

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.379.05,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 25 июня 2024 г. №15  
о присуждении Карпухину Евгению Геннадьевичу, гражданину Российской  
Федерации, учёной степени кандидата технических наук

Диссертация «Разработка адаптивной технологии гибки с растяжением профильных деталей авиационных конструкций на прессах с ЧПУ» по специальности 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением – принята к защите 19 апреля 2024 г. (протокол заседания № 10) диссертационным советом 24.2.379.05, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (443086, г. Самара, Московское шоссе, 34) приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 19 апреля 2022 г. № 379нк, с изменениями, внесенными приказом Минобрнауки России от 21.05.2024 № 482/нк.

Карпухин Евгений Геннадьевич, 23 мая 1995 года рождения, окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет». В 2022 году окончил очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный технический университет». В период подготовки диссертации с 2018 по 2022 год Карпухин Е.Г. работал в должности ассистента и затем старшего преподавателя кафедры «Самолетостроение» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный технический университет», с 2022 года по настоящее время работает в должности инженера-технолога 2 категории службы главного технолога Акционерного общества «Контактор».

Диссертация выполнена на кафедре «Самолетостроение» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук Марковцев Владимир Анатольевич, генеральный директор Акционерного общества «Ульяновский научно-исследовательский институт авиационной технологии и организации производства», по совместительству профессор кафедры «Самолетостроение» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный технический университет».

Официальные оппоненты: Галкин Владимир Викторович, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», кафедра «Машиностроительные технологические комплексы», доцент; Поворов Сергей Владимирович, кандидат технических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», кафедра МТ10 «Оборудование и технологии прокатки», доцент – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань – в своём положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой производства летательных аппаратов, доктором технических наук, профессором Халиулиным В.И., доцентом кафедры производства летательных аппаратов, кандидатом технических наук, доцентом Бодуновым Н.М. и утверждённом проректором по научной и инновационной деятельности, доктором технических наук, доцентом Бабушкиным В.М., указала, что диссертационная работа по актуальности, результатам, обладающим научной новизной, практической значимости и достоверности, уровню апробации и степени опубликованности соответствует требованиям ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Карпухин Е.Г., заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением.

Соискатель имеет 17 работ, в том числе по теме диссертации 8 работ, из них 4 научные статьи опубликованы в изданиях, входящих в Перечень, рекомендованный ВАК Минобрнауки России; 1 статья – в издании, индексируемом

базой данных Web of Science, получен 1 патент на изобретение и 1 свидетельство о государственной регистрации программы на ЭВМ. Общий объем публикаций составляет 14 п.л., в том числе 10,3 п.л. – личный вклад автора, по теме диссертации составляет 5,875 п.л., в том числе 5 п.л. – личный вклад автора.

В работах по теме диссертации, опубликованных в соавторстве, Карпухину Е.Г. принадлежат следующие результаты: определены параметры, необходимые для разработки системы адаптивного управления процессом формообразования гибкой с растяжением прессованных профилей; проведены экспериментальные исследования антифрикционных покрытий, наносимых на пуансоны; определены величины коэффициента трения антифрикционных покрытий; предложен один из вариантов системы адаптивного управления процессом формообразования и способ измерения деформаций заготовки; проведено конечно-элементное моделирование процесса гибки с растяжением и разгрузки заготовки; выполнен анализ влияния величины коэффициента трения на изменение тангенциальных деформаций и пружинение прессованного профиля; разработана система адаптивного управления процессом гибки с растяжением профилей для гибочно-растяжного пресса, позволяющая корректировать работу пресса на основе результатов конечно-элементного моделирования в режиме реального времени.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Карпухин, Е.Г. Особенности процесса формообразования заготовок сегментов шпангоутов на основе технологии гибки с растяжением прессованного профиля из высокопрочных алюминиевых сплавов / Е. Г. Карпухин, В. А. Марковцев // Заготовительные производства в машиностроении. – 2023. – Т. 21, № 6. – С. 257-264. (научная статья 1 п.л./0,875 п.л.)

2. Карпухин, Е. Г. Моделирование процесса гибки с растяжением заготовки сегмента шпангоута на гибочно-растяжном прессе с ЧПУ / Е. Г. Карпухин, М. В. Илюшкин, В. А. Марковцев // Технология машиностроения. – 2023. – № 7. – С. 13-25. (научная статья 1,625 п.л./1,5 п.л.)

3. Improvement of the processes of forming tight shells of double curvature / V. A. Markovtsev, E. G. Karpukhin, V. A. Mikheev [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : III International Scientific Conference, Krasnoyarsk, 29–30 апреля 2021 года. Vol. Volume 1155. – Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 12014. (научная статья 1,375 п.л./1,125 п.л.)

4. Патент № 2808294 С1 Российская Федерация, МПК В21D 7/12. Система адаптивного управления процессом гибки с растяжением профилей для гибочно-

растяжного пресса : № 2023107026 : заявл. 23.03.2023 : опубл. 28.11.2023 / Е. Г. Карпухин, В. А. Марковцев.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023666945 Российская Федерация. Модуль адаптации управляющей программы нагружения для гибочно-растяжных прессов с числовым программным управлением : № 2023665942 : заявл. 27.07.2023 : опубл. 08.08.2023 / Е. Г. Карпухин.

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов от организаций:

1. ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова», подписан заведующим кафедрой «Высокоэнергетические устройства автоматических систем», к.т.н., доцентом Нестеровым Н.И. Замечания: приведенная схема алгоритма с учетом размера рисунка 1 не читается, что при отсутствии текстового описания действий при моделировании процесса гибки с растяжением затрудняет понимание принципов принятия решений и перечня реальных условий формообразования; не указаны основные допущения, принятые в компьютерной модели гибки с растяжением; не указано почему при моделировании использовались коэффициенты трения 0,1 и 0,2. В реальном производственном процессе какие сочетания факторов (состояние поверхностей, наличие жидких смазочных материалов и их свойства, наличие антифрикционного покрытия и др.) обеспечивают условия задаваемые при моделировании? Полученные рекомендации по величине растяжения на предварительной калибровке справедливы только для сегментов шпангоутов Z-таврового поперечного сечения? Возможно ли использовать эти рекомендации для изготовления сегментов шпангоутов различной длины?

2. ООО «Универсал Сервис», подписан начальником производства, д.т.н. Филимоновым С.В. Замечание: в автореферате при описании методики адаптивного управления процессом формообразования гибкой с растяжением не указано для каких поперечных сечений справедливы рекомендации по перемещениям штоков гидроцилиндров растяжения в первой части управляющей программы деформирования.

3. Ульяновский научно-технологический центр ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (УНТЦ ВИАМ), подписан начальником УНТЦ ВИАМ, к.т.н., Вешкиным Е.А. Замечаний не содержит.

4. Филиал ПАО «Ил» - Авиастар, подписан техническим директором Платоновым С.В. Замечания: необходимо уточнить, при валидации компьютерных моделей, на каком этапе формообразования проводилось сравнение деформаций из модели и натурального эксперимента? В автореферате отсутствует описание алгоритма

для моделирования процесса гибки с растяжением, приведен только рисунок.

5. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», подписан профессором «Высшей школы машиностроения», ИММиТ, д.т.н., проф. Мамутовым В.С. Замечание: из автореферата неясно, как автор моделировал инструмент. Для упругого и абсолютно жесткого материалов в LS-DYNA контактный алгоритм может работать по-разному.

6. ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», подписан заведующим кафедрой «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», д.ф.-м.н., профессором Амосовым А.П. Замечание: при проведении исследований величина коэффициента трения принималась постоянной в процессе гибки заготовки. Не учитывалась её зависимость от давления прижатия, скорости скольжения, повышения температуры за счет тепловыделения трения и её изменение в процессе гибки при изменении этих параметров.

7. АО «Национальный институт авиационных технологий», подписан заместителем генерального директора по научно-исследовательской деятельности, к.т.н. Коваленко А.В. Замечания: из содержания автореферата не совсем ясно как определяются требуемые величины смещения штоков растяжных гидроцилиндров в зависимости от деформаций заготовки; отсутствуют данные о настроечных параметрах системы моделирования и их влияния на точность расчета.

8. ООО «АВИАПРОФИЛЬ», подписан генеральным директором, к.т.н., доцентом Поповым А.Г. Замечания: отсутствует информация о материалах, из которых изготовлены гибочные пуансоны; применялись ли при апробации разработанной технологии на авиастроительном предприятии смазочные материалы или антифрикционные покрытия?

В отзывах с замечаниями отмечено, что указанные недостатки не являются определяющими, не снижают научно-практической значимости и не влияют на общую положительную оценку полученных в диссертационной работе результатов. Во всех отзывах отмечено, что диссертация соответствует требованиям ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и сделано заключение о возможности присуждения Карпухину Е.Г. учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их опытом и знаниями в области темы диссертации, что подтверждается их публикациями. Д.т.н. Галкин В.В. является специалистом в области многоэтапной холодной обработки металлов давлением и металловедения. К.т.н. Поворов С.В. является специалистом в области совершенствования технологий формообразования из профилей.

Выбор федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань, в качестве ведущей организации обосновывается степенью компетентности его научных сотрудников в области обработки металлов давлением. Сотрудники ведущей организации имеют публикации, близкие к теме диссертационного исследования. Также в данном университете, на кафедре производства летательных аппаратов, проведено большое количество исследований по тематике гибки профилей с растяжением. По данной тематике, за время существования кафедры производства летательных аппаратов, выпущено большое количество учебных пособий, книг, статей, патентов и диссертаций.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны**

– алгоритм для формирования компьютерных моделей процесса гибки с растяжением прессованного профиля, отличающийся от известных учетом на каждом этапе его исполнения возможных технологических отказов (работа материала заготовки в зоне разрушения и выход за кинематические ограничения прессы) и оценкой точности формообразования на основе сравнения результатов моделирования пружинения заготовки с эталонной геометрической моделью,

– новая методика адаптации программного управления гибочно-растяжным оборудованием, отличающаяся от существующих корректировкой работы прессы на основе результатов моделирования формообразования в программе LS-DYNA и учетом реальных деформаций заготовки, изменяющихся в зависимости условий трения;

**предложено** корректировать в режиме реального времени управляющую программу гибки с растяжением, используя разработанные систему адаптивного управления процессом гибки с растяжением профилей и модуль адаптации управляющей программы нагружения, что позволяет повысить точность форм и размеров сегментов авиационных шпангоутов, обеспечивая стабильный результат формообразования;

**доказана** перспективность применения методики адаптации программного управления гибочно-растяжным оборудованием при изготовлении сегментов авиационных шпангоутов, получаемых путем формообразования гибкой с растяжением.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**разработана** имитационная модель формообразования гибкой с растяжением и упругой разгрузки прессованных профилей, отличающаяся от существующих учетом изменяющихся условий деформирования, с помощью которой проведены расчеты напряженно-деформированного состояния заготовки, установлено влияние коэффициента трения на распределение и величины тангенциальных деформаций в процессе формообразования, а также определены упругое пружинение и требуемые величины управляющих параметров на растяжных гидроцилиндрах прессы (смещения штоков) для выполнения калибровки, при выполнении которых компенсируется величина упругого пружинения;

**применительно к проблематике диссертации результативно использован** комплекс существующих базовых методов исследования, включающий компьютерное моделирование и экспериментальные исследования для подтверждения сделанных допущений и валидации разработанных моделей;

**доказано**, что применение для адаптации управляющей программы нагружения гибки с растяжением результатов моделирования процесса методом конечных элементов позволяет получать стабильные и предсказуемые результаты формообразования заготовок из прессованных профилей, а также снизить статистический разброс пружинений получаемых деталей.

Значения полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

**разработана** адаптивная технология гибки с растяжением профильных деталей авиационных конструкций на прессах с числовым программным управлением и средства для её реализации – система адаптивного управления процессом гибки с растяжением профилей (патент РФ № 28082942) и модуль адаптации управляющей программы нагружения (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2023666945), использование которых позволяет сократить разброс размеров получаемых деталей, и как следствие исключить: дополнительные технологические операции по калибровке профилей, постоянную доработку технологической оснастки и управляющей программы деформирования, снизить количество брака, а значит и дополнительные затраты за счет применения адаптации в режиме реального времени управляющей программы нагружения под изменяющиеся условия деформирования.

**определены** для двух типоразмеров заготовок сегментов шпангоутов диапазон разброса коэффициентов трения, в котором возможно получить бездефектные заготовки сегментов шпангоутов, а также величины смещения штока

растяжных гидроцилиндров при калибровке в зависимости от значений тангенциальных деформаций заготовки;

**внедрены** на АО «Ульяновский НИАТ» следующие разработки: алгоритм для моделирования процесса гибки с растяжением и методика адаптивного управления процессом формообразования гибкой с растяжением (применены при разработке технологических режимов гибки с растяжением заготовок шпангоутов на прессе V-80), система адаптивного управления процессом гибки с растяжением для гибочно-растяжного прессы и модуль адаптации управляющей программы нагружения для гибочно-растяжных прессов с числовым программным управлением (использованы при разработке системы числового программного управления прессы ПГР-6).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ** по валидации компьютерных моделей и апробации адаптивной технологии гибки с растяжением использовался гибочно-растяжной пресс V-80, проходящий своевременное календарное техническое обслуживание, с поверенными датчиками контроля усилий и перемещений на гидравлических цилиндрах. Результаты по механическим свойствам заготовок сегментов шпангоутов получены на поверенном испытательном оборудовании, в частности, разрывной машине одноосного растяжения Instron;

**теоретические расчеты проводились** с применением программного обеспечения T-Flex для построения траекторий деформирования заготовки и LS-DYNA для моделирования процесса формообразования гибкой с растяжением и упругой разгрузки заготовки, с использованием моделей материалов и допущений, согласованных с теорией обработки металлов давлением;

**достоверность результатов обеспечена** обоснованным использованием допущений и ограничений, применяемых в теоретическом анализе; корректностью постановки задач исследования; применением математических методов исследования; и подтверждена согласованием результатов теоретического и экспериментального исследований, а также апробацией результатов в промышленных условиях.

**Личный вклад соискателя** состоит в участии на всех этапах работы: постановке задачи, планировании, организации и проведении экспериментальных исследований и их последующем анализе; разработке компьютерной модели формообразования гибкой с растяжением и пружинения прессованных профилей в программном продукте LS-DYNA; разработке системы адаптивного управления процессом гибки с растяжением профилей и модуля адаптации управляющей программы нагружения; разработке методики адаптации программного управления гибочно-растяжным оборудованием и алгоритма для формирования компьютерных



моделей процесса гибки с растяжением прессованного профиля; разработке адаптивной технологии гибки с растяжением и написании на их основе научных статей в журналы ВАК и Web of Science, а также заявок на получение охранных документов на объекты интеллектуальной собственности.

В ходе защиты диссертационной работы критических замечаний высказано не было. Соискатель Карпухин Е.Г. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы.

На заседании 25 июня 2024 г. диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные технические, технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны, присудить Карпухину Е.Г. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 9 человек, из них 4 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 13 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 9, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

диссертационного совета 24.2.379.05,  
академик РАН, д.т.н., профессор



Гречников Ф. В.

И.о. учёного секретаря

диссертационного совета 24.2.379.05,  
д.т.н., профессор

Каргин В.Р.

25.06.2024