигателей, включая ракетные двигатели твёрдого топлива, в условиях их эксплуатации на больших высотах;
- отсутствие стендов для отработки перспективных ядерных ракетных двигателей, электроракетных двигателей криогенных жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) гиперзвуковых летательных аппаратов;
- отсутствие экспериментальных установок для высокотемпературных и криогенных прочностных испытаний, физического моделирования влияния значимых факторов космического пространства на функционирование изделий, прежде всего, их электронного оборудования.

Учитывая опыт и направления развития ЭИБ ведущих зарубежных космических держав, актуальной является проработка вопроса создания до 2030 года специализированного отраслевого центра комплексных испытаний КА, их основных узлов, подсистем, агрегатов, бортовой и научно-исследовательской аппаратуры в условиях, имитирующих нагрузки на этапах наземной транспортировки КА, предстартовой подготовки, старта и воздействие на КА факторов космического пространства. При этом в единый технологический комплекс должны быть объединены все виды испытаний соответствующих объектов.

К проблемным вопросам НЭО РКТ, прежде всего, БРТ, следует также отнести практическое отсутствие базы для отработки вибропрочности снаряжённых корпусов твёрдотопливных ракетных двигателей, а также невозможность воспроизведения на имеющейся ЭИБ процессов разделения нижних ступеней на натуральных макетах.

Следует отметить, что к настоящему времени парк средств измерения ЭИБ РКП физически и морально устарел: около 55% оборудования эксплуатируется свыше 15 лет, а обновление парка средств измерения за последние 5 лет составило не более 10%.

Используемые в настоящее время метрологические установки на ЭИБ отрасли не в полной мере удовлетворяют современным требованиям по диапазонам и точности задаваемых параметров, что может приводить к получению некорректных результатов измерений.

Следует обратить внимание на экспертные оценки ЭИБ и ПИБ РКП, которые показывают, что в настоящее время данные службы по некоторым направлениям избыточны и актуальной является задача оптимизация состава экспериментального и испытательного оборудования, необходимого для отработки разрабатываемых и перспектив-

ных изделий, что позволит полнее использовать ее потенциал [7, 8].

Одной из важных задач следует считать необходимость проведения полной инвентаризации экспериментального, испытательного оборудования и средств метрологического обеспечения ЭИБ и ПИБ РКП.

Первыми практическими шагами в этом направлении являются проводимые в настоящее время работы ФГУП «НПО «Техномаш» по паспортизации предприятий РКП в рамках НИР «Инвестиции КС РКП» (Федеральная космическая программа России на 2016–2025 годы) и комплексной оценке состояния и динамики развития организаций РКП, созданию и поддержанию в актуализированном состоянии баз данных по производственно-технологическому оборудованию, в том числе, по экспериментальным и испытательным стендам и установкам ЭИБ и ПИБ РКП, в рамках НИР «Обеспечение НТС» (Федеральная целевая программа «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2011–2020 годы»).

Перспективными направлениями дальнейшего развития комплексов полигонных испытаний можно считать:

- повышение автоматизации управления и контроля технологическими операциями в процессе подготовки и пуска средств выведения;
- универсализацию стартовых и технических комплексов;
- создание сооружений, систем и агрегатов в блочно-модульном исполнении;
- унификацию технологического оборудования;
- сосредоточение рабочих мест подготовки изделий к пускам в одном или ограниченном количестве сооружений;
- создание автоматизированных систем управления технологическими процессами;
- внедрение технологии подготовки изделий на заводах-изготовителях, позволяющей существенно сократить (полностью исключить) повторные электроиспытания, пневмовакуумные испытания изделий за счёт поставки их на космодром в максимально собранном и полностью проверенном виде, с обеспечением «комфортных» условий и контроля параметров движения; поставленные на космодром с заводов-изготовителей изделия в максимально собранном виде с контролем параметров движения проходят минимально необходимые тестовые проверки.

При этом проблемными вопросами обеспечения функционирования объектов космодромов являются:

- значительная утрата системы авторского надзора за эксплуатацией космических средств;
- организация работы существующей системы экс-



плутации не позволяет в полной мере учесть состояние объектов космодрома, силы и средства, привлекаемые для подготовки составных частей средств выведения и технологического оборудования;

– до настоящего времени не введены в действие единые технические регламенты и стандарты России в сфере космической деятельности.

В заключение необходимо отметить обязательное проведение работ по обновлению метрологического обеспечения испытаний РКТ, БРТ и их составных частей на этапах ЭИБ и ПИБ РКП, в частности, модернизации существующих и создания новых эталонов, из которых приоритетными для ЭИБ РКП являются [8, 9, 10]:

- эталоны времени, длины, единицы плоского угла;
- эталоны единиц силы и давления;
- эталон единицы скорости воздушного потока;
- эталоны единиц параметров радиочастотного электромагнитного поля;
- эталоны единиц оптических и оптико-физических измерений;
- эталоны единиц теплофизических и температурных измерений.

Список литературы

1. Основы государственной политики в области развития оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу (утверждены Указом Президента Российской Федерации от 23.02.2016 № 91).
2. Основы государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу (утверждены Указом Президента Российской Федерации от 19.04.2013 №Пр-906).
3. Система взглядов на осуществление Россией независимой космической деятельности со своей территории

во всём спектре решаемых задач на период до 2040 года (одобрена Советом Безопасности Российской Федерации, 2007).

4. Об организации работ по технологическому и материаловедческому сопровождению программ создания ракетно-космической техники (приказ Госкорпорации «Роскосмос» от 23.08.2016).

5. Об обеспечении экспериментальной отработки ракетно-космической техники и развития экспериментально-испытательной базы ракетно-космической промышленности (приказ Госкорпорации «Роскосмос» от 02.11.2017).

6. О создании метрологической службы Федерального космического агентства» (приказ Роскосмоса от 04.10.2010).

7. Кондратенко А.Н., Паничкин Н.Г. Состояние и пути развития наземной экспериментальной отработки изделий РКТ // Сб. тезисов III ВНК Измерения и испытания в ракетно-космической промышленности, 09–12.09.2013, ДО «Селигер», о. Городомля. С. 92–95.

8. Кондратенко А.Н., Паничкин Н.Г. Техническая база и метрологическое обеспечение испытаний изделий РКТ. Проблемы и направления развития // Сб. тезисов III ВНК Измерения и испытания в ракетно-космической промышленности, 09–12.09.2013, ДО «Селигер», о. Городомля. С. 96–101.

9. Кондратенко А.Н., Лукьянчик В.В. Исследование вопросов совершенствования метрологического обеспечения ракетно-космической техники // Двойные технологии. 2014, № 4. С. 60–65.

10. Гапоненко О.В., Кондратенко А.Н., Лукьянчик В.В. Основные аспекты инновационной деятельности на предприятиях двигателестроения в условиях структурной перестройки ракетно-космической промышленности // Двойные технологии. 2015, № 2. С. 52–57.



УДК 621.791

Подкопаев Ю.К.

ММАГС на службе прогресса в сварке

Объединение главных сварщиков Москвы и Московской области имеет достаточно солидную историю – более четверти века. Московская межотраслевая ассоциация главных сварщиков (ММАГС) основана в марте 1989 г. и является старейшей в России общественной организацией, объединяющей главных специалистов-сварщиков.

Идея создания ММАГС принадлежит Валерию Николаевичу Бутову (01.09.1941 – 07.02.2012) – главному сварщику московского автостроительного гиганта «Автозавод им. Ленинского Комсомола» (позднее переименованного в ОАО «Москвич»). Основой этой идеи явилось стремление создать благоприятные условия для взаимного обмена опытом и знаниями среди специалистов-сварщиков из разных производственных отраслей для обеспечения их непрерывной подпитки самой свежей информацией в области прогрессивных сварочных технологий, разнообразного качественного сварочного и вспомогательного оборудования, сварочных материалов, средств контроля качества сварки и информацией по многим другим вопросам, актуальным для сварочных и заготовительных цехов и участков.

Эта прекрасная идея не смогла бы воплотиться в жизнь без поддержки тех, в интересах кого была задумана ММАГС. Идею создания межотраслевой общественной организации специалистов-сварщиков поддержали главные сварщики крупнейших московских и подмосковных предприятий, а именно: Шустов Валерий Евгеньевич (главный сварщик ПО «ЗИЛ»); Митусов Лев Иванович (главный сварщик Карачаровского машиностроительного завода); Астахин Владимир Иванович (начальник лаборатории сварки НПО «КРИОГЕНМАШ»); Ворсобин Юрий Николаевич (главный сварщик «МОЭТК»); Капустин Владимир Анатольевич (главный сварщик МС МО «ИН-ПРЕДСТРОЙ»); Смоляк Аркадий Моисеевич (главный сварщик ПО «ЦВЕТМЕТЭКОЛОГИЯ»); Троянов Игорь Матвеевич (главный сварщик НПО им. Лавочкина); Цветков Олег Леонидович (главный сварщик ПСМО «Спец-

МашМонтаж»). Все эти специалисты и вошли в состав первого бюро ММАГС.

В мае 1989-го на базе подмосковного предприятия ПО «Криогенмаш» состоялось мероприятие, участие в котором приняли представители более полусотни предприятий московского региона, а также представители московских и подмосковных НИИ, вузов и КБ.

В сентябре 1989-го Президиум НТО МАШПРОМ СССР признал ММАГС состоявшимся «региональным общественным объединением инженеров и учёных по профессиональным интересам».

С марта 1989-го и по настоящее время ММАГС без перерывов проводит свою ежемесячную напряжённую и чрезвычайно полезную работу для предприятий Москвы, Московской и ряда других областей. Все эти годы ФГУП «НПО «Техномаш», как многие московские и подмосковные предприятия авиакосмической отрасли (НПО им. Лавочкина, ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, КБ им. Ильюшина, РКК «Энергия» и др.), является членом ММАГС, активно участвует во всех его мероприятиях и оказывает необходимую поддержку.

К 2009 г. по причине прекращения деятельности общегосударственного общественного органа НТО МАШПРОМ, на базе которого был зарегистрирован ММАГС, а также в связи с принятием в Российской Федерации нового законодательства об общественных организациях возникла необходимость перерегистрации общественного объединения ММАГС. В июне 2009 г. на общем собрании учредителей ММАГС разработана новая редакция Устава, соответствующая современным требованиям, и пройдена регистрация ММАГС в московском отделении Минюста России как региональной общественной организации главных сварщиков и главных специалистов по сварке и металлообработке. Учредителями ММАГС, как и раньше, стали главные сварщики и главные специалисты крупнейших предприятий преимущественно московского региона, в число которых вошли: Бутов Валерий Николаевич (глав-



Члены ММАГС на РКК «ЭНЕРГИЯ» (г. Королев, МО)

ный сварщик ОАО «Москвич»), Бирюков Алексей Петрович (главный конструктор АО «ГРПЗ», г. Рязань), Грачев Михаил Александрович (главный технолог ЗАО «МЭМЗ Памяти Революции 1905 года»); Дубовицкий Андрей Владимирович (главный сварщик ПАО «Машиностроительный завод», г. Электросталь, МО), Комиссаров Владимир Васильевич (главный технолог), Пасхина Лидия Алексеевна (начальник лаборатории сварки ОАО «Москвич»), Ревизников Леонид Иванович (начальник отдела ФГУП «ВНИИНМ им. ак. А.А. Бочвара»), Семенов Денис Владимирович (ведущий специалист ОАО «Лихославльский радиаторный завод»). Благодаря этим специалистам, а также поддержке руководства ФГУП «НПО «Техномаш» ММАГС продолжил свою успешную работу на благо сотен промышленных предприятий московского региона.

В феврале 2012 г. скоропостижно ушел из жизни бесценный руководитель ММАГС В.Н. Бутов. Новым президентом ММАГС избран Подкопаев Юрий Константинович (генеральный директор компании «ЭЛСВАР», член президиума РНТС, основатель выставки «WELDEX/РОССВАРКА» (крупнейшей в России и одной из крупнейших специализированных сварочных выставок в мире)).

В связи с тем, что к 2012 г. в состав ММАГС вошли представители не только предприятий г. Москвы и Московской обл., но и представители предприятий из Тверской, Рязанской, Владимирской, Нижегородской областей, общественная организация главных сварщиков (и главных специалистов по сварке и резке) была перерегистрирована как «Самоуправляемое некоммерческое общественное объединение «Межрегиональная общественная организация содействия развитию науки и техники «Московский межотраслевой альянс главных сварщиков» (ММАГС).



Президент ММАГС Бутов Валерий Николаевич на открытии выставки «WELDEX/РОССВАРКА» (г. Москва, КВЦ «Сокольники», 2009 г.)

Миссия и цели ММАГС

Разработанный В.Н. Бутовым более четверти века назад принцип организации регулярных встреч главных сварщиков успешно реализовывался с первого месяца существования ММАГС и успешно используется в настоящее время. Сутью данного принципа являются ежемесячные встречи главных сварщиков Москвы и Московской области на выездных сессиях на одном из предприятий московского региона, где удалось освоить наиболее передовые технологии сварки, внедрить прогрессивное сварочное оборудование и новые сварочные материалы, или на предприятии, которое остро нуждается в модернизации заготовительных и сварочных участков, во внедрении новых технологий сварки и резки. Благодаря специально подготовленным программам сессий происходит полезный обмен накопленным опытом и знаниями присутствующих в интересах как принимающего предприятия, так и предприятий, на которых работают собравшиеся. Этому также способствует и большое количество кратких, но хорошо иллюстрированных информационных материалов, выступлений приглашенных представителей прогрессивных компаний-производителей продукции сварочного назначения. Главные свар-





щики и главные специалисты получают самую свежую информацию от лучших отечественных и мировых компаний, специализирующихся на сварке, резке, наплавке и родственных сварке технологиях. Экскурсии по цехам, лабораториям, заготовительным и сварочным производствам принимающего предприятия, как правило, осуществляемые во второй части сессий ММАГС, органично дополняют полученную полезную теоретическую информацию.

Сессии ММАГС

Одним из основных направлений деятельности ММАГС, кроме подготовки и проведения ежемесячных сессий-симпозиумов, является поддержка ведущих отраслевых международных выставок по тематикам, близким к теме сварки. ММАГС является членом организационных комитетов выставок, вызывающих большой интерес у специалистов-сварщиков: «WELDEX/РОССВАРКА» (международная специализированная сварочная выставка); «Металл-Экспо» (международная выставка по металлургии и металлопереработке); «MASHEX» (международная выставка по станкам и металлообработке); «Территория NDT» (международная выставка по неразрушающим видам контроля и диагностики); «Металлоконструкции» (международная выставка по оборудованию, технологиям и материалам для производства металлоконструкций); «БиОТ» (крупнейшая международная выставка средств индивидуальной и коллективной защиты от вредных производственных факторов). В рамках таких выставок ММАГС проводит в обязательном порядке научно-практические конференции, которые способствуют продвижению новых сварочных технологий, прогрессивного оборудования и материалов, новейших средств охраны труда в сварке на предприятиях многих отраслей промышленности, прежде всего, московского региона.

Деятельность ММАГС постоянно расширяется. Главными задачами ММАГС являются:

- продвижение через главных сварщиков на предприятия Москвы, Московской и некоторых других областей передовых сварочных технологий, прогрессивной сварочной техники и материалов;
- содействие трудоустройству специалистов-сварщиков;
- оказание помощи специалистам-сварщикам в решении вопросов выбора технологий, оборудования, материалов, средств защиты от вредных производственных факторов на сварочных участках;
- содействие расширению взаимодействия

предприятий, на которых работают главные сварщики-члены ММАГС, в части взаимовыгодного обмена услугами и товарами, в поиске специалистов-сварщиков и др.

О масштабах работы ММАГС могут красноречиво рассказать 11 выездных сессий (симпозиумов) и научно-практических конференций, подготовленных и проведённых в 2017 г.:

– 15 февраля 2017 г. – выездная сессия (симпозиум) ММАГС в ООО «Рутектор». Тема: «Прогрессивная техника для сварки и резки. Инжиниринговые работы по автоматизации и роботизации сварки, резки, наплавки». Сессия прошла с участием партнёров ООО «Рутектор», компаний CEMSA, Comprag, Condor; CONTRACOR; CSF INOX; Eckert; Ermaksan; FANUC, MECOME, MERAN; MOSA; NORDBERG; OERTZEN; Remeza; SIVIK; SUBARU; TAI-VER; TECNA; VARISCO; WINNTEC. Место проведения: конференц-зал ООО «Рутектор», г. Москва, 1-й Вешняковский проезд, д. 1, стр. 11;

– 2 марта 2017 г. – выездная сессия (симпозиум) главных сварщиков Москвы и Московской области в формате «Круглый стол» с тематиками: «Прогрессивные методы, технологии и оборудование для неразрушающего контроля качества сварных швов»; «Новое в законодательстве РФ о техническом регулировании в области сварки»; «Пути решения вопросов аттестации, сертификации сварочного оборудования, материалов, технологий и производств»; «Перспективы в подготовке, аттестации и сертификации специалистов-сварщиков»; «Система независимой оценки квалификаций в области сварки»; «Применение профессиональных стандартов работодателем и в образовательной деятельности». Организаторы: МРОО «ММАГС» и РОНКДТ. Место проведения: г. Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР», павильон № 3;

– 22 марта 2017 г. – выездная сессия (симпозиум) главных сварщиков Москвы и Московской области, совмещённая с заседанием секции «Сварочное производство» Научно-технического совета (НТС) ЗАО «Трансмашхолдинг». Место проведения: ОАО «Демиховский машиностроительный завод» (пос. Демихово, Орехово-Зуевский р-н, Московская область). Сессия прошла в формате научно-практической конференции «Передовые технологии, оборудование, материалы для сварки, резки, наплавки, передовые способы организации сварочных производств подвижного состава для железных дорог и городских транспортных систем». Организаторы: ММАГС, НТС ЗАО «ТМХ», «Демиховский машиностроительный завод»;

– 27 апреля 2017 г. – выездная сессия (симпозиум) МРОО «ММАГС» в Центральном научно-исследовательском



и проектно-институте строительных металлоконструкций им. Н.П. Мельникова (ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова»). Сессия прошла в формате научно-практической конференции «Современные технологии, оборудование, новые сварочные и конструкционные материалы для производства элементов металлоконструкций и сооружений ответственного назначения – объектов металлургии, энергетики, судостроения, автомобилестроения, космического назначения, башен, мачт, резервуаров и газгольдеров, мостов, монументов и памятников на металлических каркасах», с участием представителей предприятий, являющихся клиентами ЦНИИПСК им. Мельникова. Место проведения: г. Москва, ул. Архитектора Владова, д. 49, «ЦНИИПСК им. Мельникова»;

18 мая 2017 г. – выездная сессия (симпозиум) на тему: «Как правильно организовать сварочные производства и сварочные участки в условиях проявления кризисных явлений, нехватки квалифицированного сварочного персонала и улучшить качество сварки, резки, наплавки». Организаторы: компания ESAB (Швеция), Государственное учебное заведение «Электростальский колледж» (Электростальский многопрофильный индустриальный техникум), ООО «Фирма «ЭЛСВАР». Место проведения: Московская обл., г. Электросталь, ул. Спортивная, д. 12, «Электростальский колледж»;

– 8 июня 2017 г. – выездная сессия (симпозиум) в формате информационно-практической конференции «Сварка, термическая резка и защитные покрытия металлоконструкций» в рамках международной выставки «Металлоконструкции–2017». Организовано совместное посещение выставок: «Металлоконструкции–2017»; «Металлургия. Литмаш–2017»; «Проволока. Россия–2017»; «Трубы. Россия–2017»; «Метро, мосты, тоннели–2017». Место проведения: конференц-зал №3 павильона №2 ЦВК «Экспоцентр». Организаторы: МРОО «ММАГС», журнал «Металлоснабжение и сбыт», ООО «Металл Экспо». Место проведения: конференц-зал для семинаров №3 павильона №2 ЦВК «Экспоцентр»;

– 26 и 27 июля 2017 г. – выездная сессия (симпозиум) членов и кандидатов в члены ММАГС на базе Государственного университета им. Столетовых (ВлГУ) с посещением федерального казенного предприятия «Государственный лазерный полигон «Радуга» (ФКП «ГЛП «Радуга») и ЗАО «Владимирский завод прецизионных сплавов» (ВЗПС). Сессия (симпозиум) организована в формате научно-технической конференции «Прогрессивные технологии, оборудование и материалы для сварки, резки, восстановительной и упрочняющей наплавки, лазерного термоупрочнения и маркировки». Организаторы: МРОО «ММАГС»,

Государственный университет им. Столетовых (ВлГУ), Федеральное казенное предприятие «Государственный лазерный полигон «Радуга» (ФГУП «ГЛП «Радуга»), Владимирский завод прецизионных сплавов (ВЗПС). Место проведения: 26.07.2017 – Владимирская область, г. Радужный, ФГУП «ГЛП «Радуга»; 27.07.2017 – г. Владимир, ВЗПС;

– 21 и 22 сентября 2017 г. – выездная конференция «Актуальные задачи в создании центров компетенций по сварке алюминия». Организаторы: МРОО «ММАГС» совместно с Алюминиевой Ассоциацией. Место проведения: 21.09.2017 – г. Чебоксары, Президентский бульвар, д. 17, Дом Правительства; 22.09.2017 – г. Чебоксары, ул. Спиридонова Михайлова, д. 3, ауд. Т-121, ФГБОУ ВО «Чебоксарский государственный университет им. И.Н. Ульянова», машиностроительный факультет.

С докладами о новейших разработках в области производства алюминия, о прогрессивных технологиях, оборудовании и материалах для сварки и резки при производстве изделий из алюминиевых сплавов выступили: Глава Чувашской Республики М.В. Игнатьев, Президент Алюминиевой Ассоциации В.И. Трищенко, президент ММАГС Ю.К. Подкопаев, а также представители компаний: ЗАО «Арконик Россия»; «ИЛМИТ»; ЦНИИ КМ «Прометей»; ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель»; ЗАО «Авиаль»; ЦНИИПСК им. Н.П. Мельникова; ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова»; Владимирский инжиниринговый центр использования лазерных технологий в машиностроении при ВлГУ («ИЦ при ВлГУ»); ФГАУ Научно-учебный центр «Сварка и контроль» при МГТУ им. Н.Э. Баумана; АО НПФ «Инженерно-технологический сервис»; «РМ-Рейл»; «ОК РУСАЛ» и др. В рамках конференции состоялись экскурсии: на ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель» (производство автоцистерн для перевозки жидких и сыпучих веществ); в лаборатории и научно-технических центрах ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова» (изготовление сварочных машин для сварки трением с перемешиванием);

– 11 октября 2017 г. – выездная сессия (симпозиум) главных сварщиков Москвы и Московской области в формате заседания «Круглый стол» «Лучшие технологии, оборудование, материалы для сварки, резки, наплавки от участников выставки «Weldex/Россварка 2017» для промышленных предприятий московского региона и других областей России». Организаторы: МРОО «ММАГС» и выставочная компания МВК. Место проведения: г. Москва, МВЦ «Сокольники», конференц-зал №1 павильона №4;

– 15 ноября 2017 г. – выездная сессия (симпозиум) главных сварщиков Москвы и Московской области в формате научно-практической конференции «Сварка, терми-



ческая резка и защитные покрытия в металлургии и металлообработке». Организаторы: МРОО «ММАГС», ООО «Металл-Экспо». Место проведения: г. Москва, МВЦ ВДНХ, павильон №75, конференц-зал №102;

– 13 декабря 2017 г. – выездная сессия (симпозиум) главных сварщиков Москвы и Московской области в формате общероссийской конференции «Передовые средства индивидуальной защиты и способы организации безопасного труда в сварочных производствах» с участием представителей госорганов, регулирующих вопросы техники безопасности и охраны труда на предприятиях, а также ведущих отечественных и зарубежных производителей средств индивидуальной защиты. Организаторы: МРОО «ММАГС» и Ассоциация «СИЗ». Место проведения: г. Москва, ВЦ ВДНХ, павильон 75, конференц-зал № 101.

Для многих предприятий, являющихся членами ММАГС, предоставляется возможность бесплатного участия на коллективных стендах ММАГС на крупнейших московских выставках, сварочная тематика которых является актуальной: «Территория NDT», «Металлоконструкции», WELDEX, «MASHEX», «Металл-Экспо», «БиОТ».

Также следует отметить, что ММАГС организывает для своих членов посещение не только отечественных, но и зарубежных выставок. Например, коллективная поездка членов ММАГС на 19-ю Международную выставку по сварке и резке «Schweissen & Schneiden 2017» (25–29 сентября 2017 г. в г. Дюссельдорф, Германия). Кроме того, в 2017 г. состоялось коллективное посещение выставок: «Металлургия. Литмаш-2017» (посвящена машинам, технологиям, специальному оборудованию и продукции, выпускаемой металлургической промышленностью, новым сплавам и разнообразным изделиям из них); «Проволока. Россия–2017» (на выставке представлены: оборудование для производства проволоки и кабельных изделий; технологический инструмент; вспомогательные материалы для технологических процессов; материалы, провода и кабели специального назначения; контрольно-измерительные приборы; испытательная техника; специальное оборудование и др.); «Трубы. Россия–2017» (Международная выставка трубной промышленности и трубопроводов); «VISION RUSSIA–2017» (Международная специализированная выставка машинного зрения. Были представлены: камеры (матричные, линейные, сетевые, высокочастотные, инфракрасные, рентгеновские); лазеры; оптика (линзы, объективы, оптические фильтры, устройства захвата изображения); видеодатчики; оптические датчики; сенсоры и др.).

Только за 2017 год во время выездных сессий ММАГС проведены презентации (включая демонстрацию в реаль-

ной работе) современного промышленного сварочного оборудования, технологических процессов, сварочных материалов и защитных газов более чем 140 отечественных и зарубежных предприятий, компаний, фирм, отраслевых и академических институтов и университетов, в том числе: ООО «Рутектор», г. Москва (оборудование CEMSA, Comprag, Condor; CONTRACOR; CSF INOX; Eckert; Ermaksan; FANUC, MECOME, MERAN; MOSA; NORDBERG; OERTZEN; Remeza; SIVIK; SUBARU; TAIVER; TECNA; VARISCO; WINNTEC, Концерн «ESAB» (Россия-Швеция); ООО «Плазмаш» (г. Москва); АО «ВНИИавтогенмаш» (г. Москва); ООО «Объединённая сварочная компания» (МАГНАТЕК); ООО «ЦК «СПА» (Россия-Германия) (г. Москва); ООО «Фирма «Элсвар» (г. Электро-сталь, МО); ООО «АОТАЙ ЭЛЕКТРИК РУС» (Россия-Китай) (г. Москва); ООО «Свар Технолджи» (г. С.-Петербург); ООО «АГНИ» (г. Северодвинск); НТЦ «ЭКСПЕРТ» (г. Москва); «ЮНИТЕСТ-РЕНТГЕН» (г. С.-Петербург); ФГУП «Российский федеральный ядерный центр» – ВНИИТФ им. Академика Е.И. Забабахина (г. Снеженск, Челябинской обл.); ООО «НПЦ «КРОПУС-ПО» (г. Ногинск, МО); РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина (г. Москва); ФГБОУ ВО Иж ГТУ им. Калашникова (г. Ижевск); Томский политехнический университет (г. Томск); ООО «Промавтоконтроль» (г. С.-Петербург); ОАО «НОРД-Инжиниринг» (г. Пермь); МГТУ «МЭИ» (г. Москва); ОАО «ЦНИИШП» (г. Москва); ООО «Фестальпине Белер Велдинг Раша» (Россия-Германия) (г. Москва); НПФ «ИТС» (г. С.-Петербург); ЗАО «Курганстальмост», (г. Курган); «YASKAWA Nordic AB» (MOTOMAN) (г. Москва); ООО «Магнит плюс» (г. С.-Петербург); ООО «Великолуцкий механический завод» (г. Великие Луки, Псковская обл.); ООО «Волжанин» (г. Казань); ОАО «КрЭМЗ» (г. Крото́ткин); СРО НП «Национальное агентство предприятий-производителей сварной продукции» (г. С.-Петербург); ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова» (г. Москва); ООО «ВЗПС» (г. Владимир); «Kjellberg Group» и «Kistner» (Германия); ООО «Высокие технологии»; «CASTOLIN EUTECTIC» (Германия); ООО «Унипрофит-Союз»; ЗАО «Лаборатория электроники»; ООО «Вебер Комеханикс» и многие другие. Всего за год заслушано более 160 докладов и сообщений о новинках технологий, оборудования и материалов для сварки, резки, наплавки, включая и другие актуальные темы.

За более чем 25-летнюю историю своего существования ММАГС доказал свою необычайную полезность для всех своих членов – главных сварщиков и главных специалистов производств, использующих технологии сварки, наплавки, термической резки.



✦ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 621.774.35 + 621.184.64

Вайцехович С.М., Панов Д.В., Кривенко Г.Г.

Конкурентоспособность спирально-профильных труб в области создания теплообменной техники

В статье представлены аргументы конкурентоспособности спирально-профильных труб (СПТ) на рынке пассивных интенсификаторов теплового потока. Рассмотрены вопросы теплообмена на внутренней и наружной теплообменной поверхности СПТ и сделаны рекомендации для оптимизации технологических параметров для использования СПТ в качестве жаровых труб в паровоздушных котлах.

Ключевые слова: спирально-профильная симметричная труба, интенсификаторов, теплообмен, гидравлическое сопротивление, течение вязкой жидкости, подогреватель.

Для сопоставления тепловой эффективности различных по конструкции интенсификаторов используют соотношение:

$$\frac{Nu}{Nu_0} = f(Re), \quad (1)$$

где индекс «0» обозначает гладкую поверхность (числа Нуссельта (Nu) – средние, Re – число Рейнольдса).

Эта зависимость характеризует увеличение коэффициента теплоотдачи в трубе с интенсификатором по сравнению с гладкой круглой трубой (ГКТ). Группой авторов сделаны выводы о перспективности интенсификации теплообмена, воздействующей на пристенные слои жидкости с помощью спиральных и винтовых накаток на внутренней поверхности трубы. Определена оптимальная область применения таких интенсификаторов по числу Re : принято считать таковой переходную область течения.

В качестве основного критерия эффективности теплообмена в различных трубах принят критерий энергетической эффективности:

$$E = \frac{\frac{Nu}{\xi}}{\frac{Nu_0}{\xi_0}} = \frac{Nu \cdot \xi_0}{\xi \cdot Nu_0}, \quad (2)$$

где Nu – число Нуссельта, характеризующее теплоотдачу, ξ – характеризует затрачиваемую мощность на прокачку, параметры с индексом «0» относятся к эквивалентному по расходу жидкого теплоносителя диаметру ГКТ.

Если $E = 1$, то это значит, что две трубы, как спирально-профильная (СПТ), так и ГКТ эквивалентного диаметра, имеют одинаковую энергетическую эффективность, т.е. для единицы площади обеих труб отношение количества тепла к затрачиваемой мощности на прокачку – $\frac{Nu}{\xi}$ одно и то же (при одном и том же температурном напоре и одинаковом числе Re).

Так как площадь теплообменной поверхности СПТ, относящихся к трубам с дискретно-шероховатым каналами, больше, чем эквивалентная ей теплообменная поверхность ГКТ, то при одинаковых значениях теплоотдачи и сравни-

ваемой длине труб, суммарное количество тепла в обеих трубах будет различным. Это относится и к мощности на прокачку.

Таким образом, рационально оценивать качество СПТ по коэффициенту энергетической эффективности. Например, если $E = 1$, то теплообменник с СПТ можно заменить на теплообменник с ГКТ эквивалентного диаметра, сохранив при этом те же затраты и тот же теплосъём. Отсюда следует вывод о нецелесообразности подобной замены труб, при условии, если габариты и масса труб не имеют значения (не главные параметры).

Критерий эффективности теплообмена (E) не отражает экономию материала и не учитывает габаритные показатели [1]. Но в области энергетики для стационарных теплообменников, где габариты играют второстепенную роль, этот критерий является ключевым.

Для условий передвижения транспортных средств, где решающее значение имеют массогабаритные показатели, например, для космических аппаратов (КА), возможна интенсификация теплообмена с $E < 1$, если при этом существенно сократятся габаритные размеры и металлоёмкость труб.

Далее будем придерживаться энергетического подхода, считая главным показателем эффективность теплообмена – E .

По степени интегральной эффективности пассивные интенсификаторы разделены на интенсификаторы с разного рода нестандартными поверхностями, воздействующими на гидродинамику потока жидкого теплоносителя:

– тип 1: спирально продавленные (spirally indented tubes) (SIT) или канатные (пример: трубы с острыми кромками рифлей) [2] (рис. 1);

– тип 2: спирально оребрѐнные (spirally ribbed tubes) (SRT), пример: спирально накатанные трубы (рис. 2);

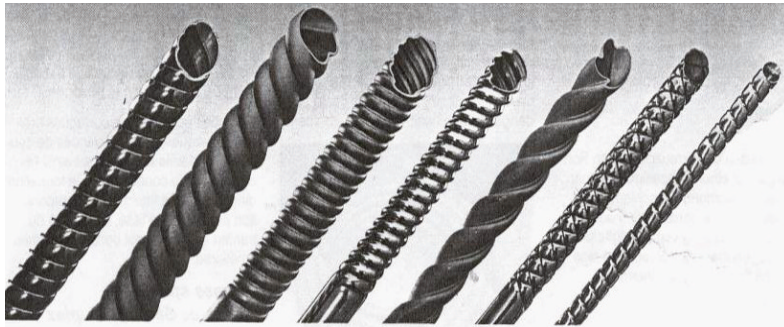


Рис. 1. Образцы труб фирмы Turbo Helix тип труб – Kreuz-Drall-Rohr

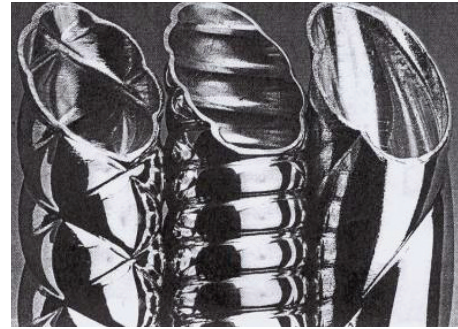


Рис. 2. Внешний вид спирально оребренных труб, фирмы Kreuz-Drall-Rohr

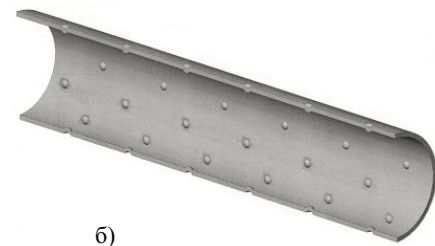
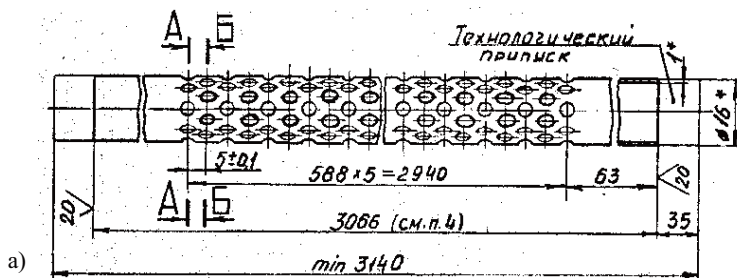


Рис. 3. Схема (а) и внешний вид (б) облунённой трубы

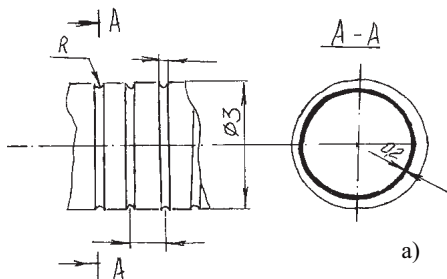


Рис. 4. Схема (а) и внешний вид (б) накатной трубы

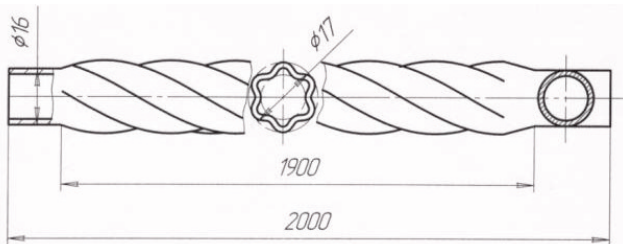


Рис.5. Схема (а) и внешний вид (б) спирально-профильной трубы (СПТ)

– тип 3: продольно оребренные (finned tubes) (FT) (пример: трубы любого профиля сечения с углом = 0). Работают по принципу разрушения пристенных слоёв жидкости и относятся к интенсификаторам теплообмена второго поколения;

– тип 4: с трёхмерной шероховатостью (3xDТ) (пример: облунённые трубы снаружи и изнутри, рис. 3);

– тип 5: с поперечной двухмерной шероховатостью (2xDТ) (пример: трубы с поперечной (90°) накаткой, рис. 4);

– тип 6: спирально желобчатые (spirally fluted tubes) (SFT) (пример: гофрированные трубы с плавными рифлями-флютами) – в нашей статье – СПТ (рис. 5); трубы любого профиля сечения с углом = 0; трубы с проволочными вставками (coil inserted tubes CIT) отнесены авторами



[3] к интенсификаторам теплообмена третьего поколения.

Следует отметить, что все типы труб применяются как для ламинарного, так и для турбулентного течения.

В отечественной промышленности широко применяются трубы второго поколения, повышающие, благодаря пристенной турбулизации потока, эффективность теплообмена по сравнению с аналогичной гладкой трубой в 1,3...1,5 раза, однако у этого вида интенсификаторов есть два недостатка:

- во-первых, сам способ изготовления невозможен без значительного увеличения гидравлического сопротивления;
- во-вторых, эффективность теплоотдачи в максимальных пределах до 1,5 раз по сравнению с аналогичными ГКТ обеспечивается либо за счёт пристенной турбулизации (накатные трубы), либо только за счёт закрутки потока (трубы со шнековыми вставками).

Известно, что в случае турбулентного течения жидкости в качестве интенсификаторов целесообразно применять канавки небольшой $\frac{S}{D} = 0,5$ шой высоты (флю- $\frac{d}{D} = 0,98$ там) с малыми шагами. Так, при шаге и глубине канавки темп роста теплоотдачи превышает темп роста гидросопротивления на 10% ($Re = 0,63105$). При этом теплоотдача вырастет на $\frac{d}{D} = 0,8737\%$, а гидросопротивление на 24%.

При глубине канавки и при том же шаге рост сопротивления превысит рост теплоотдачи в 5 раз; при этом теплоотдача вырастет в 2,3 раза, а сопротивление в 10,5 раз.

Видно, что в случае турбулентного течения внутри каналов и труб, глубину канавок следует выбирать существенно меньше, чем в ламинарном случае.

Известно, что теплоотдача при турбулентном течении гораздо выше нежели при ламинарном. В этом случае нельзя рассматривать интенсификацию теплообмена только с одной стороны (внутри трубы), так как оба коэффициента теплоотдачи как снаружи, так и внутри трубы становятся соизмеримы.

Самый простой способ интенсификации теплообмена в канале – повысить скорость потока. Если расход фиксирован, то следует уменьшить характерный размер канала (для труб – диаметр).

Известно, что коэффициент теплоотдачи A связан со скоростью течения жидкого теплоносителя C_v в степени 0,8 и выражен уравнением: $A = C_v^{0,8}$, а гидравлические потери H пропорциональны скорости течения жидкого теплоносителя C_v в степени 1,75 – уравнением: $H = C_v^{1,75}$. Очевидно, что подобная интенсификация будет обходиться тем дороже, чем она выше.

Вышеприведённые соотношения справедливы для гидродинамической модели теплообмена, т.е. при безотрывном течении потока вдоль теплопередающей поверхности. Естественно, что решать проблему интенсификации теплообмена в СПТ следует в рамках другого типа течения – отрывного, к которому гидродинамическая теория теплообмена неприменима.

1. Характеристики труб внутреннего теплообмена СПТ.

1.1. Характеристики СПТ с углами менее 25° и числом заходов менее 10.

Согласно [4–6] можно сопоставить по характеристикам с продольно оребрёнными трубами, эффективность которых крайне низка.

Теплоотдачу и сопротивление таких труб в турбулентной области высчитываем по формулам:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \quad (3)$$

$$D_h = \frac{0,315}{Re^{0,25}} \quad (4)$$

где D_h – характерный размер – гидравлический диаметр.

1.2. Характеристики СПТ с углами более 25° и числом заходов менее 10.

Исходная геометрия СПТ:

- диаметр исходной трубы, мм D_0 ;
- диаметр описанной окружности, мм D_a ;
- диаметр вписанной окружности, мм D_b ;
- гидравлический диаметр, мм D_h ;
- толщина стенки трубы, мм s ;
- глубина гофры (флюта), мм c ;
- шаг между соседними флютами, мм k ;
- геликальный угол*, град. q ;
- число заходов **, штук Ξ .

(Примечание: * Угол θ расположен между касательной к цилиндрической винтовой линии и касательной к окружности цилиндра в этой же точке – угол подъёма винтовой линии;

** Количество гофров в поперечном сечении трубы).

Вместо шага между соседними гофрами при заданном угле закрутки (θ°) можно использовать такую эквивалентную характеристику, как число «заходности» (Ξ) гофров, характеризующее количество выступов-гофров в поперечном сечении трубы.

Плотность выступов-впадин на единицу длины трубы в общем случае характеризуется двумя параметрами: углом закрутки гофр и их «числом заходности».

Все перечисленные параметры полностью характеризуют геометрию гофрированных СПТ.

В этой связи для теоретических и экспериментальных исследований теплообмена и гидравлического сопротив-

ления гофрированных СПТ следует привлекать функциональные зависимости, учитывающие все основные геометрические, гидродинамические и тепловые эффекты.

Таким образом, число Нуссельта Nu , характеризующее теплоотдачу и гидравлическое сопротивление ξ , должно являться функциями числа Рейнольдса Re , Прантля Pr , глубины гофра c^* , шага между гофрами k^* , угла закрутки θ^* , то есть:

$$Nu = f_1(Re, Pr, c^*, k^*, \theta^*),$$

$$\xi = f_2(Re, Pr, c^*, k^*, \theta^*),$$

где безразмерные величины $c^* = \frac{c}{D_a}$, $k^* = \frac{k}{D_a}$ и $\theta^* = \frac{\theta}{90^\circ}$.

В этой связи критерий энергетической эффективности приобретёт более конкретный вид:

$$E = \left(\frac{Nu}{\xi}\right) / \left(\frac{Nu_0}{\xi_0}\right) = \frac{f_1(Re, Pr, c^*, k^*, \theta^*)}{f_2(Re, Pr, c^*, k^*, \theta^*)} / \frac{f_{10}(Re, Pr, c^*, k^*, \theta^*)}{f_{20}(Re, Pr, c^*, k^*, \theta^*)} \quad (5)$$

Для турбулентной области величина Nu в 1,1÷2 раза выше, причём с увеличением числа Re эффективность интенсификации (E) уменьшалась. Трубы с глубокими и узкими флютами играют незначительную роль в увеличении числа Nu . С другой стороны, уменьшение флютового шага (k) увеличивает число Nu . Можно провести грубое сравнение, сравнивая флютовую трубу (СПТ) с ГКТ эквивалентного диаметра.

Для переходного и ламинарного режимов ($Re < 3000$) эффективность СПТ выше 1 (единицы).

Для турбулентного режима эффективность СПТ меньше 1 (единицы), причём лучшие параметры теплоотдачи показывают неглубокие флюты.

$$Nu = \frac{h \cdot D_h}{\lambda}, Re = \frac{v \cdot D_h}{\nu}, \theta = \arctan\left(\frac{\pi \cdot D_a}{N}\right),$$

где N – число заходов (start number).

Проведём сравнение СПТ с наиболее распространённым типом труб в России SRT. К этому типу труб принадлежат так называемые накатанные трубы (рис. 4).

Характеристики труб для режима турбулентного течения ($10000 < Re < 100000$) выражаются зависимостями:

- относительный коэффициент трения [13]

$$\frac{f}{f_0} = 1 + 13 \cdot \frac{c^*}{k} + 94 \cdot \left(\frac{c^*}{k}\right)^2, \quad (6)$$

что справедливо при:

$D_e = 14 \div 28$ мм; $c^* = (0.017 \div 0.12)$; $k^* = 9 \div 140$; $N = 1 \div 3$; $Re = 10000 \div 100000$;

- относительный коэффициент эффективности теплоотдачи [14]:

$$\frac{Nu}{Nu_0} = \frac{Re \cdot Pr \cdot f}{8 \cdot Nu_0} \cdot \left[Pr_t + \left(\frac{Re \cdot Pr \cdot f}{8 \cdot (A_1 A_4 + A_2 A_3)} \right) \right]^{-1}, \quad (7)$$

где

$$A_1 = \left(\frac{9}{\pi}\right) \cdot \left[c \cdot \left(1 + \frac{\left(\frac{\pi \cdot D_a}{N p}\right)^2}{D_a} \right)^{0.5} \right], A_2 = 1 - \frac{9 \cdot c}{\pi \cdot D_e \cdot \left[1 + \left(\frac{\pi \cdot D_e}{N p}\right)^2 \right]^{0.5}}, \quad (8)$$

$$A_3 = Re \cdot \left(\frac{f}{8}\right)^{0.5}, A_4 = \left[Re \cdot Pr \cdot \left(\frac{f}{8}\right)^{0.5} \right]^{0.5}, Pr_t = 0,2 \cdot Re^m \cdot Pr^{0.52}, \quad (9)$$

$$m = 0,163 + \frac{4,2 \cdot c}{[N p^2 + (\pi \cdot D_a)^2]^{0.5}} \quad (10)$$

Указанные зависимости справедливы при:

$c^* = 0.01 \div 0.065$; $k^* = 10 \div 40$; $\theta = 3^\circ$; $Re = 10000 \div 100000$.

Согласно данным [14, 15] при $Re = 10000$ имеем:

– $c^* = 0,046$ и $\frac{c^*}{k^*} = 0,103$, Nu вырастет в 2 раза, а сопротивление в 3 раза;

– $c^* = 0,031$ и $\frac{c^*}{k^*} = 0,027$, Nu вырастает в 1,1 раза, а сопротивление в 1,3 раза.

– при $Re > 10000$ сопротивление растёт быстрее теплоотдачи.

По другим данным [3] для $Re = 10000$ и $c^* = 0.04$, $\frac{c^*}{k^*} = 0,1$ – Nu вырастет в 3 раза, а сопротивление в 4 раза.

Отличие данных [6, 9] от [1] следует объяснять с точки зрения совершенства проведения опытов и формы выступов.

В целом эффективность труб SRT для данного диапазона чисел Re , как и СПТ, оказывается меньше 1.

1.3. Характеристики СПТ с углами $15 \div 30$, числом заходов $n = 10 \div 30$ (шт.), углом подъёма винтовой линии 30 и относительной глубиной флюта $\frac{h}{R} = 0,08$ [17, 18]

В области турбулентного течения ($10000 < Re < 100000$) трубы SRT и ГКТ плохо поддаются интенсификации, в отличие от них с изменением коэффициента трения в СПТ наблюдается существенный рост эффективности теплопередачи.

Относительная теплоотдача $Q^* = \frac{Q_{СПТ}}{Q_{ГКТ}}$ (отношение теплоотдачи СПТ к теплоотдаче ГКТ) с увеличением числа заходов (\varnothing) постепенно растёт, достигая отметки 3. При этом роста коэффициента трения (f) не происходит, более того, зачастую наблюдается обратный эффект – его уменьшение. Подобная характеристика является весьма привлекательной с точки зрения применения такой трубы в теплообменном оборудовании:

$$\frac{c}{R_a} = 0,08; \varnothing = 30; \theta = 30^\circ, \quad (11)$$

где c – глубина флюта, R_a – радиус описанной окружности трубы после её деформации, \varnothing – число заходов, θ – геликальный угол.



Среди конкурирующих труб из оставшихся шести типов наиболее близко по энергетической эффективности подходят трубы типа 3хDT и SIT.

Применение труб SIT «канатного» (рис. 1) позволяет добиться дополнительного роста эффективности за счёт использования насечек «крест на крест».

Подобную технологию применяет фирма TurboHelix (тип труб – Kreuz-Drall-Rohr), рис. 2. Для этих труб, в диапазоне $20000 < Re < 100000$, критерий эффективности теплообмена E выше в 3,5 раза.

Что касается труб типа 3хDT – в том же диапазоне чисел Re эффективность этих труб в целом близка к единице и лишь гипотетически может достигать отметки 2.

2. СПТ: характеристики наружного теплообмена

Все приведённые оценки получены для внутреннего течения с СПТ. Применительно интенсификации теплообмена с наружной стороны СПТ, необходимо разграничить возможные условия эксплуатации. Помимо различной геометрии межтрубного пространства, гидродинамические условия могут быть различными. Исходя из регламентированного объёма статьи, ограничимся рассмотрением конденсаторов пара.

Выбор этого типа теплообменного оборудования определяется тем, что максимально используется специфическая особенность СПТ – тождественность наружной и внутренней поверхностей (при бесконечно тонкой стенке) и, следовательно, имеется возможность интенсификации теплоотдачи с наружной стороны, что невозможно для накатанных труб типа SRT.

Способ интенсификации конденсации пара на наружной стороне труб путём придания им волнообразного профиля известен давно [12]. Получена расчётная зависимость для волнистых труб (угол равный 90° , расположение – горизонтальное):

$$\frac{h}{h_0} = 2,469 \cdot \left(1 - \frac{R}{D_a}\right) \cdot \left(1 - \frac{0,379k}{D_a}\right) \cdot \exp\left[3,65 \left(1 - \frac{D_b}{D_a}\right)\right], \quad (12)$$

где D_a – диаметр описанной окружности вокруг наружного профиля трубы, D_b – диаметр вписанной окружности в наружный профиль трубы; R – радиус закругления выступающих частей флютов

При $\left(\frac{D_b}{D_a}\right) = 0,89 \div 0,95$; $\frac{k}{D_a} = 0,283 \div 0,37$; $\frac{R}{D_a} = 0,5 \div 1$ коэффициент теплоотдачи по пару увеличивается в $2 \div 2,65$ раз.

СПТ имеют иную геометрию (синусоидальную) при фиксированном угле наклона винтовой линии. Теплоотдача по пару на СПТ в зависимости от высоты флютов исследована в [13]. Характеристики СПТ можно определить из расчёта и эксперимента. Оценки показывают, что СПТ с ранее описанной оптимальной геометрией (15) в

случае установки её в горизонтальном положении даст увеличение теплоотдачи по паровой стороне в 4,5 раза существующих ГКТ.

С учётом интенсификации теплообмена с внутренней стороны применение 30-ти заходной СПТ приведёт к росту коэффициента теплопередачи в 3,6 раз. Это значит, что при увеличении мощности на прокачку охлаждающей воды в 1,5 раза и при тех же габаритах и трубной доске конденсатора можно снять в $3,6 \times 1,5 = 5,4$ раз больше тепла.

В условиях турбулентного режима течения (энергетика) – оптимальным следует считать применение 30-ти заходных СПТ, которые наиболее рационально применять там, где потери давления играют решающую роль, например, в условиях естественной конвекции – испарители и т.п.

СПТ можно использовать в качестве жаровых труб в котлах, где основным ведущим элементом является величина критического теплового потока. Данные по этому вопросу для жаропрочных СПТ в литературе отсутствуют. С другой стороны, имеются данные по влиянию облунения на величину критического теплового потока при кипении [15]. Теплоотдача в закризисной области кипения в случае применения облунённой поверхности приводит к увеличению теплоотдачи в $1,5 \div 4$ раза, что приводит к снижению температуры стенки на $100 \div 200^\circ\text{C}$. Рекомендуется иметь трубки $\varnothing 10$ мм. Геометрия лунок должна быть: $\varnothing 3,8$ мм, глубина гофров – 1,0 мм; шаги в обоих направлениях – $6 \dots 6,5$ мм.

Применение таких труб в котлах позволит проектировать топки на большие тепловые потоки (отодвигая кризис). Поэтому вариант производства облунённых труб имеет большую перспективу для энергетики.

Оптимальные конструктивные параметры СПТ для пароводяных подогревателей, включающие диаметр описанной окружности, диаметр вписанной окружности, гидравлический диаметр, глубину флюта и шаг между соседними флютами, применяемые в настоящее время, представлены на рис. 6.

Геометрические параметры СПТ (рис.12): $D_a = 16$ мм, $D_b = 11,42$ мм, $D_h = 8$ мм, $c = 1,79$ мм, $k = 3$ мм. $\varnothing = 12$ шт. $\theta^\circ = 45^\circ$, $\frac{c}{R_a} = 0,31$, $\frac{D_b}{D_a} = 0,714$, $\frac{k}{D_a} = 0,188$.

Любая геометрия труб, принадлежащая к классу СПТ, может применяться в условиях турбулентного течения ($10000 < Re < 100000$).

Стоимость труб, применяемых в теплообменных аппаратах достигает 15–20% от полной стоимости завода, поэтому интенсификация теплообмена в 2 раза позволит сократить площадь теплообменников в 2 раза, что даст эффект в стоимостном выражении в 7–10% от стоимости завода [14].

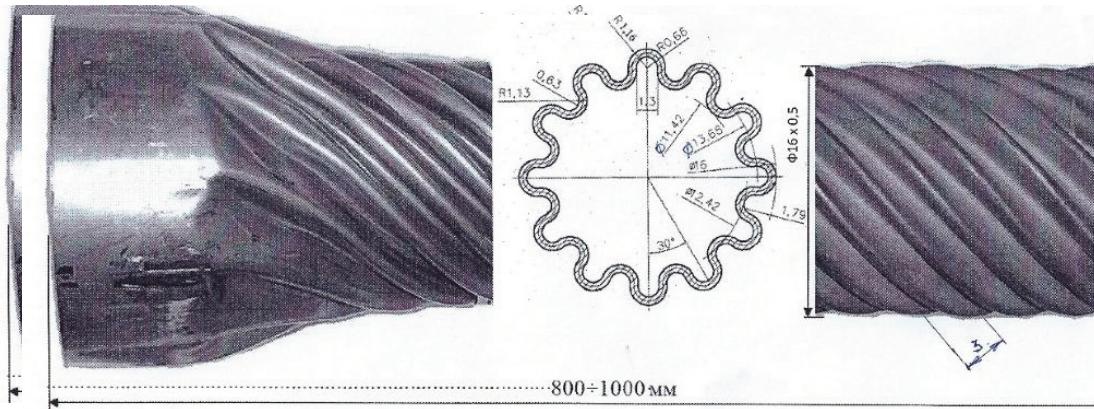


Рис.6. СПТ 12-ти заходная с углом подъёма винтовой линии 45°

Выводы:

- СПТ рекомендуется использовать для интенсификации теплообмена с внутренней стороны в тех случаях, когда теплоноситель находится в условиях переходного режима перетекания теплоносителя ($R_e=1000$), что определяется числом P_r . Оптимальной сферой применения СПТ может стать холодильная техника (конденсаторы, испарители и т.п.), где стандартный типовой ряд используемых труб начинается с диаметра 10 мм;
- при глубине гофр СПТ порядка $0,08 \div 1,5R_a$ и углах закрутки $\theta = 25 \div 45^\circ$ с варьируемой повышенной плотностью гофр возможно обеспечить механизм разрушения пристенных слоев теплоносителя, а в ряде случаев дополнительно обеспечить локальную пристенную закрутку его потока;
- при глубине гофр СПТ порядка $0,2 \div 0,5R_a$, углах закрутки $\theta = 25 \div 45^\circ$ и числа $\vartheta = 3 \div 12$ возможно не только обеспечить закрутку всего потока, но и разделить общий поток на ряд дискретных, в зависимости от числа «заходности» (ϑ) с фиксированным углом закрутки потоков (θ);
- тепловая труба может содержать несколько отдельных участков при одной длине, каждый для выполнения отдельных функций: первый участок (переходный режим течения теплоносителя) представляет СПТ, которая выполнена с углом закрутки потока от 40° до 60° , второй участок (развитое однофазное турбулентное течение) выполнен по типу 30-ти заходной СПТ и третий участок (течение двухфазной смеси) – облунённая труба. Однако в реальности проще разбивать процесс на отдельные трубы.

Список литературы

1. Назмеев Ю.Г. Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков реологически сложных жидкостей // М.: Энергоатомиздат, 1996.
2. Ravigururajan T.S., Rabas T.J., Turbulent flow in Integrally Enhanced Tubes, Heat Transfer Engineering, v.17, 2, 1996.

3. Всероссийская конференции Закрутка потока для повышения эффективности теплопотока в теплообменниках (апрель 2002 г.). ОИВТ РАН.

4. Лебедев В.Н., Лебедев А.Н., Мишулин А.А., Вайцехович С.М., Овчинникова Г.А. Энергосбережение в энерготехнике и коммунальном хозяйстве. Материалы МНПК Рациональное природопользование: ресурсо- и энергосберегающие технологии и их метрологическое обеспечение. Петрозаводск. Республика Карелия. Москва. 2004.

5. Боголюбов Е.Н., Лившиц М.Н., Григорьев Г.В. Результаты исследования и промышленного внедрения винтообразнопрофильных труб // Теплоэнергетика. 1981. №7.

6. Шукин В.К. Теплообмен и гидродинамика внутренних потоков в полях массовых сил. М.: Машиностроение, 1970.

7. Vijayaraghavan S., Christense R., Experimental, Investigation of Heat Transfer and Pressure Drop SFT, Ohio State Un., 1992.

8. Mayhew J.R. Power Condenser Heat Transfer Technology, pp.229-277, Hemisphere, New York, 1980.

9. Обобщение данных по гидравлическому сопротивлению в винтообразно-профилированных трубах, Боголюбов Ю.Н., Бродов Ю.М. и др. Гидроэнергетика, 1980.

10. Бродов Ю.М., Гальперин Л.Г., Чижевская Е.М. К расчёту теплоотдачи при течении воды в профилированных витых трубах, ИФЖ, 5, 1982.

11. Launder В.Е., SFT: Prediction and Measurements, Heat Transfer, Proc.Int.Heat Transfer Conf.,10th, 1994.

12. Калинин, Дрейцер, Ярхо, Интенсификация теплообмена в каналах,1990.

13. Aly N.H., Bedrose S.D., Enhanced film condensation of steam on SFT, Desalination, v.101, pp.295-301, 1995.

14. Marto P.J., An experimental comparison of enhance heat transfer condenser d tubes, ASME-Advances in Enhanced Heat Transfer, pp.1-9, 1979.

15. Влияние облунения на теплоотдачу в закруточной области кипения. Физика Высоких Температур. Известия РАН, 2000, т. 38. №6. С. 950–957.

УДК 621.777

Овечкин Л.М., Кривенко Г.Г.

Особенности технологической реализации процесса равноканального углового прессования для получения ультрамелкозернистых структур

В настоящее время решение многих производственных задач предприятий отрасли требует применения материалов с ультрамелкозернистой структурой, характеризующихся комплексом высоких механических свойств.

Широкое развитие получили методы интенсивной пластической деформации (ИПД), которые наравне со сравнительной простотой реализации позволяют достигать ультрамелкозернистых структур в обрабатываемых заготовках.

Анализируя разновидности методов ИПД, стоит выделить наиболее эффективные из них при сравнительной простоте промышленной реализации: многоцикловое равноканальное угловое прессование (РКУП), при котором заготовка прямоугольного или круглого сечения продавливается через пересекающиеся под углом каналы равного поперечного сечения и процесс винтовой экструзии, когда призматическая заготовка продавливается через специально сформированный канал, в результате чего поперечное сечение заготовки поворачивается относительно первоначального положения. Данные разновидности процессов ИПД позволяют эффективно проработать структуру за счёт осуществления деформации сдвига.

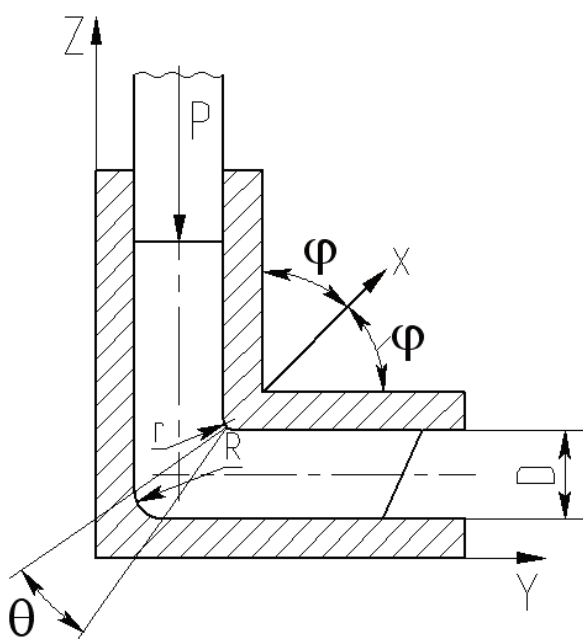


Рис. 1. Геометрические и силовые параметры процесса РКУП:

P – сила прессования; D – размер сечения канала;
 r – внутренний радиус канала; R – внешний радиус канала;
 φ – половина угла пересечения каналов; θ – внешний угол канала

Однако стоит отметить, что процесс винтовой экструзии характеризуется существенной трудоёмкостью изготовления профилированного сложнопрофильного канала оснастки, а также отсутствием возможности быстрой переналадки. В свою очередь процесс РКУП (рис. 1) эффективен простотой конструкции оснастки, малой трудоёмкостью изготовления, а также возможностью быстрой переналадки или замены исполнительных элементов в случае их эксплуатационного износа.

Оснастка для РКУП представляет собой матричный блок, в котором сформированы пересекающиеся каналы равного поперечного сечения. Приращение интенсивности деформации сдвига при РКУП определяется по выражению:

$$\Delta\Gamma = 2 \cdot N \cdot \text{ctg}\varphi, \quad (1)$$

где N – количество циклов прессования; φ – половина угла пересечения каналов.

Согласно (1) величина приращения деформации зависит от угла пересечения каналов. В соответствии с этим целесообразно использовать оснастку, которая обладает возможностью быстрой переналадки за счёт комплекта быстросъёмных вставок, формирующих пересекающиеся каналы матричного блока (рис. 2), что позволяет избежать трудоёмкого изготовления нового матричного блока.

Рассматривая схему РКУП, необходимо принимать во внимание такие технологические аспекты, как условия

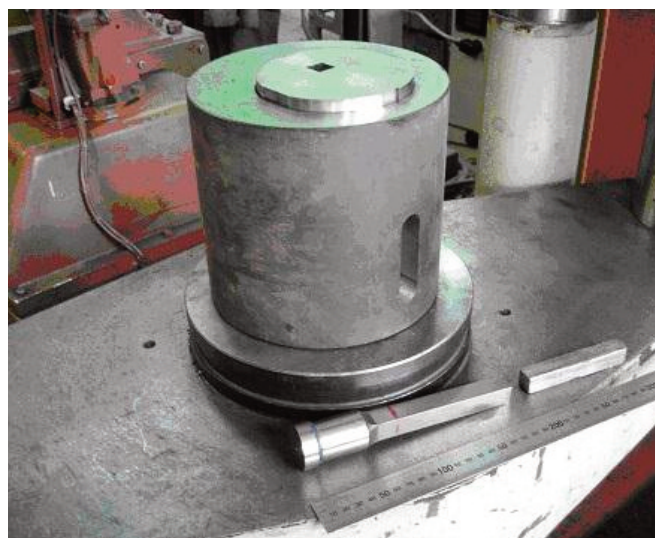


Рис. 2. Оснастка для РКУП



Рис. 3. Геометрическое изменение выходных торцевых участков заготовок в ходе прессования при величинах радиусов сопряжения, мм: а) 2; б) 10

трения, остаточные упругие деформации, неоднородность деформирования за один цикл. В этой связи следует подробнее остановиться на данных факторах.

Условия трения в канале матрицы неоднородны как по причине затруднённого нанесения технологической смазки, так и её выдавливания с поверхности канала в результате возникновения значительных сил деформирования при продавливании заготовки. Известно, что в результате РКУП торцы заготовки претерпевают искажение в результате сдвиговых деформаций и условий трения, что негативно сказывается на возможности дальнейшего применения получаемых заготовок. В соответствии с этим возникает необходимость выбора оптимальной технологической смазки в целях оптимизации энергосиловых параметров и геометрической формы получаемых заготовок [4].

Для выявления кинематики течения металла в канале матрицы выполнено компьютерное моделирование в программном комплексе QForm (рис. 3). Параметры канала матрицы – поперечное сечение 16×16 мм, угол пересечения каналов – 90°. Материал заготовки – технически чистый алюминий АД1, размеры заготовки 16×16×90 мм, деформирование осуществляется при температуре 20°С, трение считали отсутствующим для описания общей картины процесса.

Так, сила прессования, зависящая от коэффициента трения металла заготовки о канал матрицы, определяется:

$$P_1 = F \cdot \left(\frac{k \cdot (\mu + \operatorname{ctg} \varphi)}{1 - \mu \cdot \operatorname{ctg} \varphi} + k \cdot \operatorname{ctg} \varphi \right), \quad (2)$$

где F – площадь сечения канала, мм²; k – постоянная пластичности металла; μ – коэффициент трения.

Стоит отметить, что после осуществления цикла прессования, в результате остаточных упругих деформаций возникают затруднения при помещении заготовки в при-

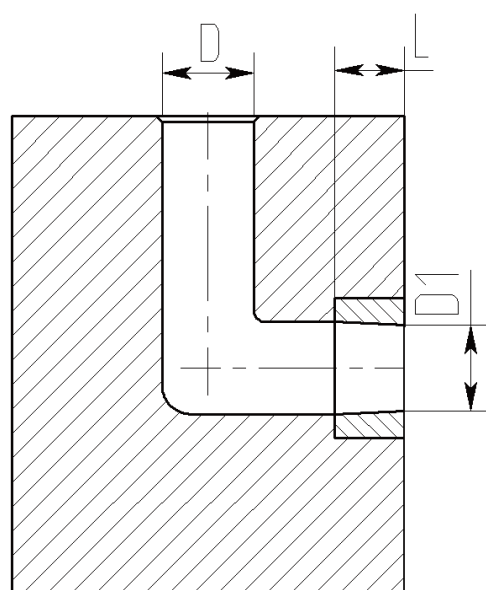


Рис. 4. Применение калибратора в оснастке для РКУП:
 D – размер поперечного сечения каналов;
 D_1 – размер поперечного сечения калибратора

ёмный вертикальный канал матрицы. Ввиду этого необходимо конструктивно выполнять в оснастке калибратор, который способствует уменьшению размера поперечного сечения для её последующего позиционирования и проведения следующего цикла прессования (рис. 4).

По результатам экспериментов установлено, что величину размера поперечного сечения калибратора при РКУП алюминиевого сплава АД1 целесообразно выполнять в диапазоне значений $D_1 = 0,985 \div 0,99D$. Необходимо выполнять калибратор лёгко съёмным, подлежащим замене в случае возникаемого износа. Однако следует учитывать, что при уменьшении поперечного сечения заготовки до некоторой величины, возникает условие для затекания материала заготовки под пуансон. Это может привести к заклиниванию оснастки, в худшем случае – к её разрушению.

Рис. 5. РКУП по маршруту В_С

Технологической особенностью процесса РКУП является использование последующей заготовки в качестве мягкого пуансона для ранее продеформированной и находящейся в выходном горизонтальном канале матрицы заготовки. Материал для мягких пуансонов следует выбирать идентичным материалу прорабатываемых заготовок. Так, в качестве материала для мягкого пуансона в эксперименте использовался алюминиевый сплав АД1. В таком случае не создаётся условий, при которых заготовка подвергается воздействию со стороны мягкого пуансона, что приводит к искажению её торца. Для цикла прессования одной заготовки необходим комплект мягких пуансонов, количество и размеры которых зависят от длины прессуемой заготовки и геометрии канала матрицы. Как отмечалось ранее, конструкцию штамповой оснастки целесообразно выполнять легко разбираемой как для извлечения заготовки, так и для переналадки.

УДК 621.791.03/.052:621.791/.792

Кулик В.И., Степанов В.В., Хмылов Г.И., Колесников В.Н.

Технология аргоно-дуговой сварки-пайки магниевых сплавов

В настоящее время одним из главных критериев разработки корпусных элементов новой техники является необходимость обеспечения минимального веса конструкции. В связи с этим возрастает интерес к применению в промышленности сплавов, обладающих высокой удельной прочностью. По данному показателю магниевые сплавы превосходят современные сплавы на основе алюминия, применяющиеся в промышленности.

Для получения неразъёмных соединений из магниевых сплавов наиболее широко распространены дуговые спо-

В соответствии с данными по геометрическому оформлению очага деформации, полученными при компьютерном моделировании, а именно введением радиусов сопряжения 2 и 5 мм, осуществлён технологический цикл РКУП составной заготовки. На её среднюю часть наносилась сетка 3×3 мм. Геометрические размеры заготовки при этом составляли 16×16×70 мм, технологическая смазка – масляно-графитовая эмульсия. Обработанная заготовка по маршруту с поворотом заготовки между циклами на 90° представлена на рис. 5.

Искажение выходного торца заготовки сходно с результатами проводимого моделирования [5], что подтверждает целесообразность предпроектного исследования.

Выводы

1. По результатам экспериментальных исследований выявлено, что применение в конструкции внутреннего и внешнего радиусов сопряжения каналов величиной 2 и 5 мм соответственно, обеспечивает улучшение кинематики течения металла в канале матрицы, причем искажения выходного торца заготовки незначительны.

2. В рамках исследования многоциклового равноканального углового прессования алюминиевого сплава АД1 установлено, что размер поперечного сечения калибрующего пояса для последующей беспрепятственной установки прессованной заготовки в вертикальный приёмный канал составляет величину $0,985 \pm 0,0099$ от размера поперечного сечения канала матрицы.

3. Геометрическая форма заготовок, получаемых экспериментально, сходна с формами, полученными при компьютерном моделировании.

собы сварки. Однако из-за высокого коэффициента термического расширения магниевые сплавы обладают повышенной склонностью к трещинообразованию на стадии охлаждения, и процесс сварки предпочтительно осуществлять или в жёсткой оснастке с последующей продолжительной термической обработкой для снятия остаточных напряжений, или использовать мягкие режимы сварки. Вместе с тем применение данных технологических приёмов не всегда позволяет избежать образования трещин в сварном соединении.

При изготовлении ряда конструкций рекомендуется использовать процессы пайки. Но из-за высокой химической активности магния и его сплавов процесс пайки необходимо осуществлять с применением специализированных активных хлоридных флюсов, снижающих коррозионные свойства соединений. Для изготовления таких конструкций предложено использовать процесс аргонно-дуговой сварки-пайки. Данный процесс осуществляется аналогично обычному процессу аргонно-дуговой сварки на малых токах с использованием присадочного материала на оборудовании, предназначенном для сварки алюминиевых и магниевых сплавов. При этом параметры режима нагрева подбираются с учётом полного расплавления присадочного материала и без расплавления свариваемых деталей. В качестве присадочного материала по аналогии с припоем при пайке используются сплавы, отличающиеся по химическому составу от основного материала и имеющие более низкую температуру плавления. Отсутствие или минимальное расплавление основного материала позволяют уменьшить остаточные напряжения, а с помощью расплавленного присадочного материала формируется соединение, обеспечивающее прочностные свойства конструкции. Поскольку в данном процессе в формировании соединения участвует минимальная доля основного материала, то его можно использовать при проведении ремонтных работ изделий из магниевых сплавов, например, при исправлении дефектов литья, а также для получения неразъёмных соединений из разнородных материалов.

Для изучения технологических особенностей сварки-пайки магниевых сплавов изготовлены плоские образцы из сплава МА2-1 толщиной 1 мм. Для осуществления процесса сварки-пайки выбраны прутки присадочного материала марки ПМг-500 ТУ 92-922-5-601-74 системы Mg-Al-Zn-Cd, разработанной ФГУП «НПО «Техномаш». Для проведения сравнительных исследований образцы изготавливались обычной аргонно-дуговой сваркой неплавящимся электродом без присадочной проволоки, аргонно-дуговой сваркой-пайкой с присадочным материалом ПМг-500, а также флюсовой пайкой. Аргонно-дуговая сварка и процесс сварки-пайки осуществлялись на сварочной установке EWM Tetrix 230 неплавящимся электродом на пере-

менном токе, присадок ПМг-500 в виде прутка подавался в область сварки вручную. Методом флюсовой пайки изготавливались нахлесточные образцы из сплава МА2-1 с использованием в качестве припоя сплава МЛ15 и флюса Ф380Мг. Пайка проводилась в воздушной печи, температура пайки составила 600°C, время выдержки – 5 мин. Механические свойства соединений, выполненных различными способами, представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что соединения, выполненные по способу сварки-пайки с использованием присадочного материала ПМг-500, обладают свойствами, соответствующими паяным соединениям, и несколько меньшими по сравнению со сварными соединениями. Однако известно, что прочностные свойства паяных соединений в значительной степени зависят от геометрии изделия и, в частности, от площади контакта соединяемых поверхностей. Поэтому для более полного изучения процесса сварки-пайки магниевых сплавов проведено исследование по определению влияния типа соединений на механические свойства. Для этого выбрали два основных типа соединений: стыковое с Х-образной разделкой кромок (для толщин от 2 до 5 мм) и тавровое с двусторонней разделкой кромок. Сварку-пайку проводили вольфрамовым электродом на переменном токе с присадочным материалом ПМг-500. Сила сварочного тока составляла 50-60 А. Результаты механических испытаний образцов представлены в табл.2.

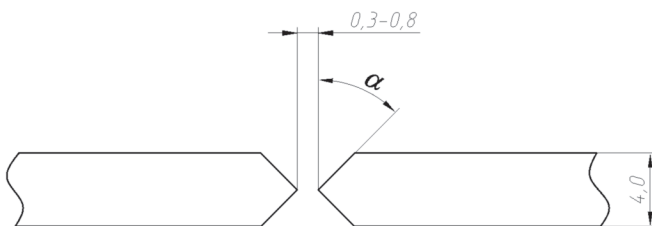
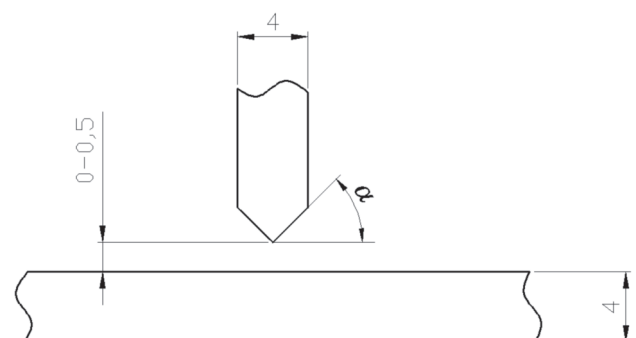
Анализируя данные табл. 2, можно сделать вывод, что при сварке-пайке образцов в стык наилучшие свойства наблюдаются с углом разделки до 45°. При больших углах разделки, вследствие увеличения площади сечения шва, уменьшается механическая прочность, но увеличивается пластичность, что объясняется применением менее прочного и более пластичного присадочного материала. При сварке-пайке тавровых соединений наиболее высокие механические свойства наблюдаются при больших углах разделки, что, вероятно, связано с увеличением катета шва.

Внешний вид сварно-паяных соединений показал отсутствие пористости и каких-либо включений. Для обеспечения хорошей коррозионной стойкости сварно-паяных

Таблица 1. Свойства соединений из магниевых сплавов, полученных различными способами

Способ соединения	Прочность на отрыв, МПа	Угол загиба, градус
Аргонно-дуговая сварка неплавящимся электродом без присадка	186-212	10-12
Флюсовая пайка припоем МЛ15	119-143	20-23
Сварка-пайка с присадком ПМг-500	131-147	13-20

Таблица 2. Механические свойства сварно-паяных соединений

Конструкция соединения	Угол разделки α , градус	s_b , МПа	Угол загиба, градус
	30	$\frac{128-154}{142}$	$\frac{15-18}{17}$
	45	$\frac{136-152}{145}$	$\frac{18-20}{19}$
	75	$\frac{103-142}{120}$	$\frac{23-28}{24}$
	30	$\frac{58-79}{64}$	—
	45	$\frac{62-93}{81}$	—
	75	$\frac{96-118}{102}$	—

соединений целесообразно оксидировать узел с последующим нанесением лакокрасочного покрытия. Оксидирование образцов проводилось в растворе фтористого калия в течение 10–15 мин. с последующей пропиткой в растворе $K_2Cr_2O_7$ при температуре кипения в течение 40–60 мин. Затем на поверхность наносилось лакокрасочное покрытие, состоящее из подслоя грунта ЛК-070 и двух слоёв эмалей ЭП-525 и ЭП-255. Образцы с покрытием подвергались исследованиям на коррозионную стойкость в парах соляного тумана. После цикла испытаний, соответствующих пяти годам эксплуатации, очагов корро-

зионного поражения ни на одном из образцов обнаружено не было.

Таким образом, процесс сварки-пайки магниевых сплавов позволит обеспечить получение качественных неразъёмных соединений с прочностью на уровне 100–140 МПа и хорошими коррозионными свойствами. Однако из-за более низкой механической прочности в сравнении со сварными соединениями данный способ может быть рекомендован при изготовлении изделий, для которых затруднено проведение последующей термической обработки или для исправления дефектов сварки и литья.

УДК 621.774.6

Овечкин Л.М., Кривенко Г.Г., Вайцехович С.М., Емельянов В.В., Прусаков М.А., Харсеев В.Е.

Повышение эффективности процесса гибки трубопроводов методом проталкивания

Исходя из специфики производственной деятельности предприятий отрасли, возникает широкая потребность в использовании различных типов сложно изогнутых трубопроводов. Как правило, их изготовление ведётся на специальных трубогибных станках. Для оценки технологических возможностей целесообразно рассмотреть метод

проталкивания через гибочную головку, образованную сочетанием гибочных роликов.

На сегодняшний день для формоизменения трубных заготовок проталкиванием применяется технология гибки роликом по дуговой траектории. Однако это может приводить к нелинейному увеличению силы проталкивания и



возможному возникновению дефектов гибки, таких как микрофры, которые существенно снижают качество изгибаемого участка.

Для устранения данных недостатков разработан способ перемещения гибочного ролика по диагонали, который осуществляется за счёт комбинации вращательного движения рычага, а также линейного перемещения гибочного ролика к центру опорного ролика.

Данная технология гибки разработана и в последующем реализована на модернизированном универсальном трубогибном станке модели СТОПН-80, который позволяет производить перемещение гибочного ролика по диагонали за счёт кинематики движения узлов гибочной каретки. Рассматривая траекторию движения гибочного ролика, возможно выделить ее следующие виды:

- а) встречный;
- б) попутный.

Данные виды перемещений характеризуются наличием или отсутствием угловой скорости ω , вследствие

чего гибка осуществляется только линейной подачей гибочного ролика.

В случае попутного перемещения гибочного ролика (рис. 1, в) траектория движения включает в себя установку ролика в исходное положение гибки с заданием начального плечагиба x_0 , а также последующий поворот гибочного рычага с угловой скоростью ω против часовой стрелки и одновременным линейным движением гибочного ролика к центру опорного ролика со скоростью v_R

Для определения параметров процесса гибки в среде T-Flex CAD создана параметрическая модель схемы гибки, позволяющая выявить их изменение (рис. 3). Ролик перемещается из начальной точки А в конечную точку В, заданную конечным значением радиуса R_k и углом поворота φ относительно начального положения. Данное перемещение реализуется путем суммирования двух перемещений – углового и осевого (со скоростями v_y и v_x соответственно). В случае применения к гибочному станку СТОПН-80 скорость v_x осевого перемещения постоянна,

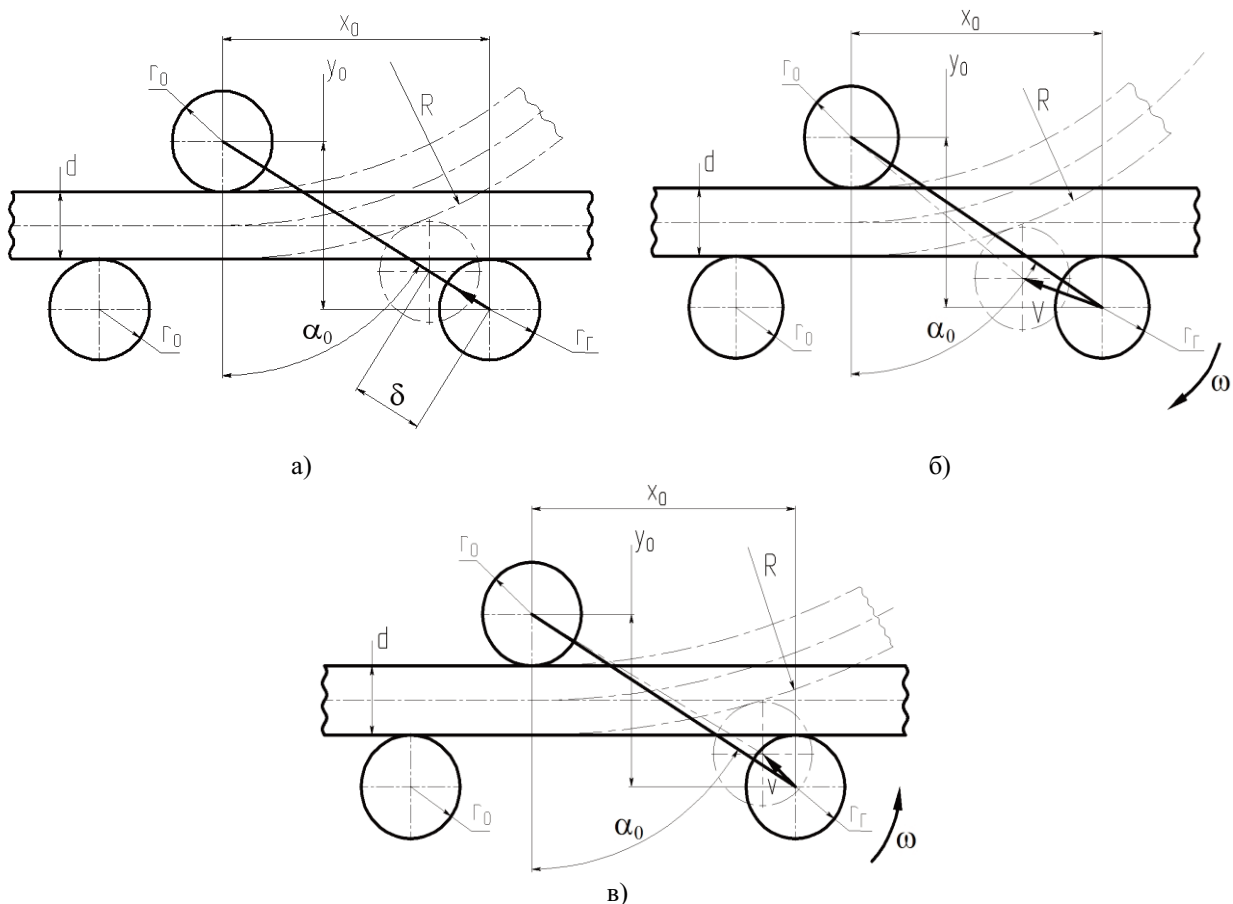


Рис. 1. Схемы гибки с диагональным перемещением, исходное положение: а) встречная; б) попутная с вращением против часовой стрелки; в) попутная с вращением по часовой стрелке, где α_0 – начальный угол поворота гибочного рычага;

x_0 – начальное плечогиба; y_0 – расстояние, соответствующее начальному плечугиба;

d – диаметр трубной заготовки; r_0 – радиус опорных роликов;

r_r – радиус гибочного ролика; R – необходимый радиусгиба

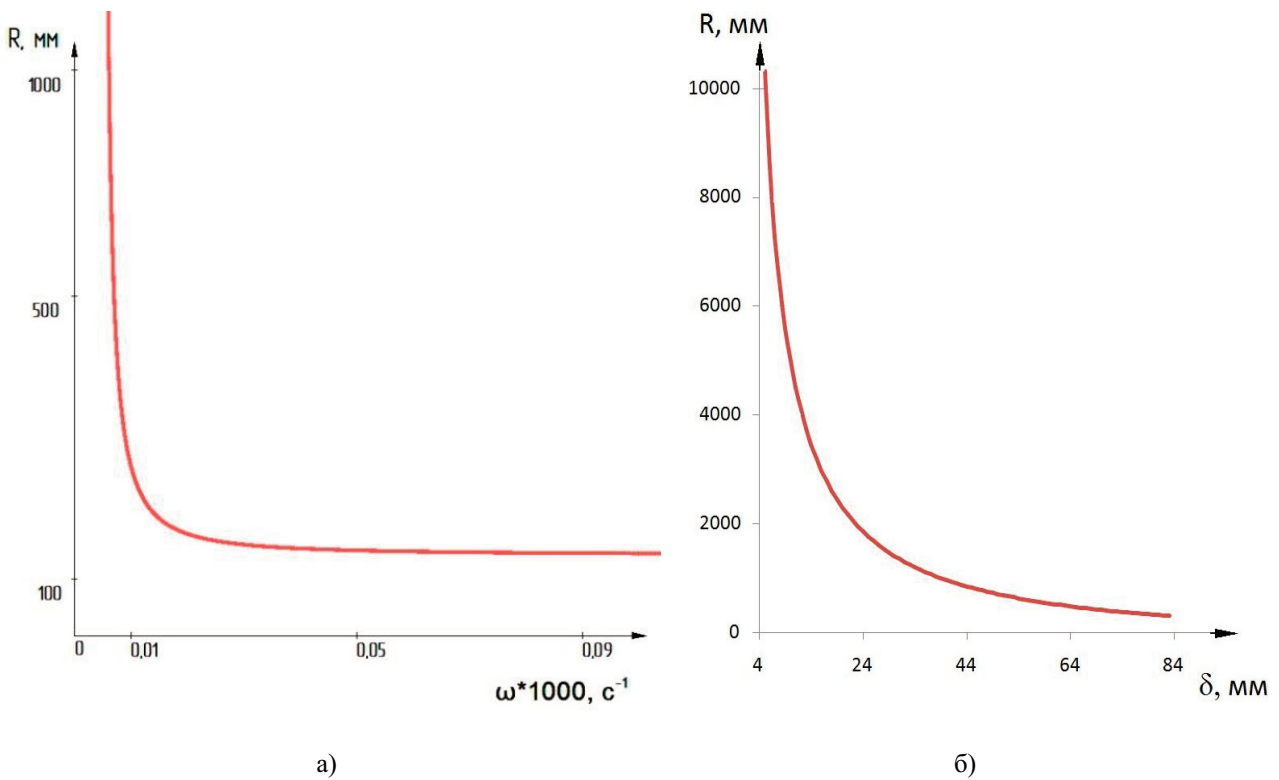


Рис.2. Изменение радиуса гибки: а) в зависимости от величины встречного перемещения гибочного ролика; б) от величины угла поворота гибочного рычага

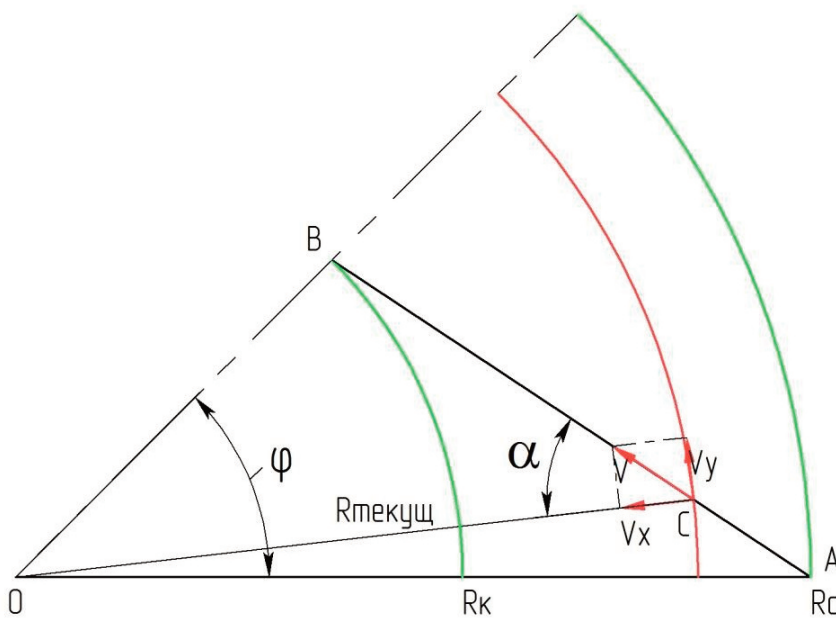


Рис. 3. Расчётная схема попутного перемещения гибочного ролика

следовательно, необходимо варьировать угловую скорость углового перемещения.

Для нахождения зависимости между скоростями рассмотрим треугольник COB (рис. 3).

По теореме синусов:

$$\frac{R_k}{\sin(\alpha)} = \frac{R_{\text{текущ}}}{\sin(180^\circ - (\varphi - \Delta\varphi) - \alpha)}, \quad (1)$$



где $\text{Sin}(180^\circ - (\varphi - \Delta\varphi) - \alpha)$ – угол при вершине B ; $\Delta\varphi$ – изменение угла гибки; R_k – конечный радиус гибки; $R_{\text{текущ}}$ – текущий радиус гибки; φ – угол поворота рычага;

После преобразований выражаем тангенс угла α :

$$\text{tg}(\alpha) = \frac{\text{Sin}(\varphi - \Delta\varphi)}{\frac{R_{\text{текущ}}}{R_k} - \text{Cos}(\varphi - \Delta\varphi)}. \quad (2)$$

В соответствии с рис. 3 через тангенс угла α находим скорость v_y :

$$v_y = v_x \cdot \text{tg}(\alpha). \quad (3)$$

После нахождения касательной скорости находим ее угловую составляющую:

$$\omega = \frac{v_y}{R_{\text{текущ}}}. \quad (4)$$

Учитывая (2), (3), (4), получаем выражение для угловой скорости (5):

$$\omega = \frac{v_x \cdot \text{Sin}(\varphi - \Delta\varphi)}{\left(\frac{R_{\text{текущ}}}{R_k} - \text{Cos}(\varphi - \Delta\varphi)\right) \cdot R_{\text{текущ}}}. \quad (5)$$

Значения $R_{\text{текущ}}$ и $\Delta\varphi$ получаем из параметрической анимационной модели (рис. 3). Зависимость радиуса гибки R от величины угловой скорости ω приведена на рис. 2, а. Исходными параметрами процесса гибки являлись начальный радиус гибки R_0 , угол поворота рычага φ , конечный радиус гибки R_k , скорость осевого перемещения v_x .

При встречном перемещении гибочного ролика (рис. 1, а, б) траектория движения включает в себя установку ролика в

исходное положение гибки с заданием начального плеча гiba x_0 , а также последующим поворотом гибочного рычага с угловой скоростью ω по часовой стрелке и одновременным линейным движением гибочного ролика к центру опорного ролика со скоростью v_R .

По аналогии с попутным перемещением установление зависимости для угловой скорости ω находится из параметрической анимационной модели (рис. 3).

В случае $\omega = 0$ применяется параметрическая анимационная модель, созданная в среде T-Flex CAD (рис. 1, а). Зависимость радиуса гибки R от линейного перемещения δ приведена на рис. 2, б. Исходными параметрами процесса гибки являлись диаметр трубной заготовки $d = 60$ мм, начальное плечо гiba $x_0 = 4 \cdot d$, радиус гибочного и опорного роликов $r_0 = r_r = 45$ мм.

Выводы

1. Созданы параметрические модели в среде T-Flex CAD, позволяющие определять значения радиуса гибки и угла наклона вектора скорости гибочного ролика.

2. Получено аналитическое выражение для определения значения угловой скорости ω при попутном и встречном способах перемещения гибочного ролика в зависимости от текущего радиуса $R_{\text{текущ}}$ и угла поворота гибочного рычага φ . При уменьшении $R_{\text{текущ}}$ значение ω увеличивается.

3. В случае, когда $\omega = 0$ значение радиуса гибки R находится в обратной зависимости от величины линейного перемещения ролика δ , то есть при увеличении линейного перемещения гибочного ролика δ значение радиуса гибки R уменьшается.

УДК 621.073.7

*Бещеков В.Г., Кулик В.И., Кондауров А.Е., Маркин К.Н., Лесных Г.В., Захаров И.А.,
Потапов В.П., Бочаров Ю.А., Сняжкова Т.И., Пильщик М.А.*

Новые технологии изготовления листовых заготовок с использованием эффекта сферодинамики

ВНИР «РВ – плакировка» проведена в целях разработки опытной технологии получения листовых заготовок с повышенными механическими свойствами для конструктивных элементов перспективных изделий ракетно-космической техники (РКТ) типа специальных баков, шаробаллонов и др.

Предмет исследования:

технология внедрения мелкодисперсных (наноразмерных) частиц в поверхностный слой листовых заготовок,

механические свойства раскатных листовых заготовок с поверхностным слоем, насыщенным мелкодисперсными (наноразмерными) частицами,

влияние термообработки на свойства таких заготовок, возможность и перспективы использования нового материала в деталях сборочных единиц (ДСЕ) изделий РКТ.

Технологическая схема изготовления принципиально нового класса листовых заготовок представлена на рис. 1.

Теоретические предпосылки эффективного влияния наночастиц на металл следующие:

– выступление наночастицы в роли армирующего элемента. Главным преимуществом и главной проблемой наноматериалов является высокая активность частиц, определяемая высокой поверхностной энергией. Высокая активность определяет склонность наночастиц к слипанию, однако она же позволяет ожидать высокую адгезию частицы на поверхности с другими материалами. Таким образом, частицы нанокерамики, выступающие в роли армирующих металл частиц, могут не влиять отрицательно на такое механическое свойство как временное сопротивление растяжению σ_b .

В настоящее время доступен достаточно широкий ассортимент нанопорошков. Все их можно условно разделить на четыре группы: оксиды металлов (составляют около 80% всех производимых нанопорошков), сложные оксиды, порошки чистых металлов и смеси.

Среди оксидов металлов наиболее распространён кремнезём, которого выпускается больше всего в мире – около 50% всего производства нанопорошков. Глинозём составляет приблизительно 20% годового объёма производства нанопорошков. Третье место занимает диоксид титана (титания), на долю которого приходится около 10% мирового производства.

Порошки чистых металлов составляют сегодня достаточно значительную и все возрастающую долю всего объёма производства нанопорошков. Однако промышленное применение многих из них нуждается в дальнейшем развитии. Затраты на производство однородных порошков металлов с высокой степенью чистоты намного выше, чем на производство оксидов металлов. По объёму производства в мире лидируют пять порошков – железа, алюминия, меди, никеля и титана.

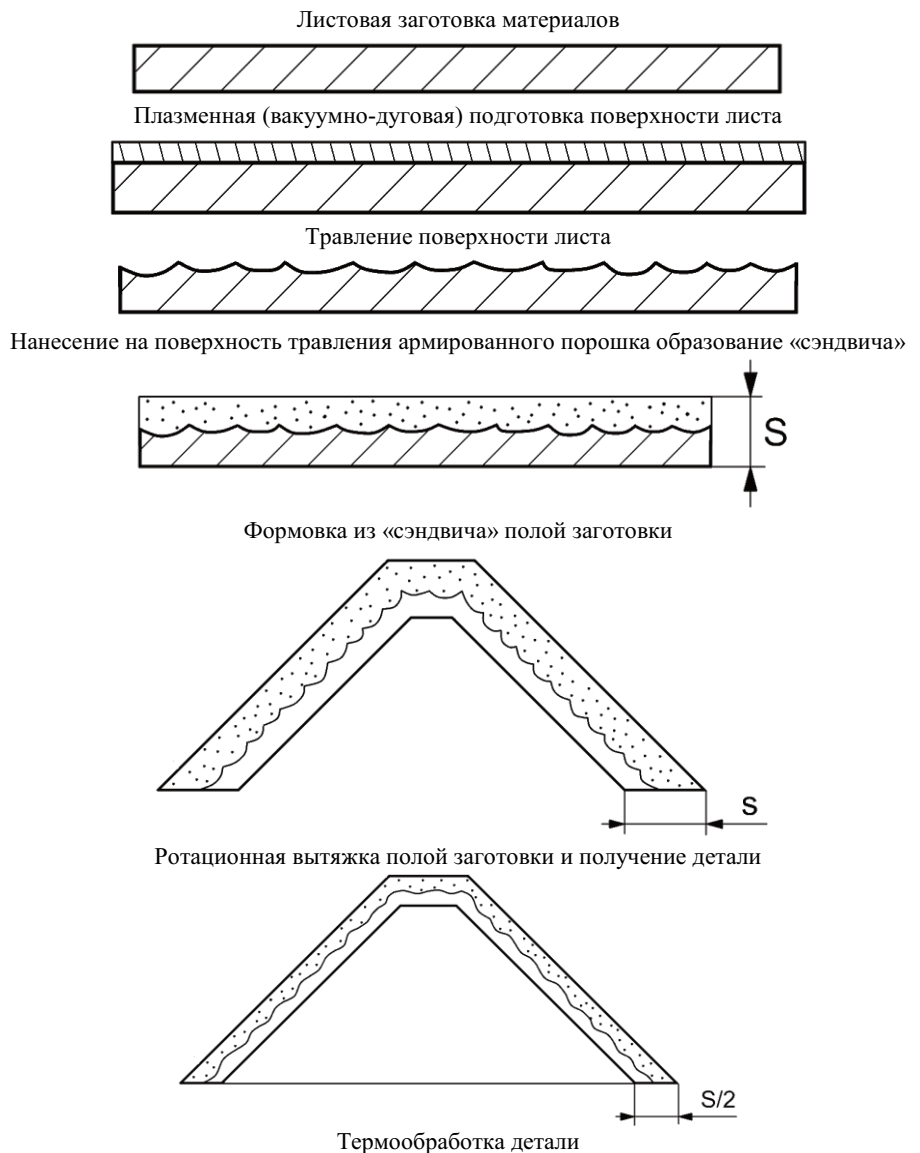


Рис. 1. Технологическая схема изготовления принципиально нового класса листовых материалов

Сложные оксиды и смеси производятся в настоящее время в ограниченном количестве. Смеси более разнообразны, хотя они в высшей степени специализированы, и объём их производства небольшой по сравнению с оксидами металлов и порошками чистых металлов. Однако ожидается, что их использование увеличится в долгосрочной перспективе.

Применение в перспективе нанопорошков различных металлов, обработанных с использованием эффекта сферодинамики [1] обусловлено тем, что при сферодинамической обработке материала создаётся полуфабрикат, имеющий феноменологический (отсутствующий в природе) комплекс физических свойств в масштабе одного образца: «ферромагнетизм – парамагнетизм, пластичность –



твёрдость, диффузионная активность – коррозионная стойкость».

Плакированные металлы: двух- или более слойные комбинации металл – металл, получают различными способами. Плакированные слои металла, как правило, гораздо толще слоёв, полученными другими способами обработки поверхности, что объясняется способом их получения.

Известны плакированные листы, полосы, трубы и сортовые профили. Плакированием обеспечивается такое сочетание свойств отдельных слоёв, чтобы эффективность использования плакированных материалов была выше, чем каждого из компонентов, их составляющих.

В промышленных условиях применяют различные комбинации металлов: алюминий + углеродистая сталь; алюминий + коррозионностойкая сталь, алюминий + титан, бронза + сталь; хромоникелевая сталь + углеродистая сталь, молибден + коррозионностойкая сталь; латунь + углеродистая сталь, ниобий + углеродистая сталь, никель + медь; титан + углеродистая сталь и др.

Основные свойства, которых стараются добиться при плакировании: прочность, пластичность, коррозионная стойкость, износостойкость, теплопроводность и др.

Плакированные материалы являются не только заменителями однородных (сплошных дорогостоящих материалов). Во многих случаях, благодаря сочетанию свойств своих компонентов они имеют более благоприятные показатели, чем однородные дорогостоящие материалы сами по себе.

Плакированными называются металлы, покрытые каким-либо металлическим или неметаллическим материалом. Если плакирующий слой – металлический, то такой материал называется биметаллом или двухслойным металлом. Если соединены три и более различных металлов и неметаллов, такой материал называется трёхслойным или композиционным.

Конструкционные материалы, (сталь, дюралюминий), плакируют более коррозионностойким металлом (коррозионностойкой сталью, алюминием и др.). В плакированных металлах толщина плакирующего слоя колеблется от десятых долей до нескольких миллиметров, что значительно больше, чем слой лаков, красок, смол, различных пластиков, и обеспечивает более надёжную защиту от коррозии. Металлический плакирующий слой физически неразделим с основной при обработке и эксплуатации материала. Используемые двухслойные стали, состоящие из углеродистой или низколегированной основы и высоколегированного коррозионностойкого покрытия, изготавливают методом горячей со-

вместной прокатки пакета из листов основы и покрытия либо прокаткой двухслойного слитка, полученного отливкой.

Наиболее распространённый метод нанесения плакирующего слоя алюминия на сталь – распыление чистого алюминия или его сплава с кремнием. Материал для распыления в виде проволоки или порошка вносят в пламя кислородной горелки. Он расплавляется и под действием сжатого воздуха направляется на плакируемую поверхность. сцепление между покрытием и основой получается механическое, поэтому плакируемая поверхность должна быть тщательно подготовлена. Можно применять более производительный способ распыления и нанесения плакирующего слоя плазменной струёй плазматрона. Для обеспечения эксплуатации при высоких температурах плакированный материал после нанесения покрытия подвергают термообработке – диффузионному отжигу при 600–950°C. Во время отжига атомы железа и алюминия диффундируют, образуя на поверхности биметалла сплав алюминия с железом с относительно высокой температурой плавления и плотной плёнкой окиси алюминия Al_2O_3 , которая защищает металл от окисления. Для защиты от атмосферной коррозии толщина покрытия 0,10–0,15 мм считается достаточной. Для защиты от высокотемпературного окисления применяют более толстые покрытия (0,15–0,20 мм).

В последнее время находит применение сталь, плакированная титаном. Наиболее экономичный и простой способ плакирования – соединение листов титана с листами низколегированной стали без промежуточных прослоек. Прочность на срез биметалла сталь – титан получается при этом выше прочности биметалла углеродистая сталь – коррозионностойкая сталь. Технология плакирования стали титаном остаётся той же, что и технология сочетания других металлов, но требует более тщательной очистки соединяемых поверхностей и нагрева пакета перед прокаткой в среде аргона. Температура прокатки не должна превышать 950°C из-за возможности образования Fe_3Ti – хрупких интерметаллических соединений титана с железом. Для предотвращения подобных соединений иногда между титаном и сталью предусматривают промежуточный слой различных металлов: кобальта, хрома, никеля, молибдена и др.

Находят применение также биметаллы с контактно приваренным плакирующим слоем. При плакировании этим способом на поверхность изделия из основного металла кладут лист плакирующего металла. Образовавшийся пакет просовывают между электродами контактно-



сварочной машины. Образуется биметаллическое изделие с прочно приваренным лакирующим слоем большой толщины (до 5-8 мм), которое необходимо механически обработать (шлифованием, полированием), так как поверхность получается недостаточно ровной и имеет отпечатки электродов.

Задачей подготовки основы для лакирования является:

1. Полное удаление окалины и окисных плёнок.
2. Достижение необходимой плоскостности, не более 2 мм/1 м по всей площади основы (устранение дефектов метода получения исходного листа основы – горячая прокатка или ковка).
3. Достижение требуемого уровня однородности поверхности по шероховатости, как правило, для различных материалов не превышающей $Ra \leq 6,3$ мкм.

В зависимости от геометрических параметров исходной поверхности и степени её загрязнённости продуктами прокатки (ковки), производится фрезерование и шлифовка (полировка) поверхности или только зачистка и шлифовка.

Для последующей защиты поверхности, вплоть до монтажа в пакет, возможно сохранение на поверхности остатка водомасляной эмульсии или защита специальным плёночным покрытием.

Плазменная подготовка поверхности позволяет придать тонкому поверхностному слою основы (толщина слоя около 40-50 мкм) уникальные физические свойства, недостижимые при других способах подготовки. Очистка поверхности металла осуществляется в катодных пятнах электрической дуги. При этом происходит выделение энергии с плотностью порядка 10^{11} Вт/м². При таком воздействии все химические соединения, имеющиеся на поверхности металла, диссоциируют, ионизируются и сублимируют с поверхности. Положительные ионы металлов, образовавшиеся в процессе диссоциации окислов и других поверхностных загрязнений, под воздействием электрического поля ускоряются и возвращаются на поверхность металла основы, атомы неметаллических элементов образуют газообразные соединения и покидают область воздействия. Таким образом, на поверхности основы реализуется слой химически чистого металла, эквивалентного по составу сплаву основы, но без углерода, серы, фосфора и других неметаллических элементов. В случае стали – образуется слой химически чистого железа с ультратонкой структурой феррита с размером зерна 100-150 нм, который имеет высокую адгезионную способность и не подвержен коррозии как во влажной атмосферной среде, так и воде и даже солевых растворах.

Кроме того, имеется возможность дополнительного введения в плазму дуги металлов для качественного модифицирования поверхности. Для стальной основы такими металлами являются ниобий или ванадий. Данные свойства, как просто очищенной, так и модифицированной добавками, поверхности существенно повышают стабильность и прочность сварного соединения, а также позволяют сохранить свойства поверхности в течение длительного времени, что упрощает транспортировку и подготовку операции лакирования.

Применение плазменной подготовки поверхности основы не является обязательным и оговаривается дополнительно.

Материалом лакирующего слоя (ПС), как правило, является материал, имеющий высокую коррозионную стойкость или иные особые свойства, а также высокую стоимость, требующую его экономного использования.

В этой связи ПС является в большинстве случаев холоднокатаным материалом, изначально имеющим удовлетворительные геометрические свойства поверхности и низкую шероховатость.

По этой причине ПС подвергается шлифовке до необходимой шероховатости $Ra \leq 6,3$ мкм (в зависимости от типа материала), при этом одновременно поверхность освобождается от имеющихся окисных плёнок.

Как и в случае основы, если это целесообразно, поверхность ПС временно защищается до момента его монтажа в пакете на месте лакирования.

Удаление с поверхности металлов окислов, ржавчины и окалины в растворах кислот, солей или щелочей называется травлением. Травление осуществляется химическим и электрохимическим способами.

Химическое травление. Химическое травление стальных изделий выполняется путём погружения изделий в раствор серной или соляной кислот. При погружении изделия в растворы кислот во взаимодействие с ними вступают не только имеющиеся на поверхности металла окислы, но и металлическое железо.

Процесс травления следует вести таким образом, чтобы при быстром растворении окислов травление основного металла было как можно меньше. Относительная скорость процессов растворения металлов из окислов зависит от состава окислов, концентрации кислот, температуры процесса и т.д. Увеличение концентрации серной и соляной кислот ускоряет растворение как окислов, так и чистого железа.

Для удаления с железа плёнки FeO наиболее целесообразно пользоваться 10% HCl. Повышение температуры кис-

лот также способствует резкому увеличению скорости травления; оптимальной температурой травления для серной кислоты следует считать 60°, для соляной 40°. Образующаяся в ванне в результате травления соль FeSO_4 снижает скорость травления; повышение содержания в растворе соли FeCl_2 , наоборот, увеличивает скорость травления.

При химическом травлении сталей в результате взаимодействия железа с кислотами происходит интенсивное выделение водорода, который дифференцирует в поверхностный слой металла, делает его хрупким и вызывает образование на поверхности «травильных пузырьков». Для устранения этого явления в травильную ванну добавляют специальные добавки (замедлители КС, МН), которые создают при травлении защитную плёнку, предохраняющую металл от вредного действия водорода.

Для травления изделий из меди и медных сплавов часто применяют растворы соляной, серной или азотной кислот, но более надёжные результаты даёт травление в 8% растворе серной кислоты с добавкой 10% хромпика. Изделия из алюминия и его сплавов рекомендуется травить в растворе щелочей, но иногда для этой цели применяется соляная кислота.

Травление изделий из никеля и его сплавов производится в 20% растворе серной кислоты с добавкой хромового ангидрида при температуре 60–80°. Изделия из мельхиора травятся в 10% растворе серной кислоты с добавкой 1,5% хромпика. После травления необходима обязательная промывка в горячей воде с небольшим количеством винного камня.

Электролитическое травление. Очистка изделий методом погружения в травильную ванну в большинстве случаев требует значительного времени. Для ускорения процесса очистки применяется электролитический способ травления, при котором изделие помещают в качестве анода (анодное травление) или катода (катодное травление) в электролитическую ванну.

В случае анодного травления электролитом обычно служат растворы кислот или солей щелочных металлов; очистка происходит путём быстрого электролитического растворения, поэтому требуется строгое соблюдение установленного режима, в противном случае произойдет чрезмерное растворение металла. Катодом служат нерастворимые в электролите материалы, главным образом свинец и иногда железо.

Плотность анодного тока выбирается в зависимости от состояния поверхности изделия и от требуемой скорости процесса; в практике плотность тока колеблется в пределах 5–200 А/дм². Процесс ведут обычно при комнатной

температуре; длительность процесса подбирается опытным путём и лежит в пределах от 30 сек. до 30 мин.

При катодном травлении в качестве анода применяют обычно свинец или его сплав 6–10% сурьмы; электролитом служат растворы кислот или смеси их с солями щелочных металлов. Очистка поверхности металла от окислов по этому методу происходит под действием образующегося на катоде атомарного водорода, который восстанавливает окислы металла, а газообразный водород механически отрывает их от поверхности металла. Катодное травление сопровождается наводороживанием поверхностного слоя изделия, поэтому применение этого способа очистки для закаленных сталей не рекомендуется.

Уменьшения наводороживанием стали достигают введением в электролит солей свинца и олова. Во избежание коррозии, которая может начаться от наличия остатков кислот и солей на изделии, желательнее после травления провести нейтрализацию остатков травильных растворов. Для этой цели изделия погружают в 2,5–5,0 % раствор кальцинированной соды на ½–1 мин при комнатной температуре и после промывки в холодной и горячей воде тщательно просушивают.

После такой обработки хранение деталей в сухом помещении не вызовет коррозии их поверхности. Для того, чтобы подготовленное изделие не окислилось снова, рекомендуется, как можно быстрее произвести его пайку.

Для травления титана рекомендуется использовать смесь азотной и плавиковой кислот. Подбирая составы травильных растворов и условия обработки, можно получить поверхность различной степени шероховатостей до 100 мкм, производить скругление острых кромок. Электрохимическая обработка (травление анодное, катодное или переменным током) является более эффективной и может проводиться без применения токсичных растворов азотной, соляной и плавиковой кислот.

Для обработки холоднокатаного проката и в случаях, когда поверхность металла достаточно чистая, широко используют обработку щелочными составами. В этом случае предварительное обезжиривание не производится. В качестве щелочных реагентов используют водные растворы едкого натра, тринатрий фосфата, соды и их смеси с добавками поверхностно активных веществ. Обработку производят при повышенных температурах (340–370 К), затем тщательно промывают горячей водой.

За последние годы разработано и получило новое развитие поколение алюминиевых сплавов, легированных литием и скандием, таких как 01420, В95, 1570, 1461, которые используют на перспективных изделиях РКТ (Ангара – А5).

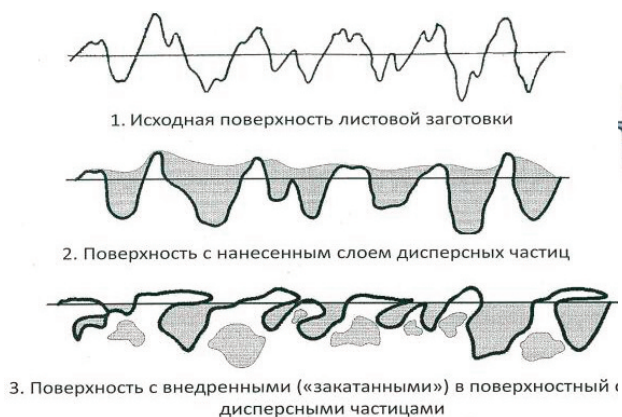


Рис. 2. Схема обработки поверхностного слоя листовой заготовки

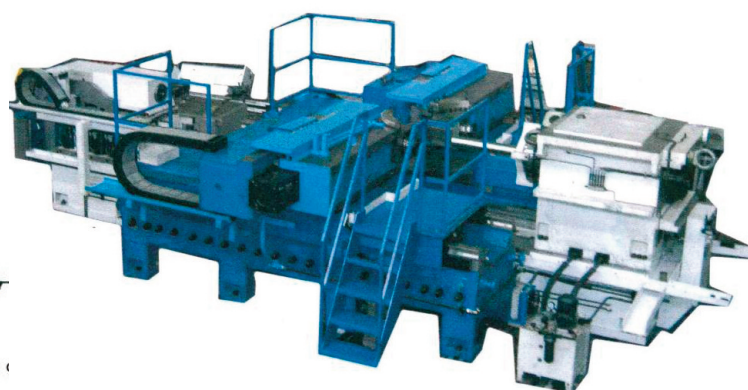


Рис. 3. Стан ротационной вытяжки модель CPB 1200



Рис. 4. Заготовка баков высокого давления



Рис. 5. Заготовка баков специального назначения

Замена традиционных сплавов новыми позволит снизить массу узлов изделий космических аппаратов на 10...30% в зависимости от типа конструкции.

В качестве материала для выполнения экспериментальных работ предлагается использовать дисковые заготовки диаметром 300 мм и толщиной 6 мм технического алюминия марки АД1. Материалом армирования будут нанопорошки с содержанием титана (рис. 2).

В процессе травления исходного материала щелочными растворами на поверхностном слое образуются раковины. Для внедрения армирующих элементов в раковины на поверхностном слое наносится лакирующий слой. Лакирующим элементом служит смесь нанопорошков с керосином.

Пластическое деформирование заготовок с лакирующим слоем будет происходить на стане ротационной вытяжки мод. CPB 1200 (рис. 3) в соответствии с технологической схемой (рис.1).

В результате исследования предполагается разработать и опробовать опытную технологию получения листовых

заготовок для баков высокого давления (рис. 4, 5) и других ДСЕ изделий РКТ с поверхностным слоем, насыщенным (армированным) мелкодисперсными (наноразмерными) частицами, которая должна позволить:

- повысить прочностные характеристики листовых заготовок и изготавливаемых из них элементов изделий РКТ, в частности, баков различного назначения за счёт упрочнения поверхностного слоя листов мелкодисперсными (в перспективе наноразмерными) частицами;
- повысить значение рабочего давления в баках;
- снизить массу баков и, в конечном итоге, массу изделий.

14 июля 2017 года в Минобрнауки России сдан комплект документов на получение гранта Правительства РФ в размере 90,0 млн рублей по работе «Разработка технологии получения листовых заготовок с поверхностным слоем, армированным частицами мелкодисперсного (в перспективе наноразмерного) материала, обработанного с использованием эффекта сферодинамики» от научного коллектива ФГУП «НПО «Техномаш» (Госкорпорация «Рос-

космос»): руководитель коллектива – ведущий учёный, главный научный сотрудник, доктор технических наук, заслуженный изобретатель РФ Бещеков Владимир Глебович.

Знаковыми признаками работы являются:

а) создание нового класса многослойных листовых полых деталей, обладающих феноменологическим (отсутствующим в природе) сочетанием физических свойств;

б) использование наноформатного материала, обработанного с использованием эффекта сферодинамики (ЭСД).

Список литературы:

1. Способ обработки материалов давлением и устройство для его осуществления. Европатент W097/39847 МПК В21Д37/12/ В.Г. Бещеков, В.В. Булавкин, Ю.Ф. Назаров//ВОИС, 1997.

◆ ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

УДК 6297:621.7.014

Рахмилевич Е.Г., Кольцова Ю.В., Новиков П.П., Фонуев В.Г.

Снижение трудоёмкости механической обработки деталей на предприятиях ракетно-космической промышленности за счёт повышения эффективности применения инструмента из режущей керамики

В статье представлен анализ использования инструмента из режущей керамики на предприятиях ракетно-космической промышленности и рассмотрен вопрос повышения эффективности его использования за счёт внедрения отраслевых методических рекомендаций.

Ключевые слова: инструмент из режущей керамики, механическая обработка, трудоёмкость, ракетно-космическая промышленность, ракетно-космическая техника, методические рекомендации.

В соответствии со Стратегией развития Госкорпорации «Роскосмос» на период до 2025 г. и перспективу до 2030 г. одной из задач ракетно-космической промышленности (РКП) является снижение трудоёмкости механической обработки деталей и сборочных единиц к 2030 году в два раза. При этом важно отметить, что на большинстве производственных предприятий РКП механическая обработка является самым трудоёмким переделом (в среднем по отрасли около 30% общей трудоёмкости изготовления изделий приходится на механическую обработку). Несмотря на принимаемые меры по техническому перевооружению предприятий РКП [1], не всегда достигается должное повышение эффективности производственных процессов, и как следствие не происходит значительного снижения трудоёмкости. Заданное в Стратегии развития снижение трудоёмкости механической обработки возможно за счёт резкой интенсификации режимов резания, где одним из ограничений становится требования к стойкостным характеристикам режущего инструмента. Развитие режущего инструмента, являющегося одним из важнейших элементов технологической цепочки создания изделий, в основном определяется необходимостью обеспечения

технологических процессов, направленных на достижение все более растущих показателей качества изготавливаемой продукции. Другим фактором развития режущего инструмента является потребность в обработке новых, находящихся все более широкое применение в конструкциях изделий материалов (полимерные, композиционные материалы, новые сплавы и т.д.). В последние годы доля использования композиционных материалов в конструкции новейших изделий РКТ возрастает и уже сегодня составляет от 20% до 80%. Эффективным направлением совершенствования технологии производства в современном машиностроении является применение новых инструментальных материалов, обладающих высокими режущими свойствами. Наиболее перспективным инструментальным материалом является режущая керамика, инструменты из которой характеризуются высокой производительностью, что обеспечивает уменьшение затрат за счёт замены шлифовальных операций обработкой резанием и сокращение времени обработки за счёт значительного увеличения скорости резания. Инструменты с режущей керамикой, в том числе из высокопрочной композиционной керамики (соединение высокопрочной керамики и высокопрочного суб-



страта из твердого сплава) [2] позволяют эффективно обрабатывать заготовки из закалённых сталей и других труднообрабатываемых материалов. Основной особенностью режущей керамики является отсутствие связующей фазы, что значительно снижает степень ее разупрочнения при нагреве в процессе изнашивания, повышает пластическую прочность, что и предопределяет возможность применения высоких скоростей резания, намного превосходящих скорости резания инструментом из твёрдого сплава. В основном керамические режущие пластины находят применение в условиях непрерывного полустогового и чистового точения. На этих операциях обработки они имеют преимущество перед традиционными режущими материалами по твёрдости, износостойкости и химической инертности к большинству обрабатываемых материалов, а также имеют способность сохранять свои свойства при достаточно высоких температурах, возникающих в зоне контакта инструмент – обрабатываемый материал. Эти основные преимущества делают инструменты из режущей керамики потенциально привлекательными по решению задач снижения трудоёмкости механической обработки для предприятий РКП. Анализ тенденций развития режущего инструмента свидетельствует о больших перспективах инструментов из режущей керамики в ближайшем будущем, причём увеличение общего объёма выпуска керамического инструмента взаимосвязано с совершенствованием технологии производства, оптимизацией состава традиционных марок керамики и расширением областей применения инструмента, особенно при об-

работке труднообрабатываемых материалов (жаропрочных, коррозионностойких, высокопрочных и т.п.) как на основе нитрида кремния, так и на основе оксида алюминия (армированная керамика).

Данные производителей и исследований [3, 4] показали, что российские предприятия используют долю инструмента из режущей керамики относительно всего объёма инструмента, не превышающую 1–2%, тогда как мировой уровень составляет 9% и продолжает расти. Необходимо преодолеть это отставание за счёт внедрения отечественного инструмента из режущей керамики. В настоящее время на рынке представлены отечественные фирмы, специализирующиеся на производстве инструмента из режущей керамики, основные из которых приведены в табл. 1.

Результаты исследований, проведённых ФГУП «НПО «Техномаш» [5], показывают применимость инструмента режущей керамики на предприятиях РКП. В табл. 2 указаны группы и типовые представители материалов, обрабатываемых на предприятиях РКП.

Несмотря на большой спектр материалов, у предприятий РКП почти нет опыта применения инструмента режущей керамики: большинство такого не практикует, на ряде – есть локальный опыт внедрения и применения (АО «Красмаш», ПАО «Протон-ПМ», АО «НПО Энергомаш», ПАО «РКК «Энергия»). При этом стоит отметить интерес предприятий, проявленный к возможности применения инструмента из режущей керамики в имеющихся проблемных вопросах механической обработки.

Таблица 1. Отечественные производители (поставщики) режущей керамики

Наименование компании	Имеющаяся номенклатура
ООО «Микробор Композит»	Пластины из режущей керамики. Пластины на основе КНБ. Пластины из поликристаллического алмаза PCD и CVD
ООО «Вириал»	Сменные многогранные пластины из керамических материалов и КНБ
ООО «Завод технической керамики»	ВО-13, ВО-130, ВО-18, ВО-180, ВОК-200, ВОКС-300, ТВИН-200, ТВИН-400
«Ремиз-99»	Керамический инструмент марок ВОК-200, ВОК-300
АО «Твёрдосплав»	Пластины керамические для токарных и фрезерных работ по ГОСТ 25003-81
ООО «Альянс»	Минералокерамические пластины ВОК-60, ВОК-71, ВОК-200, ВОКС-300. «Силинит-Р», ОНТ-20
ОАО «Московская ПО по ВАИ»	Пластинки из Тамал-10, Тамал-30, Тамал-123

Низкое применение инструмента из режущей керамики, как и отрицательный опыт использования, сдерживается отсутствием отраслевых методических рекомендаций по его применению. Специалистами ФГУП «НПО «Техномаш» раз-

работана методика и проведены стойкостные испытания в широком диапазоне режимов резания по типовым материалам. По результатам испытаний выявлены высокие эксплуатационные характеристики инструментов из режущей керамики.


Таблица 2. Обрабатываемые материалы на предприятиях РКП

№ п/п	Группы материалов, обрабатываемых на предприятиях РКП	Типовые представители обрабатываемых материалов
1	Легированные	95X18, 20X13 (40X13), 30XГСА
2	Коррозионностойкие	06X15H6MBФ5Б, 12X18H10T
3	Жаропрочные	ХН77ТЮР, ВЖЛ 14-ВИ
4	Труднообрабатываемые	СП28-ВД и пр.
5	Титановые сплавы	ОТ4, ВТ23, ВТ5-1
6	Цветные сплавы	АМг6, Д16, бронзы, латуни
7	Твердые сплавы	Вольфрам, молибден, и их сплавы
8	Композиционные материалы	
8.1	Углепластики	УП-ТЮП-ЗНО, ЛУ-П, УП-ТМП
8.2	Органопластик, органотекстолит	ОП-Руслан-ВМ-600-11-К/ФФЭ70, ОТ-56379/ЭФ70-П
8.3	Прессматериалы	П5-13Н, АГ-4В
8.4	Углеметаллопластик	УМП-19
8.5	Стеклотекстолит, стеклопластик	СТКТ-П, СП-Т-31(х) / ФФЭ70 П-5-2, Т-10-80, РВМН, СТ-М,
8.6	Силицированный графит	СГ-М; СГ-П0.5 твердость 80 ед.

Использование инструментов из режущей керамики позволяет обрабатывать детали из труднообрабатываемых материалов со скоростью резания в 3–5 раз большей, чем при использовании инструментов из твердых сплавов. За счёт этого достигается повышение удельного съёма металла за период стойкости режущих пластин на операциях по механической обработке деталей сборочных единиц (ДСЕ). Наибольший эффект при использовании инструментов из режущей керамики может быть достигнут при полустойкой обработке закалённых сталей (область применения К20) и обработке жаропрочных сплавов (область применения М05-М20). По результатам проведённых испытаний разработаны методические рекомендации по применению инструмента из режущей керамики. В состав методических рекомендаций по использованию инструмента из режущей керамики включены разделы:

- общие рекомендации;
- выбор инструмента для токарной обработки;
- особенности обработки ДСЕ пластинками из режущей керамики;
- выбор скорости резания при фрезеровании;
- высокоскоростная обработка (ВСО).

Раздел общих рекомендаций содержит информацию об общих тенденциях в области развития режущей керамики с акцентом на отечественных изготовителей и области применения отечественной режущей керамики.

В разделе по выбору инструмента для токарной обработки приведены рекомендации по подбору режущих пластин (выбор системы крепления СМП, выбор типоразмера державки и формы пластины, выбор геометрии пластины и марки материала режущих пластин, выбор размера пластины, величина радиуса при вершине пластины).

Раздел по особенностям обработки ДСЕ пластинками из режущей керамики содержит информацию по зависимости прочности режущих пластин от её геометрии, данные по корректировке скорости резания в зависимости от её параметров. Также в разделе даются рекомендации по выбору траекторий резания в целях увеличения рабочего ресурса режущей пластины и предотвращения её преждевременного разрушения.

Раздел по выбору скорости резания при фрезеровании посвящён информации по зависимости рекомендуемой скорости резания от свойств обрабатываемого материала и алгоритм выбора режимов обработки СМП из режущей керамики.



Раздел ВСО описывает преимущества этого вида обработки, а также содержит информацию по необходимой скорости резания для различных обрабатываемых материалов для реализации ВСО.

Для более широкого внедрения инструмента из режущей керамики необходимо усилить работу по взаимодействию отечественных предприятий-изготовителей инструмента из режущей керамики с предприятиями РКП на базе использования разработанных ФГУП «НПО «Техномаш» методических рекомендаций [6]. В качестве примера можно привести отраслевую конференцию при поддержке Минпромторга России и Госкорпорации «Роскосмос», посвящённую вопросу взаимодействия отечественных производителей инструментальной продукции с организациями РКП в обеспечении импортозамещения режущего инструмента, которая состоялась 7 декабря 2017 года на площадке ФГУП «НПО «Техномаш».

В целях дальнейшего использования в отрасли разработанные методические рекомендации планируется рассмотреть на заседании секции №10 «Технологическая подготовка производства» Совета главных технологов РКП.

Специалисты ФГУП «НПО «Техномаш» проводят дальнейшие исследования и разработки в направлении совершенствования механической обработки, а также заинтересованы и готовы принять участие в проведении работ совместно с предприятиями РКП для обработки и последующего внедрения технологии обработки деталей изделий РКТ с использованием инструментов из режущей керамики. Следующим шагом в направлении совершенствования механической обработки станет проведение исследований и разработка методических рекомендаций по «твёрдому» точению и использованию инструмента из сверхтвёрдых материалов при производстве изделий РКТ.

Список литературы

1. Исаченко В.А., Рахмилевич Е.Г., Кузьмин В.В. О совершенствовании технологического аудита предприятий ракетно-космической промышленности // Вестник машиностроения. 2015. № 10. С. 81–84.
2. Корогодский А.А., Акопов Г.А., Новиков П.П., Рахмилевич Е.Г., Юрцев Е.С. Инструмент для российского рынка // Ритм машиностроения. 2016. №4. С. 94–98.
3. Маслов А.Р. Современная режущая керамика // Главный механик. 2008. №8. С. 14–19.
4. Пояснительная записка к дорожной карте. Использование нанотехнологий для создания высокоэффективного обрабатывающего инструмента. <http://www.rusnano.com/upload/OldNews/Files/29827/current.pdf> (дата обращения: 08.12.2017).
5. Проведение патентных исследований по обработке резанием инструментом из режущей керамики. Разработка методики испытаний по исследованию процесса резания при использовании инструмента из режущей керамики. Проведение исследования по использованию инструмента из режущей керамики на предприятиях РКП. Проведение испытаний по исследованию процесса резания при использовании инструмента из режущей керамики: отчёт о НИР/ ФГУП «НПО «Техномаш»; рук. Коротков А.Н.; исполн.: Е.Г. Рахмилевич [и др.]. – М., 2017. – 130 с. – № ГР 47702388027160002070.
6. Разработка методических рекомендаций по использованию инструментов из режущей керамики в производстве деталей изделий РКТ. Разработка проекта ТЗ на ОКР по созданию технологии обработки деталей изделий РКТ с использованием инструментов из режущей керамики: отчёт о НИР/ ФГУП «НПО «Техномаш»; рук. Коротков А.Н.; исполн.: Е.Г.Рахмилевич [и др.]. – М., 2017. – 71 с. – № ГР 47702388027160002070.

♦ ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ И МЕТРОЛОГИЯ

УДК 2.629.78:006

Андреанов Л.С., Рябчиков П.В.

Отраслевая система сертификации изготовителей ракетно-космической техники

16–18 октября 2017 года в Москве прошла научно-техническая конференция «Обеспечение качества и надёжности ракетно-космической техники (РКТ)», организованная Госкорпорацией «Роскосмос» при активном участии предприятий ракетно-космической отрасли России.

В ходе конференции рассмотрены актуальные задачи прикладной и фундаментальной науки в области обеспечения качества, надёжности и безопасности создаваемых изделий РКТ. Руководство Госкорпорации «Роскосмос», учёные профильных институтов и представители производственных предприятий отрасли сделали около 30 докладов, приняли участие в деловых играх, посетили ведущие предприятия ракетно-космической промышленности: ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», АО «Российские космические системы», ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия».

В числе приоритетных тем конференции – актуальные вопросы создания современной, высокоэффективной отраслевой системы сертификации, учитывающей требования к разработчикам, изготовителям и поставщикам комплектующих изделий РКТ.

Отраслевой центр оценки соответствия ФГУП «НПО «Техномаш» представил присутствующим свои разработки, направленные на внедрение в отрасли системы сер-

тификации производства продукции ракетно-космической промышленности (РКП). Данное направление наряду с системой сертификации организаций-разработчиков РКТ призвано усовершенствовать существующую в отрасли Федеральную систему сертификации космической техники и обеспечить условия для повышения конкурентоспособности создаваемой продукции.

В своём докладе представитель ФГУП «НПО «Техномаш» – начальник отделения отраслевого центра оценки соответствия Павел Рябчиков ознакомил участников конференции с новым подходом к сертификации производства, при котором в основу сертификационного процесса положен принцип углублённого исследования производства конкретных изделий РКТ с применением балльной системы оценки. Предлагаемый подход позволит учитывать текущее состояние организаций-изготовителей РКП и непосредственно влиять на последовательное улучшение её нормативно-технического обеспечения, повышение технологической дисциплины и культуры производства, сокращение несоответствий. При этом к организациям, которые не соблюдают требований к производству изделий РКТ, предполагается применять меры вплоть до отзыва лицензии за выявленные нарушения при осуществлении космической деятельности.

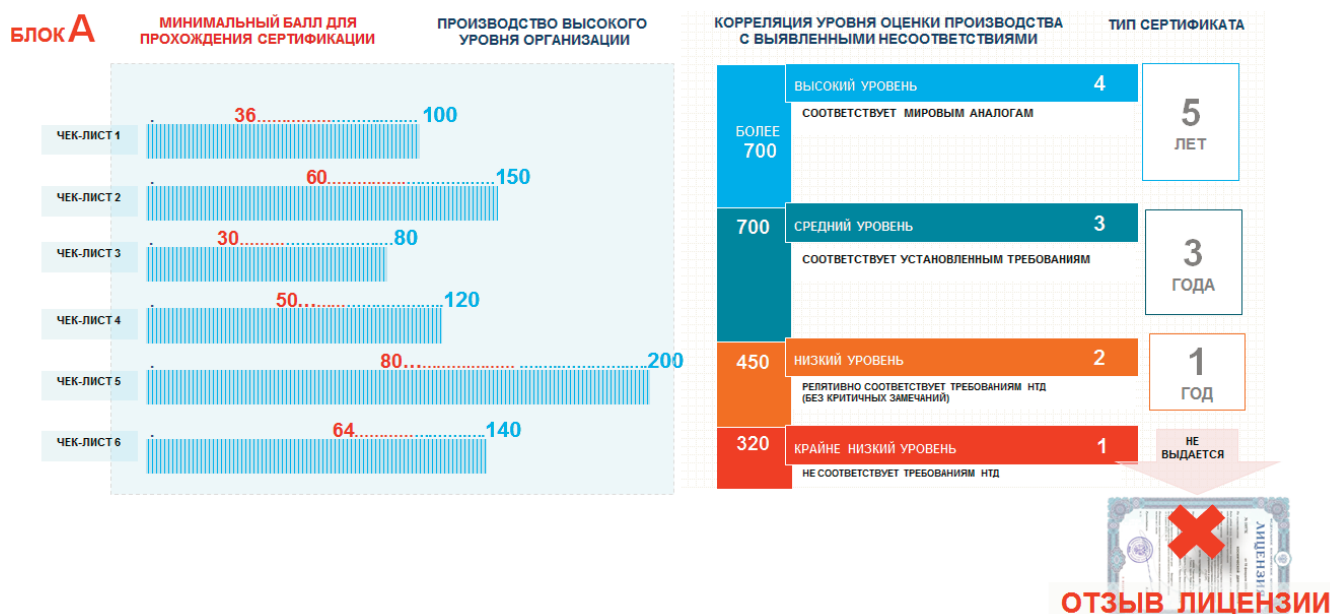


Рис. 1. Общая схема балльной оценки соответствия производства изделия РКТ

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ГРУППЫ № 2

На примере производства конкретного изделия РКТ (на выбор) смоделируйте схему деления изделия. Какой минимальный уровень кооперации должна охватить сертификация производства этого изделия? В какой последовательности целесообразно проводить сертификацию?

ПРОИЗВОДСТВО ИЗДЕЛИЯ

1. РАКЕТА – носитель
2. Разгонный блок КА
3. КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ

ГОЛОВНОЙ ИЗГОТОВИТЕЛЬ:

Порядок заполнения

ШАГ 1. Определите название головной организации

Впишите в соответствующую ячейку

ШАГ 2. Выберите руководителя из присутствующих*

Впишите в соответствующую ячейку

ШАГ 3. Решите, что производит организация




Выберите из предлагаемых и отметьте галочкой (вверху слева)

ШАГ 4. Определите перечень поставщиков

Впишите в соответствующие ячейки не менее двух поставщиков для каждого уровня. Постарайтесь выбрать наиболее значимых для всей цепочки поставок.

ШАГ 5. Определите желаемую цепочку для сертификации

Заштрихуйте ячейку в соответствии с легендой:

- Предприятие 1 волны сертификации 
- Предприятие 2 волны сертификации 
- Предприятие 3 волны сертификации 

*РУКОВОДИТЕЛЬ ОРГАНИЗУЕТ ОБСУЖДЕНИЕ И ДОКЛАДЫВАЕТ РЕШЕНИЕ КОЛЛЕКТИВА ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧИ

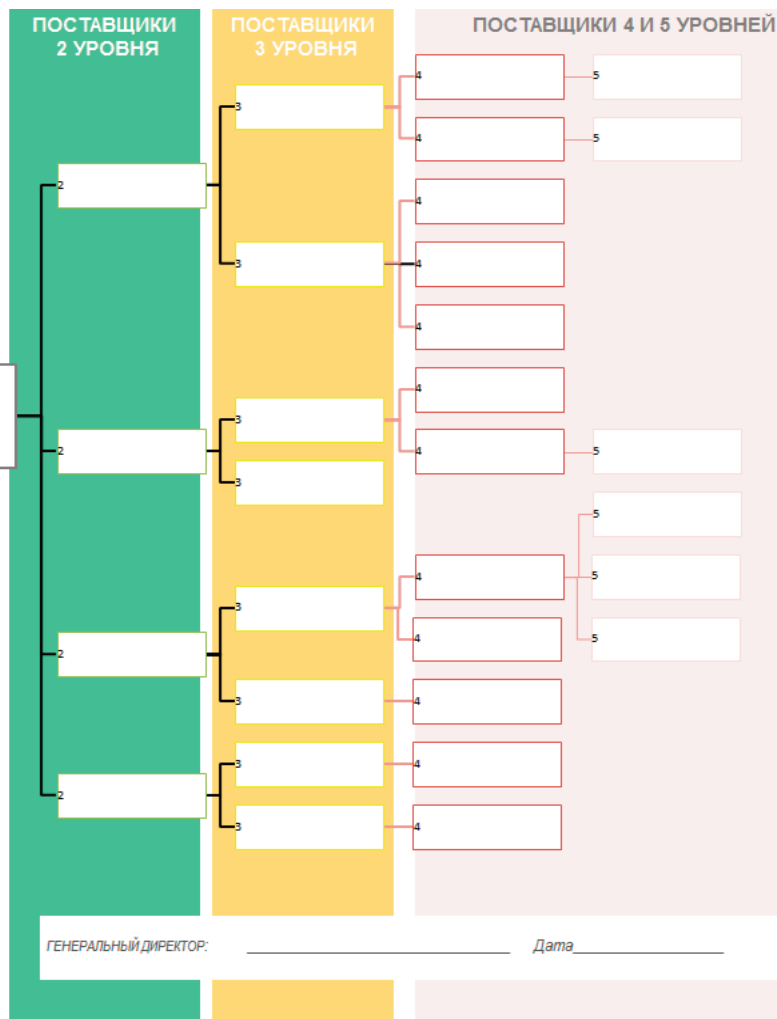


Рис. 2. Пример задания для деловой игры «Сертификация производства»

По специально разработанным к мероприятию кейсам для участников конференции проведена деловая игра «Сертификация производства». Присутствующие могли лично принять участие в подготовке процесса сертификации производства и проявить себя в разных ролях – специалистов и руководителей производств, разработчиков

чек-листов, экспертов-аудиторов. Такой формат делового общения позволил разработчикам системы оценить уровень интереса к вопросам сертификации производства, получить «обратную связь» относительно предлагаемых инструментов и процедур оценки, выявить «зоны роста» для дальнейшей проработки тематики.

УДК 629.78

Морозов В.С., Казаков Ю.И., Кожевников Е.М., Казаков А.В. (АО «НИИ «Гермес»),
 Бараев А.В., Должанский Ю.М., Кологов А.В. (ФГУП «НПО «Техномаш»).

Передовые технологии и оборудование обеспечения промышленной чистоты в производстве ДСЕ изделий РКТ

АО «НИИ «Гермес» является одним из основных разработчиков новых технологий и специального технологического оборудования в обеспечение промышленной чистоты в производстве изделий ракетно-космической техники (РКТ), в том числе отработки технологий очистки, обезжи-

ривания, промывки и испытаний деталей и сборочных единиц изделий РКТ без применения для этих целей хладагента 113 (C2F3Cl3, ГОСТ 23844-79) и других озоноразрушающих продуктов, запрещённых к промышленному использованию условиями ратифицированного Российской Федера-

цией Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой атмосферы Земли.

Для решения проблемы замены хладона 113 институтом ведётся поиск новых озонобезопасных очищающих сред и отрабатываются новые технологии с их применением; работы ведутся по следующим основным направлениям:

- отработка и освоение технологических процессов и оборудования очистки и испытаний ДСЕ РКТ с применением в качестве растворителей гидрохлорфторуглеродов – хладон 141b (C2FC12H3), хладон 122 (C2F2C13H), хладон 225 (C3F5C12H);
- оценка возможности применения в качестве растворителей хлорорганических растворителей (хлористый метилен, CH2Cl2 и др.);
- разработка технологий очистки с использованием водно-моющих средств серии «Деталан»;
- расширение областей возможного применения в технологиях очистки деталей сборочных единиц (ДСЕ) РКТ органических озонобезопасных растворителей (бензин-растворитель, спирты, эфиры, кетоны и др.);
- разработка технологий очистки с применением

Установка ректификационной очистки пожаровзрывоопасных органических растворителей (бензин-растворитель нефрас С2-80/120, изооктан, спирт этиловый, ацетон, метиленхлорида и др.)¹

Установка (рис. 1) разработана для обеспечения промышленной чистоты продуктов, в том числе, пожаровзрывоопасных растворителей, применяющихся на предприятиях Госкорпорации «Роскосмос» для очистки ДСЕ изделий РКТ.

Исполнение установки обеспечивает возможность ее применения:

- во взрывоопасных зонах классов В-Ia, В-Iб, В-Iг, В-Iа в соответствии с ПУЭ (глава 7.3);
- для работы с растворителями, пары которых обра-



Рис. 1. Опытный образец установки

жидкостей в сверхкритическом состоянии и технологий безжидкостной очистки.

Ниже представлены результаты последних разработок в этом направлении.

зуют взрывоопасные смеси с воздухом категории IIА, IIВ и групп Т1, Т2, Т3 и Т4 в соответствии с ГОСТ 12.1.011;

- во взрывопожароопасных помещениях категорий А, Б, В1 – В4 в соответствии с НПБ 105.

Установка относится к классу универсальных и может использоваться в других отраслях промышленности – авиационной, приборостроительной, атомно-энергетической, электротехнической и др.

Основные сравнительные характеристики	Разработанная продукция	Аналоги	
		отечественный	зарубежный
остаточное содержание жировых загрязнений в растворителе после регенерации, мг/л	1	3	5
остаточное содержание механических частиц в растворителе после регенерации, класс чистоты по ГОСТ 17216	5	8	8
производительность, л/ч	10...30	10...15	10...30
потери от количества регенерируемого растворителя, %, не более	2	10	5

¹ Информационный паспорт АО «НИИ «Гермес» №П98, 2013

**Установка для очистки и обезжиривания крупногабаритных ДСЕ ЖРД
растворителями хладон 141b, Forane 141b, хладон 122, хладис ДВХ²**

Установка (рис. 2) предназначена для очистки и обезжиривания крупногабаритных ДСЕ ЖРД; выполнена в герметичном исполнении, состоит из двух моечных камер и стэнда пролива, систем регенерации растворителя и рекуперации его паров.

Обработка ДСЕ в моечных камерах может производиться методами:

- заполнения ДСЕ растворителем;
- кантования ДСЕ в растворителе;
- струйной обработки поверхностей ДСЕ.

Технология очистки, обезжиривания ДСЕ ЖРД с применением растворителей, альтернативных хладону 113, нормирована отраслевыми стандартами.

Очистка производится при отсутствии атмосферного воздуха в объёме моечных камер, что обеспечивает максимально эффективное удаление загрязнений и возможность последующей рекуперации паров растворителя из её объёма.

Операции технологического цикла очистки на установке выполняются в режиме автоматического управле-



Рис. 2. Общий вид автоматизированной установки для очистки и обезжиривания крупногабаритных ДСЕ ЖРД растворителями хладон 141b, хладон 122

ния исполнительными механизмами по программе, задаваемой и контролируемой промышленным компьютером.

Информация о текущем состоянии всех исполнительных элементов установки (клапанов, насосов, датчиков и т.д.) и параметрах процесса в реальном времени отображается на мониторе оператора, что обеспечивает возможность эффективного контроля процесса очистки – обезжиривания.

Наличие аналогов:

в России: нет; за рубежом: нет сведений.

Технический уровень разработки:

Основные сравнительные характеристики	Разрабатываемая продукция	Аналоги	
		отечественный	зарубежный
габариты очищаемых ДСЕ, мм, не более	1300×1300×850	аналогов нет	сведений об аналогах нет
объём моечной камеры, м ³	3,3		
объём ёмкости чистого растворителя, м ³	5		
объём ёмкости загрязнённого растворителя, м ³	5		
объём емкости разгрузочной, м ³	5		
основные показатели чистоты очистки:			
– класс чистоты по механическим загрязнениям (ГОСТ 17216)	5...6		
– остаточное содержание жировых загрязнений, мг/м ² , не более	3-10		
эффективность рекуперации паров растворителя рабочей камеры, %, не менее	70		
содержание органических соединений в растворителе, мг/л, не более	2...3		
производительность блока регенерации растворителя, кг/ч, менее	100		
установленная мощность, кВт	40		

Патентная защищённость разработки:

- патент РФ от 10.03.2001 №2173221 на изобретение «Способ и устройство для очистки изделий летучими растворителями»,
- патент РФ от 20.07.2005 №2293611 на изобретение «Установка для очистки изделия летучими растворителями».

² Информационный паспорт АО «НИИ «Гермес» №П201, 2016

Автоматизированная установка очистки ДСЕ арматуры и автоматики изделий РКТ растворителями хладон 141b, хладон 122, хладис ДВХ³

Установка (рис. 3) предназначена для проведения в автоматическом режиме операций очистки и обезжиривания поверхностей ДСЕ арматуры и автоматики изделий РКТ в озоносберегающих растворителях.

Очистка и обезжиривание изделий производится методами:

- погружением в растворитель;
- погружением в растворитель с ультразвуковым воздействием;
- струйным;
- циркуляционным.

В качестве растворителей в установке используются:

- хладон 141b ТУ 2412-011-13693708;
- хладон 122 ТУ 301-02-170;
- хладис ДВХ ТУ 2412-039-50284764.

Отработанные растворители восстанавливаются (очищаются) методом ректификации.



Рис. 3. Общий вид производственного участка с установкой

Установка изготовлена в климатическом исполнении УХЛ 4 по ГОСТ 15150 и предназначена для эксплуатации при температурах от 10 до 35°C и относительной влажности не более 80%; исполнение установки герметичное.

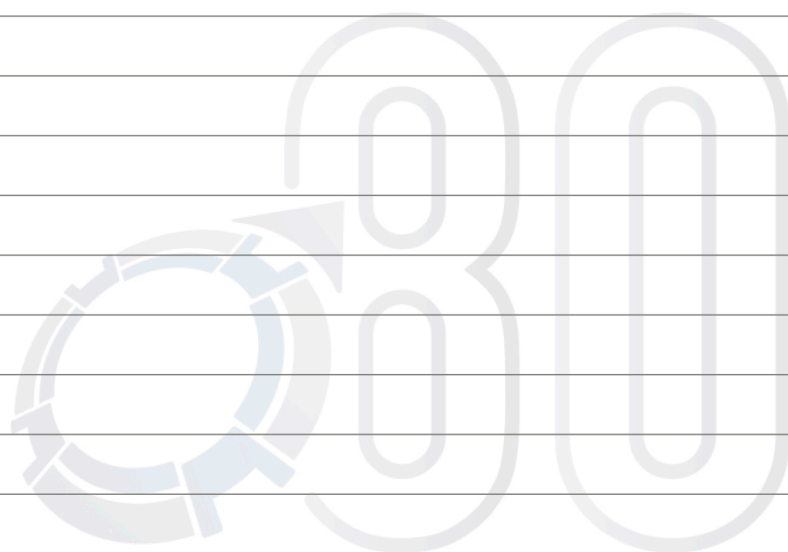
Наличие аналогов:
в России: нет; за рубежом: нет сведений.

Сравнительные технические характеристики:

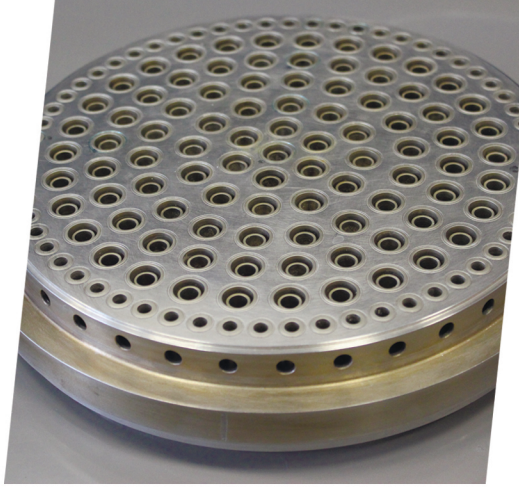
Основные сравнительные характеристики	Разра- ботанная продукция	Аналоги	
		отечест- венный	зарубежный
максимальные габариты очищаемых изделий, мм	350 × 350 × 400	аналогов нет	сведений об аналогах нет
габаритные размеры камеры моечной, мм: – диаметр – высота	500 600		
рабочий объём камеры моечной, м ³	0,065		
рабочее давление, МПа	-0,1 ... +0,07		
достигаемый класс чистоты очищаемых изделий по механическим загрязнениям по ГОСТ 17216, класс	4 ... 6		
достигаемый уровень остаточных жировых загрязнений очищаемых изделий, мг/м ²	1 ... 10		
достигаемый уровень остаточных жировых загрязнений очищаемого растворителя, мг/л	0 ... 5		
производительность очистки растворителя, кг/час	15 ... 20		
габаритные размеры установки, мм:	1850 x 2500 x 3200		
питание, ВТц	380 / 50		
потребляемая мощность, кВт, не более	10		
гарантийный срок эксплуатации, мес.	12		
общий ресурс работы установки, лет	10		

³ Информационный паспорт АО «НИИ «Гермес» №П162, 2016.

✦ ДЛЯ ЗАМЕТОК



НПО ТЕХНОМАШ
1938 — 2018



ПОДНИМИ ГОЛОВУ!!

ФГУП «НПО «ТЕХНОМАШ»
г. Москва
3-й проезд Марьиной Рощи, д.40
www.tmnpo.ru