



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «УГАТУ»)

К. Маркса ул., д. 12, г.Уфа, 450008. Тел.: (347) 272-63-07(347); факс: 272-29-18, e-mail: office@ugatu.su; <http://www.ugatu.su>
ОКПО 02069438, ОГРН 1030203899527, ИНН/КПП 0274023747/027401001

04.11.2018 № 7239/1304-13

На № _____ от _____

В диссертационный совет Д212.210.01
ФГБОУ ВО «Рыбинский
государственный авиационный
технический университет
имени П. А. Соловьева»

Ученому секретарю диссертационного
совета, д-ру техн. наук, доценту
Надеждину И. В.

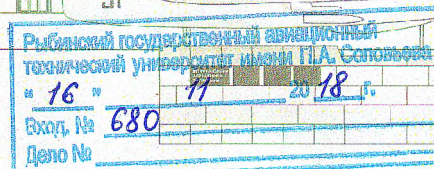
152934, Ярославская обл., г. Рыбинск,
ул. Пушкина, д. 53

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

д-ра техн. наук, профессора Куликова Геннадия Григорьевича
диссертационную работу Соколова Николая Николаевича
«Повышение эффективности технологической подготовки
производства лопаток компрессоров ГТД на основе разработки
и реализации роботизированного комплекса штамповки»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные
двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

1. Актуальность работы

Следуя современной научной концепции промышленной революции
«Индустрия 4.0», производственные предприятия и корпорации внедряют
системы «умного производства», с помощью которых отдельные службы
взаимодействуют между собой, выстраивают интеллектуальные
компьютерные коммуникации, вносят коррективы в технологические и
логистические циклы производства в автоматизированном режиме. Такие
интеллектуальные системы, как правило, реализуются через сложные,
многофункциональные робототехнические комплексы (РТК), объединенные
единой корпоративной системой управления (КИС). Естественно, что



000959 *

создание таких РТК в составе КИС требует разработки новых эффективных принципов, методов и моделей их организации и технической реализации.

Кроме того, сегодня существует проблема модернизации самих технологических и производственных процессов с сохранением ранее накопленного опыта, подтвержденного многолетней эксплуатацией их продукции.

В работе ставится именно задача модернизации и автоматизации существующих производств ГТД, прежде всего, на примере производств наиболее применяемых деталей, таких как лопатки компрессора ГТД.

Отмечается, что производство лопаток компрессоров характеризуется высокими трудоемкостью и себестоимостью, что связано со сложностью геометрической формы деталей и спецификой применяемых материалов.

Изготовление заготовок (штамповок) лопаток также сопряжено со значительными трудозатратами, причем, если длительность процесса штампования составляет 1...2 с., то длительность переходов по перемещению, установке, выбивке полуфабриката из штампа может быть на несколько порядков больше в случае, когда подобные операции выполняются вручную. То есть, необходима полная автоматизация всего технологического процесса горячей штамповки лопаток, позволяющая сократить вспомогательное время технологических переходов. Для решения данной проблемы определена структура роботизированного комплекса автоматизированной штамповки заготовок лопаток компрессора ГТД, обоснованы требования к специализации штамповой оснастки и к применению специального оборудования, включая робота для осуществления штамповки лопаток в автоматическом цикле.

Таким образом, можно утверждать, что в такой постановке научно-техническая задача повышения эффективности технологической подготовки производства лопаток компрессоров ГТД на основе разработки и реализации роботизированного комплекса штамповки является актуальной и своевременной.

2. Научная новизна и новые результаты

В работе на основе системного анализа применяемых в настоящее время в авиадвигательной промышленности технологического оборудования и передового опыта разработана и формализована концептуальная модель разработки робототехнического комплекса. Определены архитектура и параметры модели РТК для эффективной реализации производственного процесса горячей штамповки лопаток компрессора ГТД,

позволяющей на функциональном и физическом уровнях исследовать закономерности взаимодействия технологических, термических, вспомогательных, производственных и др. операций с учетом влияния окружающей среды. Эти знания позволяют эффективно встраивать РТК в общие производственные и логистические процессы.

Использование указанной выше модели позволило диссертанту формализовать алгоритм проектирования РТК в контексте процессного (проектного) подхода. Существенным преимуществом предложенного алгоритма является возможность учета параметров изотермического и механического (формообразующего) процессов при штамповке, и соответственно корректировки технологии и настройки оборудования.

Разработан метод выбора и согласования режимов нагрева, штамповки, охлаждения, основанный на анализе зависимостей изменения сопротивления пластической деформации при осадке образцов.

Обоснован выбор оборудования для РТК, включающего робот-манипулятор с новыми элементами захвата, магазин-накопитель, паллеты для базирования заготовок и др. Эффективность технических решений показана на реальных процессах пластического деформирования труднообрабатываемых материалов на основе титана.

3. Достоверность полученных результатов

Достоверность результатов обусловлена применением для их получения базовых основ проектирования ГТД, теоретических основ изготовления деталей газотурбинных двигателей, теории групповой обработки, теории пластического деформирования, методов автоматизации производственных процессов. Результаты работы не противоречат известным работам других специалистов в области технологической подготовки производства, автоматизации и робототехники. По теме диссертации опубликованы 5 работ в изданиях, входящих в список ВАК РФ.

4. Практическая ценность работы

Практическая значимость работы заключается:

- в создании РТК штамповки лопаток компрессоров ГТД, позволяющего повысить эффективность технологической подготовки производства и самого производства;
- во внедрении результатов работы в производственный процесс ПАО «ОДК-Сатурн» и в учебный процесс РГАТУ имени П. А. Соловьева.

Предложенная в работе концепция создания робототехнических комплексов может быть рекомендована для автоматизации других технологических процессов производства заготовок и изготовления деталей.

По характеру и решаемым задачам диссертация соответствует п. 9 паспорта научной специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигателииэнергоустановки летательных аппаратов.

5. Содержание

Диссертационная работа включает в себя введение, 5 глав, заключение, список литературы из 90 наименований и приложение. Работа содержит 146 страницы машинописного текста, 60 рисунков, 26 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, изложены цель и задачи исследования, сформулирована научная новизна и практическая значимость работы.

Первая глава содержит достаточно глубокий анализ литературных источников и производственных сведений по теме работы. Проведенный анализ состояния вопроса в области технологии горячей штамповки лопаток компрессора ГТД и перспектив ее автоматизации позволил автору сформулировать цель и задачи работы.

Во *второй главе* автор рассматривает обеспечение технологичности конструкций штамповок лопаток ГТД. Диссертантом показано, что наиболее эффективным методом обеспечения технологичности является применение методов унификации. Автором предложено отбирать заготовки, являющиеся преимущественными объектами унификации, на основе бальной оценки по девяти критериям, что позволяет определить целесообразность работ по унификации как с позиций производства, так и эксплуатации.

Практическое применение бальной оценки показало, что наиболее эффективным является унификация заготовок лопаток на 5 групп, для которых организовано групповое производство в соответствии с предложенной автором схемой, особенностью которой является учет специфики роботизированного производства.

Предложено автоматизировать решение задач обеспечения технологичности на основе логико-математического моделирования заготовки, процессов и систем технической подготовки производства штамповок. Это позволяет ликвидировать недостатки многих традиционных методов обеспечения и оценки технологичности конструкции изделия.

В *третьей главе* рассмотрена разработка групповой технологии горячей штамповки заготовок лопаток компрессора применительно к условиям автоматизированного производства. В основе проектирования технологии лежат результаты унификации, полученные во второй главе работы.

За счет введения в технологический процесс операции «Штамповка объемная» сокращено общее количество технологических операций, исключены трудоемкие операции доводки и калибровки заготовки, уменьшены затраты материала и машинного времени на производство заготовок.

На основе анализа процессов пластической деформации металлов и сплавов диссертантом сформулированы рекомендации по выбору температуры предварительного нагрева заготовок и определению температурного интервала, позволяющие обеспечить необходимый уровень производительности и качества процесса горячей штамповки.

В *четвертой главе* рассмотрены вопросы создания роботизированного комплекса автоматизированной штамповки лопаток компрессора ГТД.

Автором предложена концептуальная схема процесса проектирования РТК, в основе которой лежит алгоритм проектирования, базирующийся на принципе декомпозиции процесса проектирования и позволяющий учесть специфические особенности технологической подготовки роботизированного производства. Внедрение указанной выше схемы позволило обеспечить требуемый уровень качества проектирования.

Пятая глава посвящена практической разработке компоновки элементов РТК для реализации спроектированной групповой технологии.

На основе результатов факторного анализа требований к процессу автоматизированной штамповки заготовок лопаток компрессоров ГТД разработана общая структурная схема РТК, создана 3D-компоновка комплекса, определена циклограмма работы комплекса.

Выполнена разработка конструкции захвата робота-манипулятора с применением схвата с параллельными губками; магазина-накопителя для временного хранения исходных заготовок лопаток компрессора и их автоматической подачи их в зону захвата промышленного робота; паллет для базирования заготовок лопаток компрессора на столе-накопителе.

Результаты диссертационного исследования практически реализованы на ПАО «ОДК-Сатурн» (г. Рыбинск).

Приложение содержит акты об использовании результатов диссертационной работы в производственном процессе ПАО «ОДК-Сатурн» и в учебном процессе РГАТУ имени П. А. Соловьева.

Содержание автореферата соответствует основному содержанию работы.

6. Замечания и пожелания

1. Автору следовало бы определить необходимую степень модернизации и формализации организационно – функциональных и технологических связей РТК со смежными службами:ОГК, ОГТ, ОГМ, ОГЭ, ПДО, ПЭО и др.

2. Предложенный автором во второй главе способ обеспечения базовых значений технологичности конструкции изделий путем групповой классификации по предложенным критериям унификации заготовок и шкал для их численной оценки требует дополнительных исследований, например, экспертным методом анализа иерархий Саати.

3. В работе не поставлен вопрос оценки степени адекватности и точности функционирования РТК в целом как системы при выполнении производственных циклов. Очевидно, что базовые технические компоненты РТК (роботы, печь, пресс, управляемый стол и др.) имеют встроенные системы замкнутого управления, которые должны быть интегрированы с системой уровня SCADA системы.

4. В целом, можно констатировать, что результаты системного и аналитического анализа закономерностей исследуемых процессов ТПП, технологических и производственных процессов с применением РТК, эмпирических зависимостей между физическими (термическими, формообразующими и др.) параметрами объекта производства (лопатки) достаточно полно формализованы и представлены в «компьютерной (цифровой форме)» форме и позволяют применить их для организации интеллектуального управления ТПП и производством. Автору следовало бы сформулировать необходимые требования к информационной инфраструктуре РТК и указать на открывающуюся возможность применения современных экспертных систем, нейронных сетей, статистических методов класса шесть-сигма и др.

5. К сожалению, разработанные теоретические и методические положения и соответствующие модели и алгоритмы представлены на общепринятых инженерно-математических языках, что вызовет дополнительные трудности при их «автоматизированном» использовании

специалистами. Целесообразно было бы применить, например, рекомендуемые для этих целей ГОСТ в машиностроении языки CASE технологий OWL, EXPRESS, IDEF, BPMN и др.

7. Заключение

На основании анализа представленных материалов считаю, что диссертация Соколова Н. Н. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, полностью отвечает требованиям ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям и определенным «Положением о порядке присуждения ученых степеней» №842 от 24.09.2013 г., а ее автор, Соколов Николай Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигателииэнергоустановки летательных аппаратов.

Профессор кафедры «Автоматизированные
системы управления» ФГБОУ ВО

«Уфимский государственный
авиационный технический университет»,
доктор технических наук, профессор

Куликов

Геннадий Григорьевич

Подпись официального оппонента

Куликова Геннадия Григорьевича заверяю:

Ученый секретарь ФГБОУ ВО «Уфимский
государственный авиационный технический
университет», кандидат технических наук,
доцент



Н.С.Минасова

Адрес: 450008, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12,
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Уфимский государственный авиационный технический
университет», кафедра «Автоматизированные системы управления»

Тел.: + 7 (347) 272-63-07

E-mail: gennadyg_98@yahoo.com