



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Союз машиностроителей России

АО «Ульяновский НИАТ»

ФГБОУ ВО УИ ГА им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева

ФГБОУ ВО Ульяновский государственный технический университет

Кафедра «Материаловедение и обработка металлов давлением»

Кафедра «Технологии заготовительно-штамповочного производства»

«Наука, теория, практика авиационно-промышленного кластера современной России»

II Всероссийская научно-производственная конференция,
приуроченная ко Дню науки

(Россия, г. Ульяновск, 8–9 февраля 2017 г.)

Сборник научных трудов

Ульяновск
УлГТУ
2017

УДК 629.7+658

ББК 39.5+30.6

Н 34

Редколлегия: Ярушкина Н. Г.

Марковцев В. А.

Марковцева В. В. (ответственный секретарь)

УДК 629.7+658

Наука, теория, практика авиационно-промышленного кластера современной России. II Всероссийская научно-производственная конференция, приуроченная ко Дню науки (Россия, г. Ульяновск, 8–9 февраля 2017 г.) : сборник научных трудов. – Ульяновск : УлГТУ, 2017. – 134 с.

В сборник вошли тезисы докладов, представленных на II Всероссийской научно-производственной конференции, приуроченной ко Дню науки «Инновации в технологиях формообразования листовых материалов и упрочнения технологической оснастки в авиационной и других отраслях промышленности», проводимой АО «Ульяновский НИАТ», УИ ГА им. Главного маршала авиации Б. П. Бугаева и УлГТУ.

Статьи приводятся в авторской редакции.

Состав организационно-программного комитета

Ярушкина Н. Г.	Председатель, первый проректор, проректор по научной работе Ульяновского государственного технического университета, д.т.н., профессор
Марковцев В. А.	Сопредседатель, генеральный директор АО «Ульяновский НИАТ», зав. каф. «Технологии заготовительно-штамповочного производства», к.т.н.
Гречников Ф. В.	Зав. каф. «Обработка металлов давлением» СГАУ им. С.П. Королева (г. Самара), академик РАН, д.т.н., профессор
Ефимов С. И.	Председатель Ульяновского регионального отделения ООО «Союз Машиностроителей России»
Краснов С. И.	Ректор ФГБОУ ВО УИ, к. ф. н., доцент, Заслуженный работник транспорта РФ, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, Отличник воздушного транспорта ГА
Кокорин В. Н.	Зав. каф. «Материаловедение и обработка металлов давлением» УлГТУ, д.т.н., профессор
Филимонов В. И.	Профессор кафедры «Материаловедение и обработка металлов давлением» УлГТУ
Милюков С. Ф.	Директор Ульяновского филиала ПАО «Корпорация «Иркут»
Рыжаков С. Г.	Директор Ульяновского филиала ПАО «Туполев»
Вашурин Р. Е.	Начальник ОХШ УГТ АО «Авиастар-СП»
Марковцева В. В.	Ответственный секретарь Конференции, н.с. АО «Ульяновский НИАТ»

Уважаемые коллеги!

Вторая всероссийская научно-производственная конференция «Инновации в технологиях формообразования листовых материалов и упрочения технологической оснастки в авиационной и других отраслях промышленности», приуроченная ко Дню российской науки в этом году ставит цель расширить научно-теоретическую, научно-производственную, технико-технологическую базу актуальных перспективных технологий кафедр «Материаловедение и обработка металлов давлением» и «Технологии заготовительно-штамповочного производства» (ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет»). Учитывая, что современные наука и практика по форме носят кластерный характер, по содержанию – междисциплинарный, организаторами конференции принято решение образовать секцию гуманитарных наук «Гуманитарные науки в авиационно-космических технологиях». Таким образом, общенаучная форма, тематика конференции подчеркивает многопрофильный, современный инновационный уровень ее проведения. Работа секции гуманитарных наук проводилась на базе Ульяновского института гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б. П. Бугаева. Представленный в содержании конференции расширенный диапазон научно-теоретического, научно-производственного, технико-технологического опыта, подтверждает частный интерес организаторов: определить перспективные направления теории и практики формообразования листовых материалов, соответствующие развитию авиационно-промышленной отрасли, других стратегических направлений современной промышленности России, Поволжского региона и Ульяновской области. Мы рассчитываем на то, что состоявшийся многоаспектный обмен опытом участников конференции станет прочным основанием развития нашего дальнейшего сотрудничества.

Оргкомитет Конференции

Секция

«Инновации в технологиях формообразования листовых материалов и упрочнения технологической оснастки в авиационной и других отраслях промышленности»

УДК 621.921

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛОПРОКАТА В РОЛИКАХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ LS-DYNA

Алешин А. С.¹, Кокорин В. Н.²

*1 – магистр 1 года каф. «Материаловедение и ОМД», УлГТУ,
г. Ульяновск*

2 – зав. каф. «Материаловедение и ОМД», УлГТУ, г. Ульяновск

Методика исследования

С целью определения напряженно-деформированного состояния (НДС) в процессе деформационного упрочнения и возникающей механической активации металла предложено рассматривать упрочнение исходного листового металлопроката прокаткой между двумя валками одинаковых диаметров, вращающихся в противоположных направлениях (рис. 1).

Исходная толщина материала $S_0 = 3$ мм, материал – сталь 20. Деформация проводится в холодном состоянии до толщин $S_i = 2,25$ мм; 1,5 мм, 0,75 мм (степень деформации по толщине 25%; 50%; 75%). Заготовка разбивалась на 31250 прямоугольных конечных элементов.

Расчет деформационного упрочнения

Произведен расчет НДС в очаге деформации при различных степенях осевого нагружения. На рисунке 8 представлены значения напряжений в очаге деформирования. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о неравномерном характере НДС: в очаге деформации напряжения равны 35,2 МПа при $\varepsilon = 25\%$; 122 МПа при $\varepsilon = 50\%$; 276 МПа при $\varepsilon = 75\%$. Отмечено монотонное снижение величин напряжений до исходного уровня. Соответственно, наблюдается деформационное упрочнение от исходного уровня ($\varepsilon_0 = 0\%$ – материал не упрочняется, $\varepsilon_i = 25\%$; 50%; 75% – монотонное увеличение прочности и соответственно твердости). Данные моделирования принципиально соответствуют полученным результатам повышения твердости в процессе экспериментальных исследований при холодном нагружении.

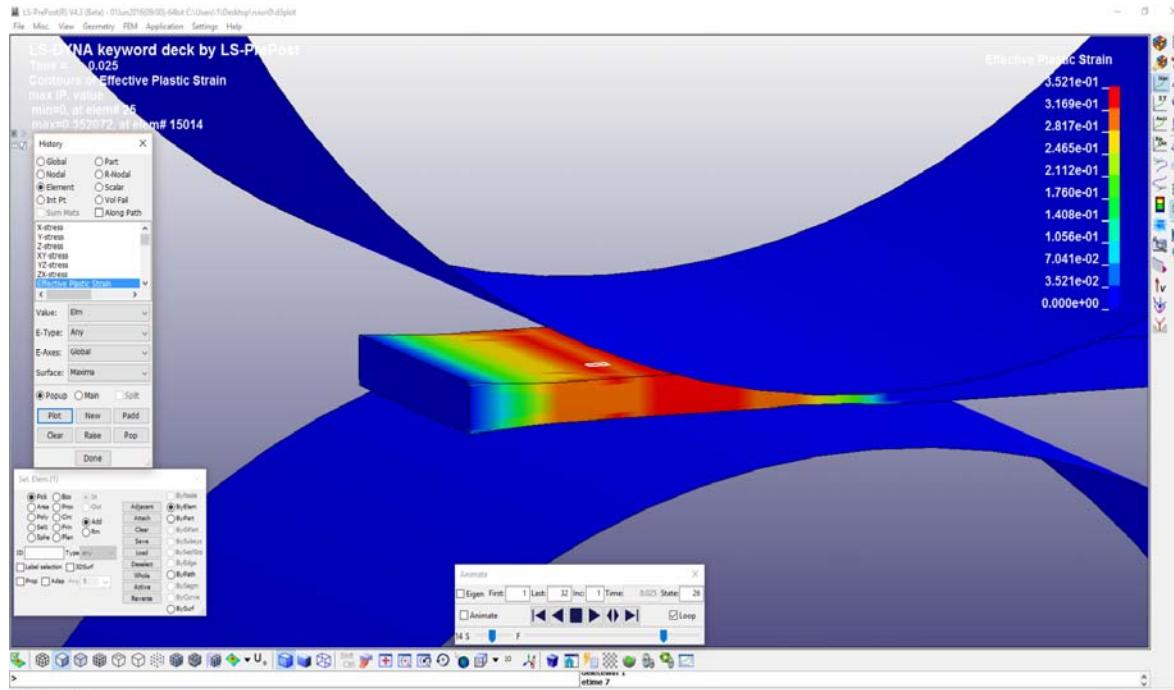


Рис. 1. Упрочнение исходного листового металлопроката прокаткой между двумя валками при $\varepsilon = 25\%$

На рисунке 2 представлен график распределения пластической деформации для выбранного элемента в течении времени деформирования при степени деформации 25%.

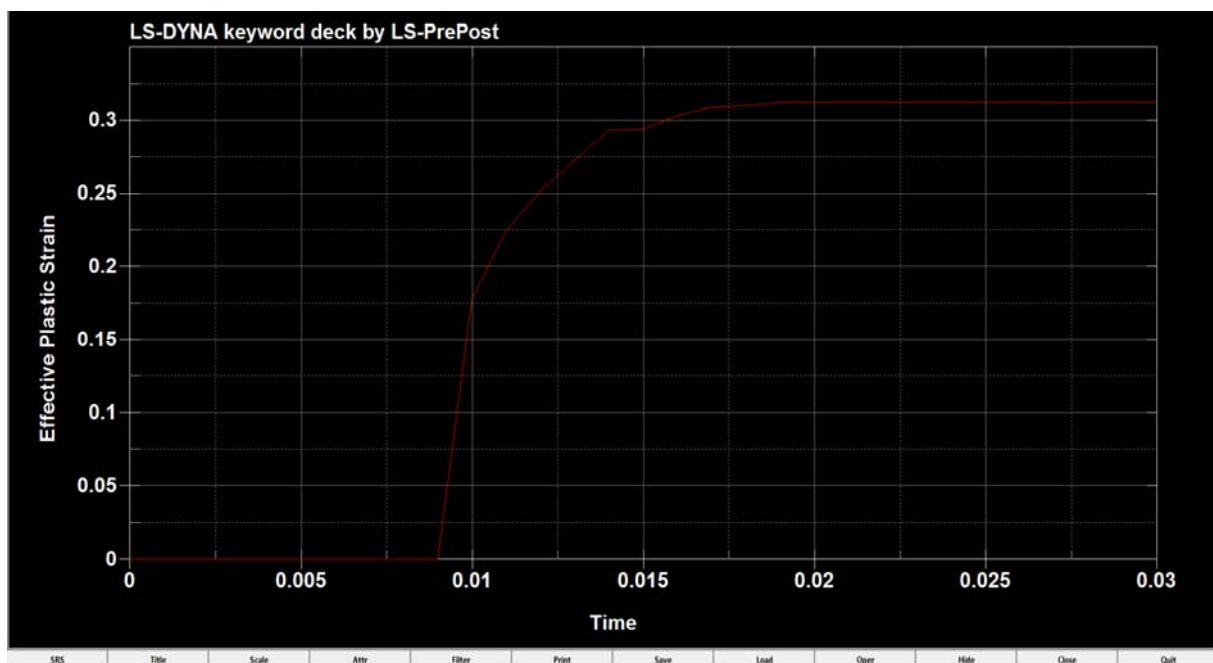


Рис. 2. График распределения пластической деформации для выбранного элемента в течении времени деформирования при $\varepsilon = 25\%$

Характер кривой (рис. 2) соответствует результатам, представленным на рисунке выше (рис. 1).

Произведен анализ полной и кинетической энергии в процессе нагружения металлопроката между валками. Величина механической активации, очевидно, является функцией энергии, воспринимаемой кристаллической решеткой металла. На рис. 3 и рис. 4 представлены результаты моделирования изменения кинетической и полной энергии в процессе холодной прокатки заготовки из стали 20 исходной толщиной 3 мм при $\varepsilon = 25\%$.

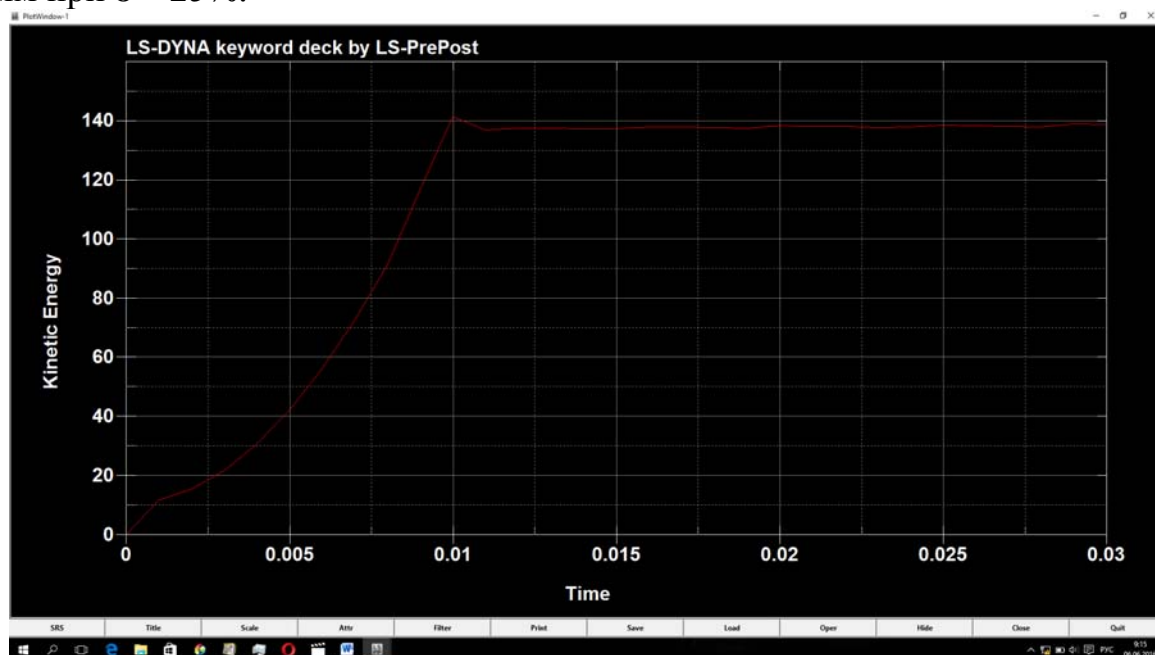


Рис. 3. График кинетической энергии при $\varepsilon = 25\%$

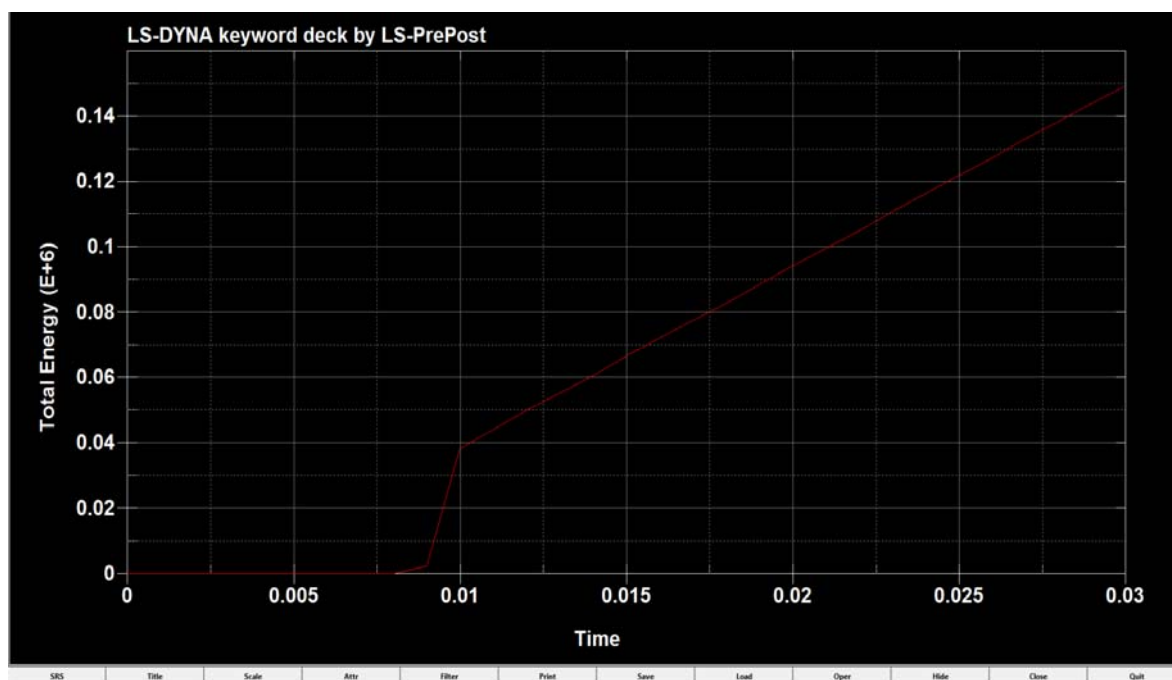


Рис. 4. График полной энергии при $\varepsilon = 25\%$

При степени деформации $\varepsilon = 50\%$ получены графики: 1) График распределения пластической деформации для выбранного элемента в течении времени (рис. 6); 2) График кинетической энергии (рис.7); 3) График полной энергии (рис. 8):

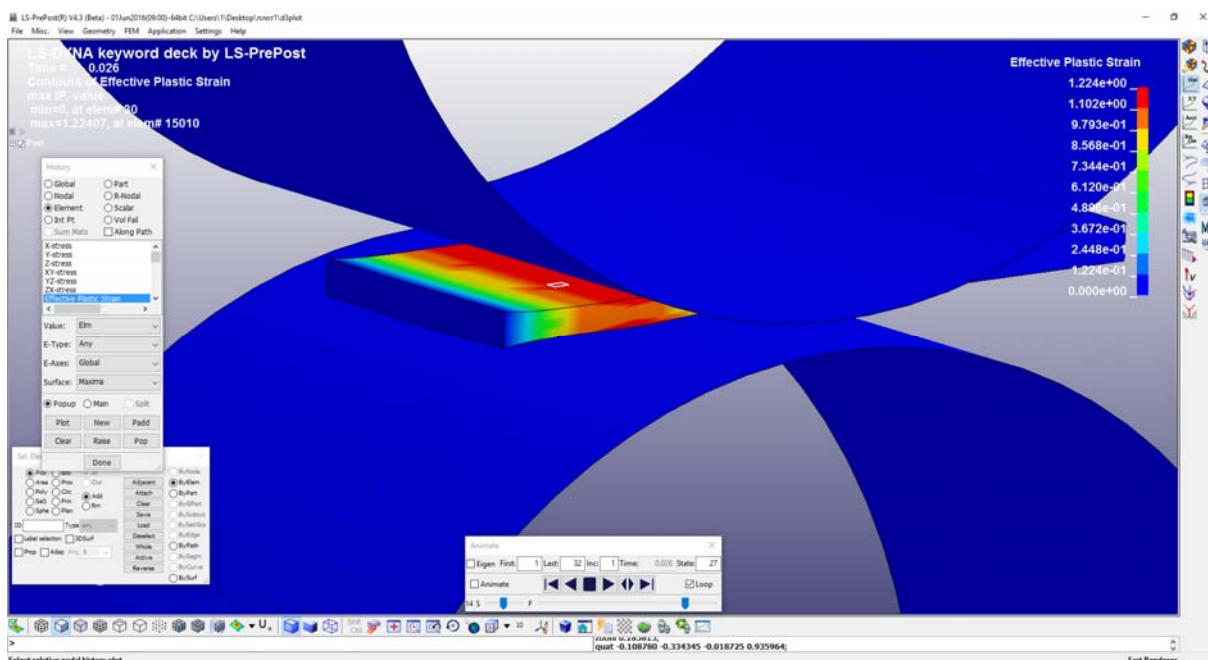


Рис. 5. Упрочнение исходного листового металлопроката прокаткой между двумя валками при $\varepsilon = 50\%$

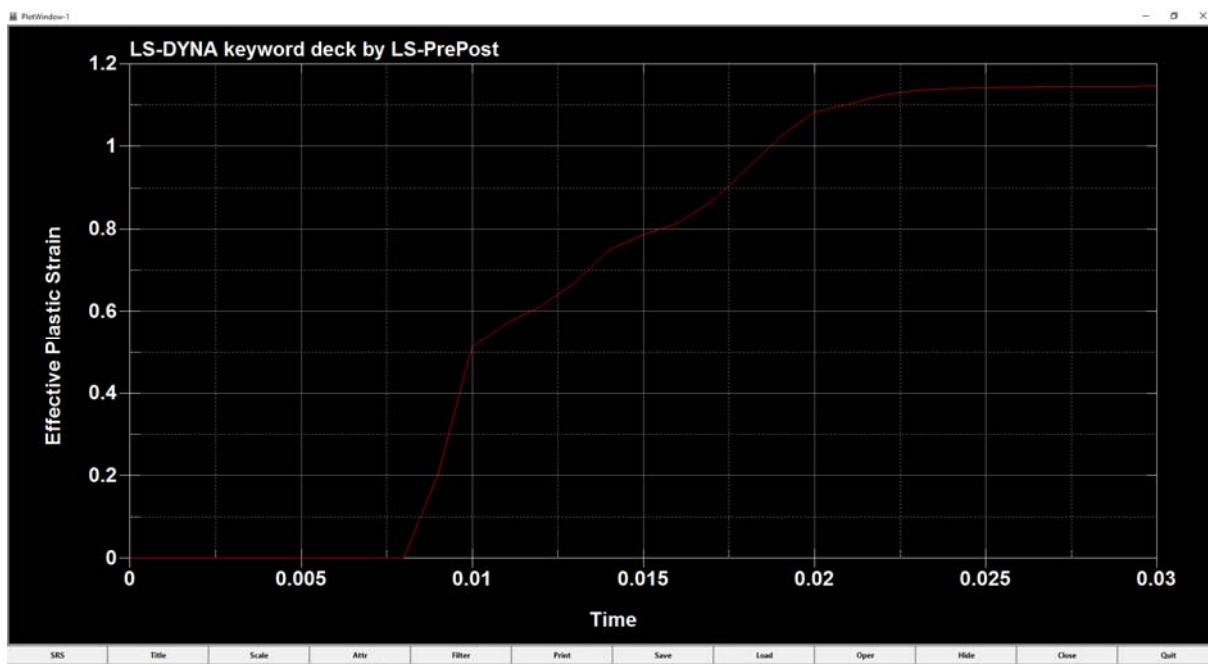
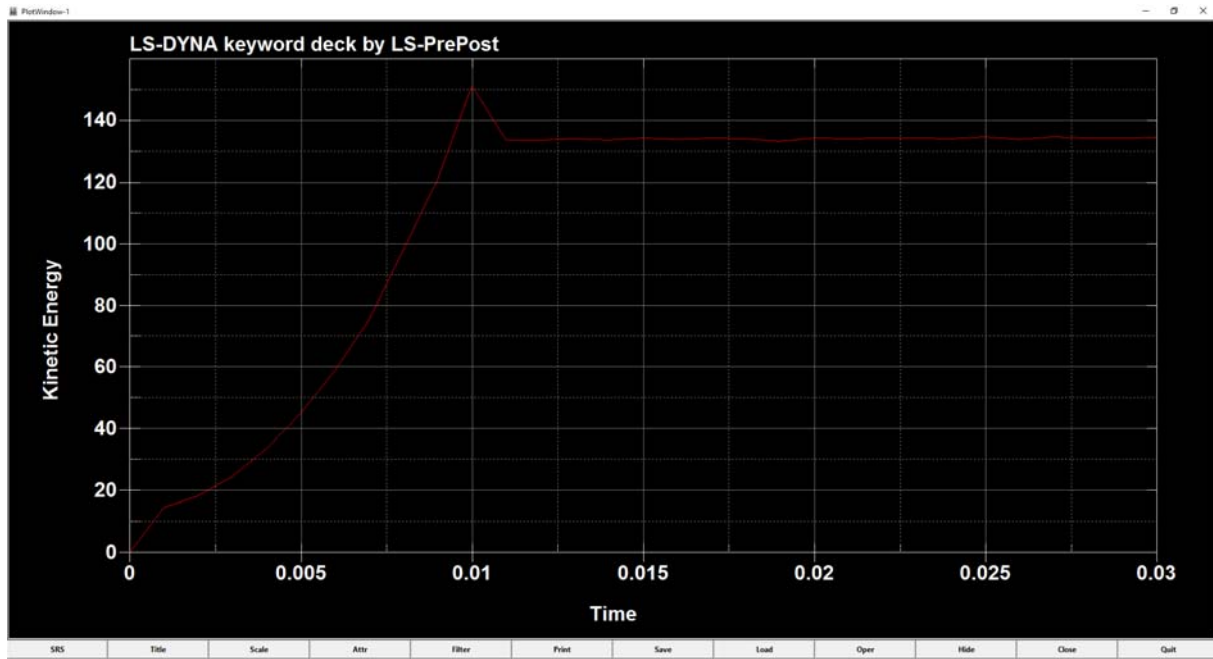
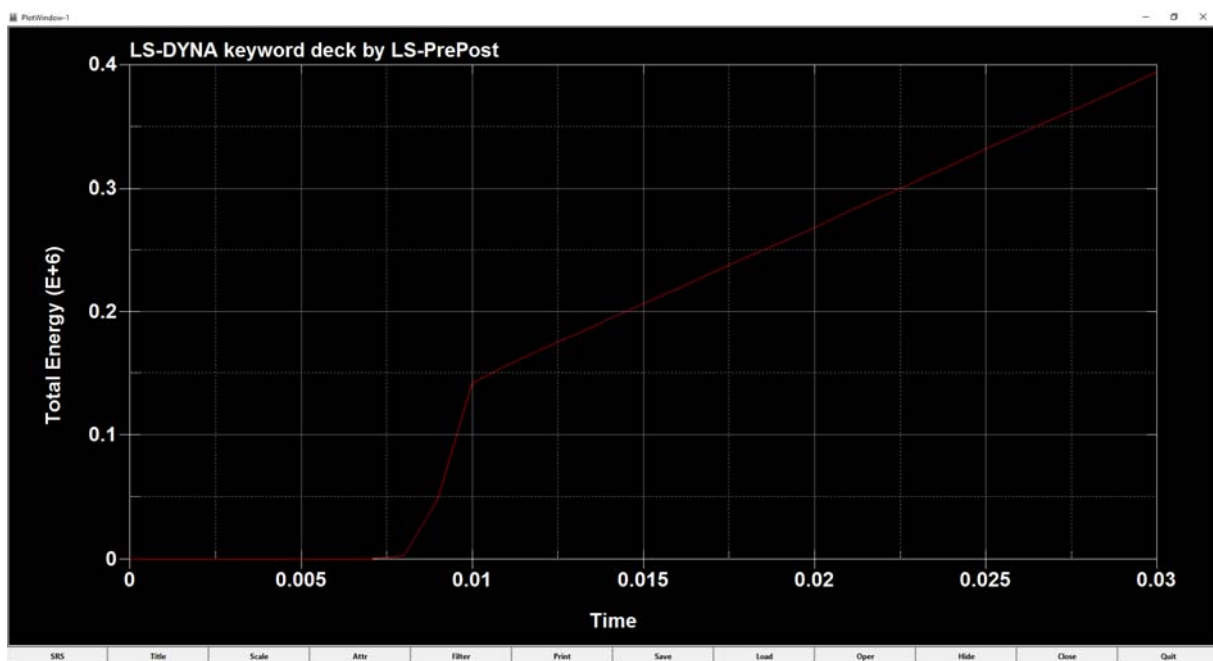


Рис. 6. График распределения пластической деформации для выбранного элемента в течении времени деформирования при $\varepsilon = 50\%$

Рис. 7. График кинетической энергии при $\varepsilon = 50\%$ Рис. 8. График полной энергии при $\varepsilon = 50\%$

При степени деформации $\varepsilon = 75\%$ получены графики: 1) График распределения пластической деформации для выбранного элемента в течении времени (рис. 10); 2) График кинетической энергии (рис. 11); 3) График полной энергии (рис. 12).

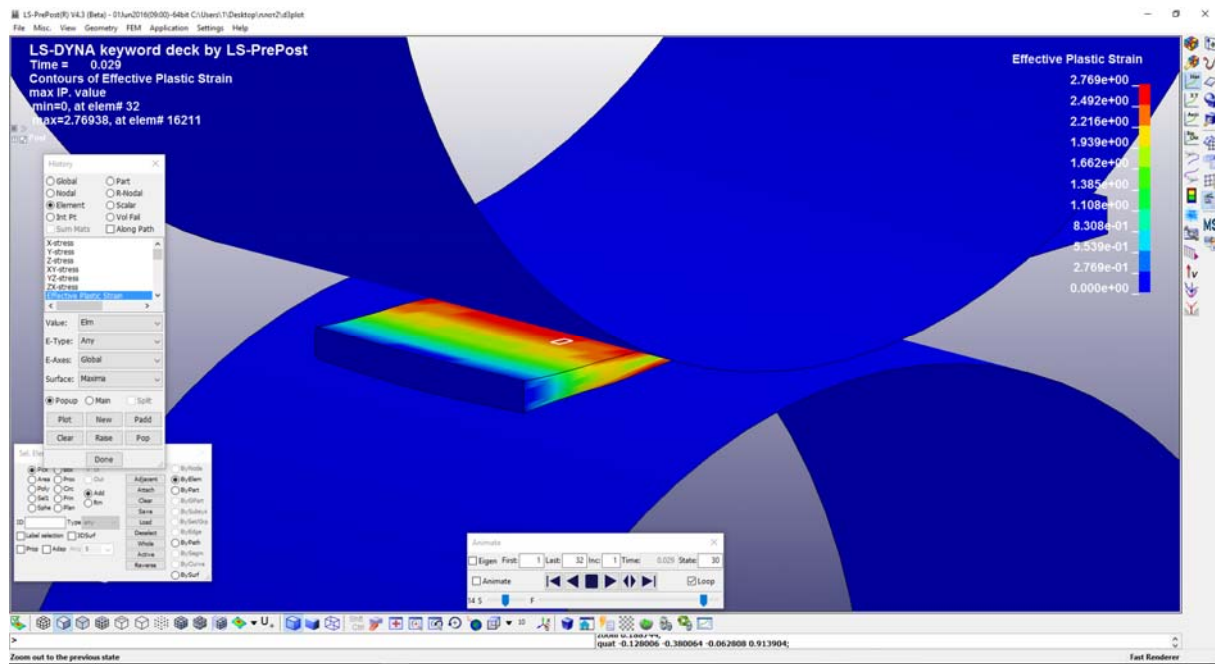


Рис. 9. Упрочнение исходного листового металлопроката прокаткой между двумя валками при $\varepsilon = 75\%$

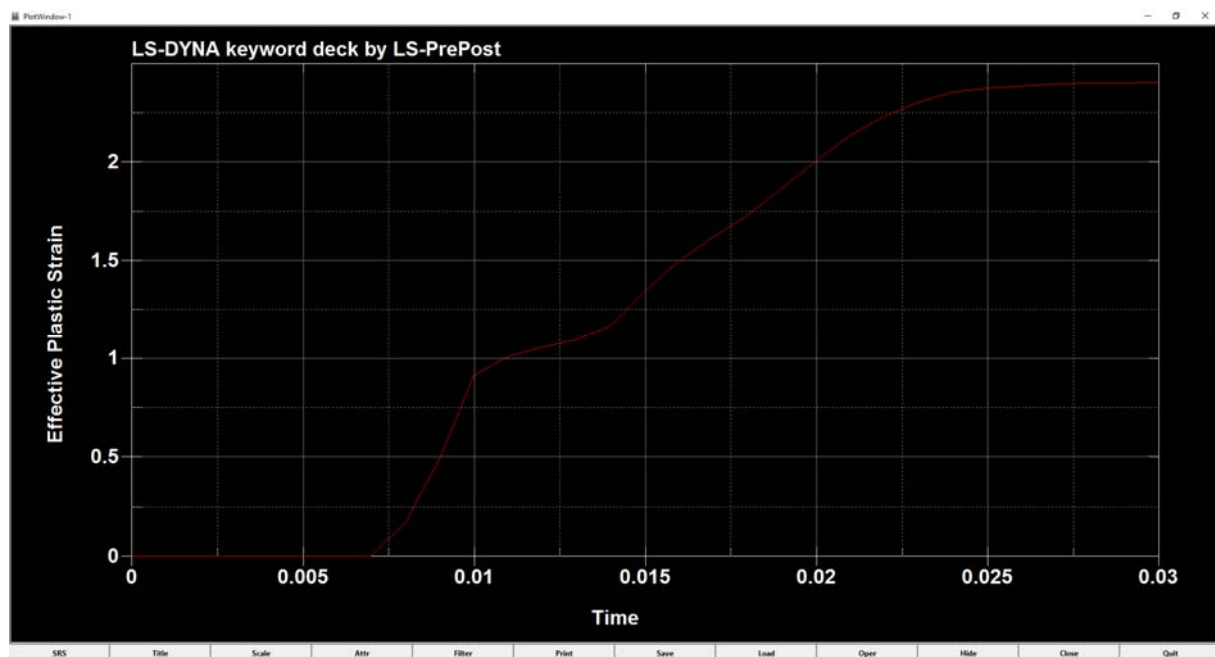
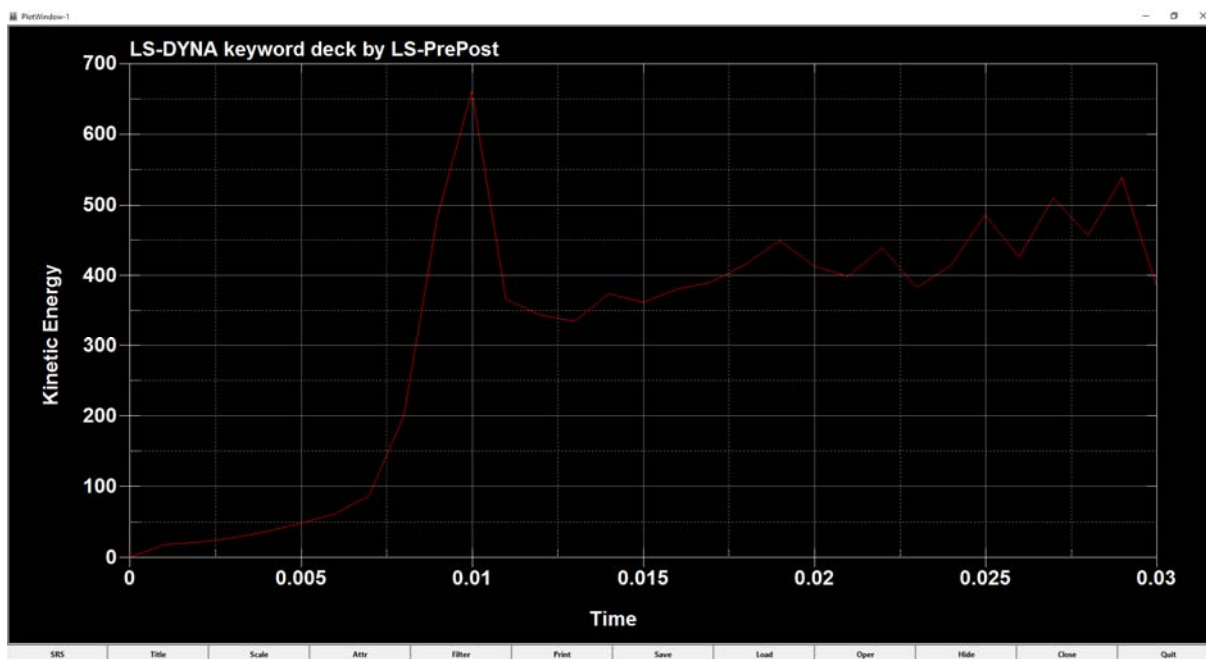
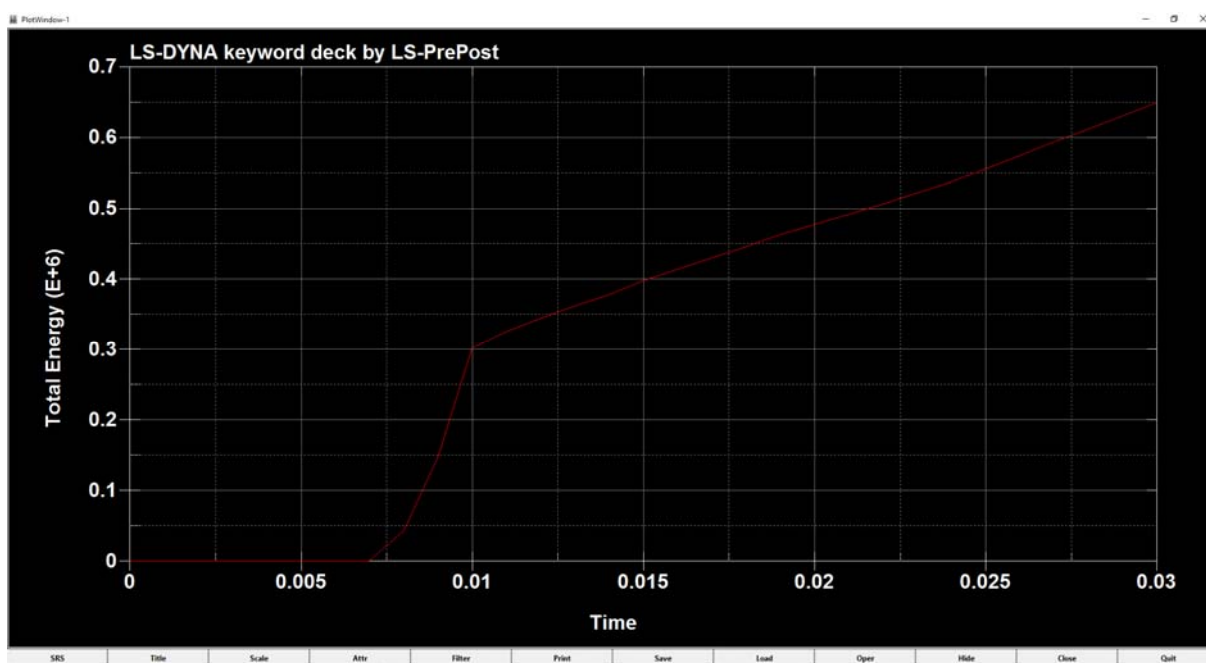


Рис. 10. График распределения пластической деформации для выбранного элемента в течение времени деформирования при $\varepsilon = 75\%$

Рис. 11. График кинетической энергии при $\varepsilon = 75\%$ Рис. 12. График полной энергии при $\varepsilon = 75\%$

Список литературы

1. Кокорин В. Н., Шанченко Н. И., Мищенко О. В., Кокорин М. В., Левушкин К. С. Моделирование процесса контурной лазерной резки с механической активацией листового металлопроката // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2015. – №11. – С. 42– 49.

УДК 621.981

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РЕЗКИ СДВИГОМ ПРОФИЛЕЙ СЛОЖНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОВЕДЕННОГО КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Баранов А. С.¹, Илюшкин М. В.², Марковцев В. А.³

1 – нач. НИО-110 АО «Ульяновский НИАТ»

2 – к.т.н., зам. генерального директора по науке АО «Ульяновский НИАТ»

3 – генеральный директор АО «Ульяновский НИАТ»

Применяемые в настоящее время методы изготовления гнутых профилей устарели и не отвечают требованиям, предъявляемым к технологии и оборудованию. А именно компактность, мобильность, быстропереоснащаемость такого оборудования и малый срок окупаемости данной технологии и оборудования.

Поэтому разработка новой технологии, которая отвечала бы этим требованиям, является актуальной задачей в настоящее время.

Процесс резания, особенно для профилей сложного поперечного сечения является одним из важных процессов в обработке металлов давлением, в котором есть немало тонкостей. Все эти особенности позволяет учесть программа динамического анализа LS-DYNA, которую использует АО «Ульяновский НИАТ».

Математическое моделирование процессов формообразования позволяет показать поведение деформируемой заготовки на стадии проектирования технологической или конструкторской оснастки [1]. Однако для полного соответствия с реальным процессом должны быть заданы соответствующие модели материала заготовки, силовые параметры и ограничения. В данном случае математическое моделирование используется для моделирования процессов изготовления гнутых профилей и позволяет визуально показать, что будет происходить с заготовкой при заданной схеме формообразования в калибрах роликовой или штамповочной оснастки. Если в результате моделирования результаты будут не удовлетворительные, то разработчик может изменить предложенную им ранее технологию или конструкцию согласно данным, которые покажет моделирование. На базе этих результатов разработчику легче принимать правильные решения при проектировании рациональной или оптимальной технологической или конструкторской оснастки.

В настоящее время в автомобильной промышленности все чаще применяются профили сложного поперечного сечения, применяемые в различных механизмах и узлах автомобиля. Одним из таких изделий является сборочный узел направляющих салазок регулировки передних сидений автомобиля (в данном случае речь идет об автомобиле Chevrolet NIVA), который является объектом исследования в этой статье. Данный узел состоит

из 2-х профилей различного поперечного сечения: заготовки стойки ползуна (Т-образный профиль) (подвижный элемент, перемещающийся в продольном направлении на шариках определенного диаметра) и направляющая внутренних салазок (С-образный профиль) рис. 1.



Рис. 1. Сборочный узел направляющих салазок регулировки передних сидения для автомобиля

Одним из важных вопросов качественной сборки и работы изделия является сохранение поперечного сечения на всей длине детали ($L = 289$ мм – для профиля Т-образного типа, $L = 311$ мм, 389 мм, 436 мм – для С-образного типа). При резке детали в требуемый размер нарушается сечение в зоне реза (отклонение составляет $0,5$ - 1 мм как по вертикальным, так и по горизонтальным полкам), что приводит к сложности при сборке. Следует отметить, что важной особенностью при проектировании штамповой оснастки является правильный выбор ножа, которым осуществляется резка. В данном случае речь идет об отрубном устройстве со стандартным типом штампа: входная полуматрица – нож – выходная полуматрица.

На стадии проектирования рассматривались по 3 варианта ножей для каждого типа рассматриваемых профилей (рис. 2):

1. Т-образный профиль:
 - а) нож со смещенным центром реза,
 - б) нож конусный копьевидный,
 - в) нож конусный.
2. С-образный профиль:
 - г) нож специальной формы Тип 1 (внутренняя режущая кромка),
 - д) нож специальной формы Тип 2 (наружная режущая кромка),
 - е) нож конусный переменный.

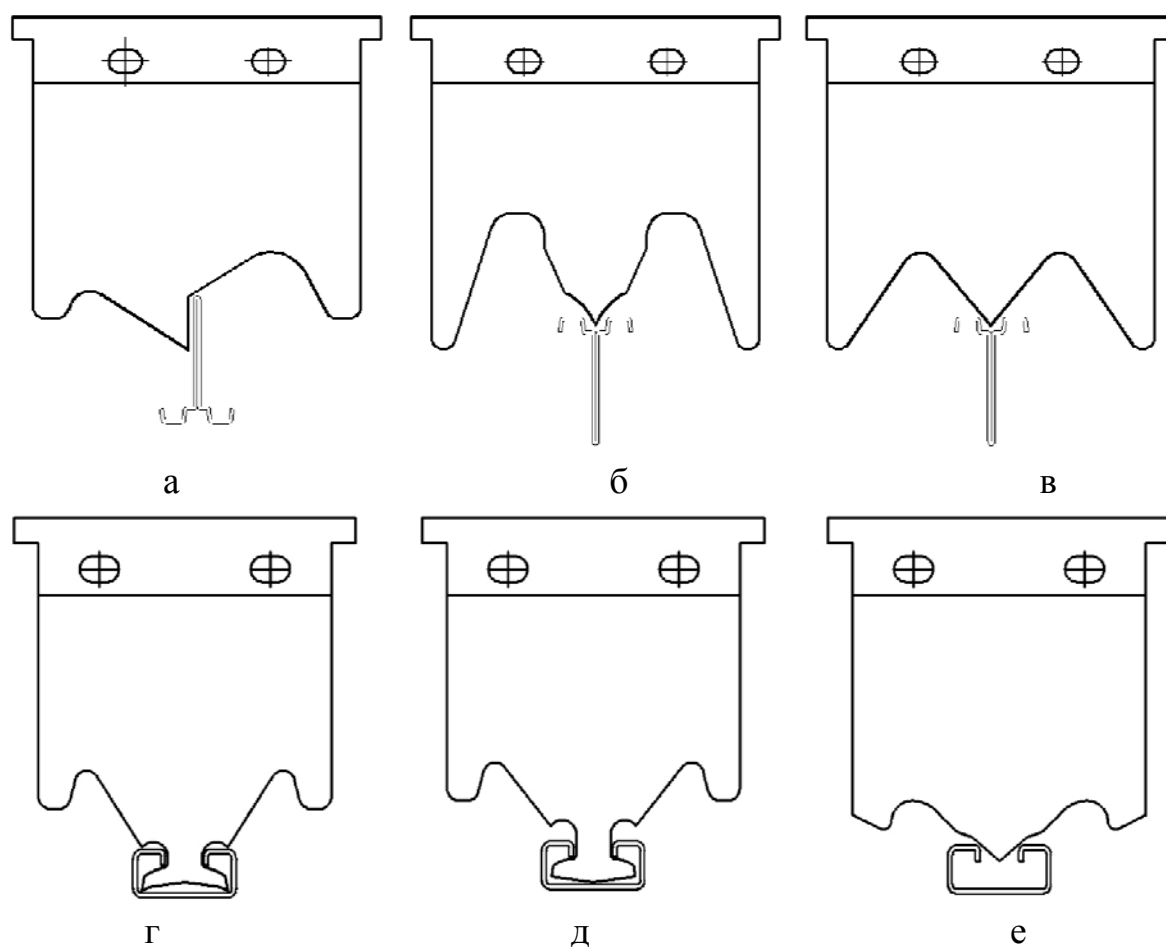


Рис. 2. Варианты ножей для резки в штампе стандартным способом:
а – нож со смещенным центром реза, б – нож конусный копьевидный,
в – нож конусный, г – нож специальной формы Тип
(внутренняя режущая кромка), д – нож специальной
формы Тип 2 (наружная режущая кромка),
е – нож конусный переменный

Для определения оптимального типа ножа воспользовались методом конечных элементов в программе динамического анализа LS-DYNA.

Промоделировав все шесть представленных типов ножей, наиболее оптимальным является нож конусный копьевидный (рис. 2б) – для профиля Т-образного типа, т.к. происходит более плавный рез с наименьшим заусенцем в радиусных и торцевых зонах, усилие при этом составляет порядка 25-30 кН, отслоение по элементу двойной толщины не более 0,3-0,4 мм и нож конусный переменный (рис. 2е) – для профиля С-образного типа.

По результатам моделирования было изготовлено отрубное устройство, с установленным штампом для профиля Т-образного типа, представленное на рис. 3.

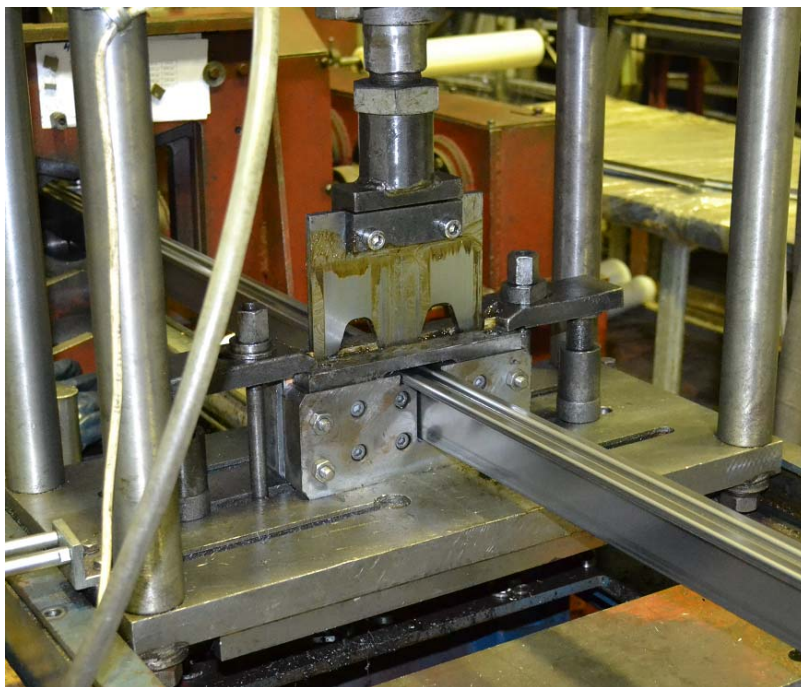


Рис. 3. Общий вид отрубного устройства со стандартным типом штампа

По данному штампу провели практическое испытание. На рис. 4а. представлен нож, изготовленный по результатам моделирования и подвергшийся испытаниям. В процессе длительной эксплуатации (осуществили порядка 3-3,5 тыс. ударов) стали проявляться риски и вмятины на ноже, износ режущей кромки и притупление копьевидного элемента. Соответственно на профиле появились заусенцы в торцевой части, изменение формы, как по горизонтальным полкам, так и в зоне ЭДТ (отслоение составило 0,8-1 мм) (рис. 4в). Потребовалась повторная шлифовка рабочей поверхности ножа, а также заточка копьевидного элемента. Данные операции проводили несколько раз. В результате, после 15 тыс. ударов нож пришел в негодность вследствие критического износа рабочих элементов (рис. 4б).



а



б



в

Рис. 4. Практические испытания по результатам моделирования: а – испытуемый нож, б – нож после 15 тыс. ударов, в – сечение профиля после резки в штампе стандартным способом

Аналогичным способом проводили испытания со штампом профиля для С-образного типа, где выявлены похожие дефекты как на ноже по зонам режущей кромки, так и на торцевой части профиля. Стойкость ножа составила порядка 25 тыс. ударов до момента выхода его из строя.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Задиры и отслоения в зоне реза на профиле,
 2. Изменения размеров в торцевой части профиля,
 3. Заусенцы в зоне реза по отбортовкам профиля,
 4. Раскрытие элемента двойной толщины за счет пружинения (для профиля Т-образного типа),
 5. Наклеп на ножах,
 6. Малая стойкость ножей (3-3,5 тыс. ударов до первой шлифовки).
- При этом максимальное количество ударов составляет 15 тыс. – для Т-образного типа и 25 тыс. для С-образного типа,
7. Наличие отхода материала (длина 5-10 мм).

На основании вышеизложенного было предложено разработать штамп, позволяющий устранить дефекты, которые выявлены в процессе реза стандартным отрубным устройством, повысить стойкость матриц, исключить отход материала, получить качественный срез профиля. Одним из вариантов может служить штамп, осуществляющий рез сдвигом одной матрицы относительно другой, т.е. схема имеет вид: входная полуматрица – выходная полуматрица.

Одним из немаловажных вопросов является выбор угла реза в соотношении с усилием, при котором произойдет срез заготовки, а так же качеством ее торцевой поверхности. В стандартном типе штампа рез осуществляется поэлементно, отделяя один элемент за другим. В нашем случае происходит одновременная резка всех имеющихся элементов в целом. По теоретическим расчетам усилие реза должно составлять $F = 100$ кН при угле реза 45° для профиля Т-образного типа.

Для проверки адекватности предлагаемого типа штампа промоделировали процесс реза под различными углами, а именно 0° , 15° , 30° , 45° , 90° . На рис. 5. представлен график распределения усилий резки под различными углами положения профиля. В результате оптимальный угол реза в соотношении с качеством торца профиля и его сечения составил 45° (рис. 5). При таком положении профиля усилие реза составляет $F = 85$ кН, на торцевой поверхности отсутствуют заусенцы, отслоения по ЭДТ и сечение остается постоянным на всей поверхности детали. Для профиля С-образного типа наиболее оптимальный угол реза в соотношении усилия и качества поверхности торца составил также 45° . При этом усилие, необходимое для осуществления процесса резки составляет $F = 57$ кН (рис. 6).

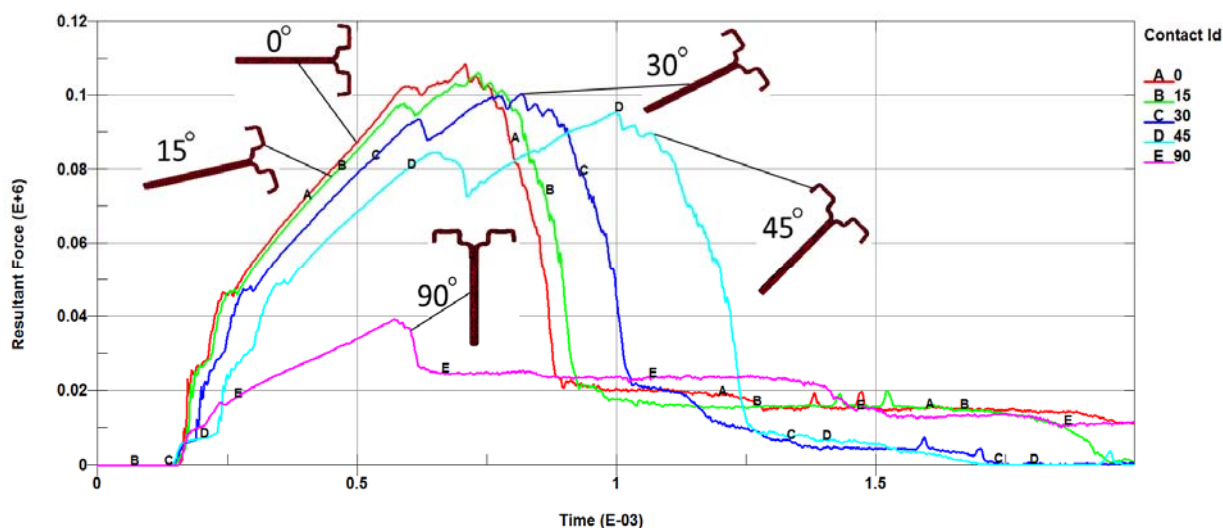


Рис. 5. График распределения усилий резки под различными углами положения профиля Т-образного типа

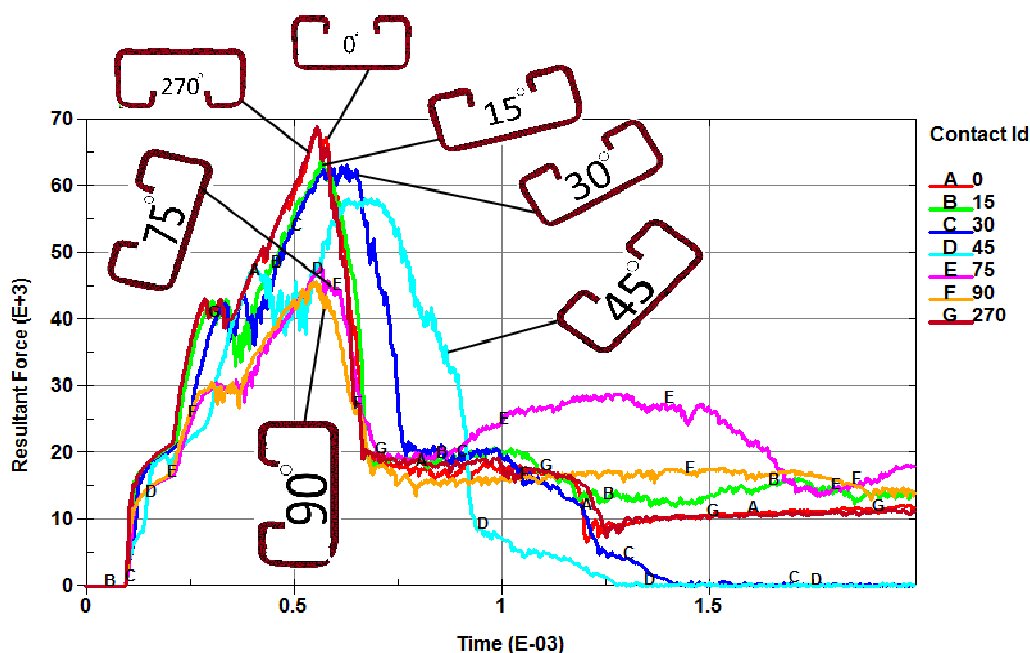
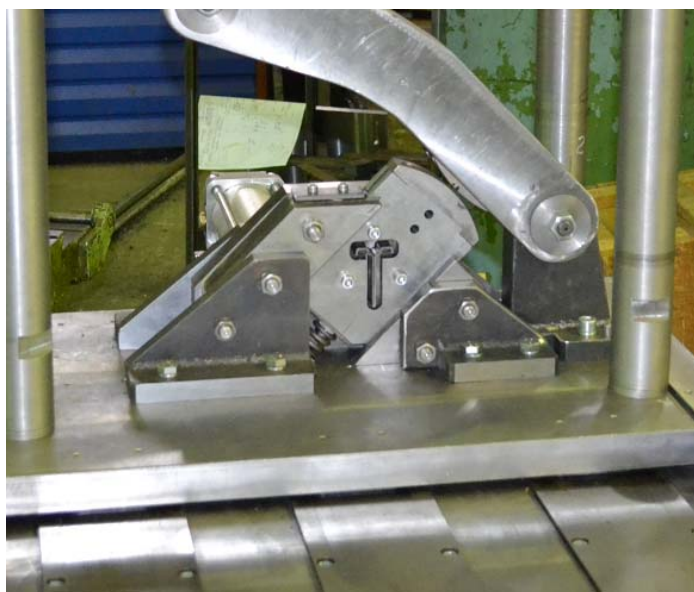


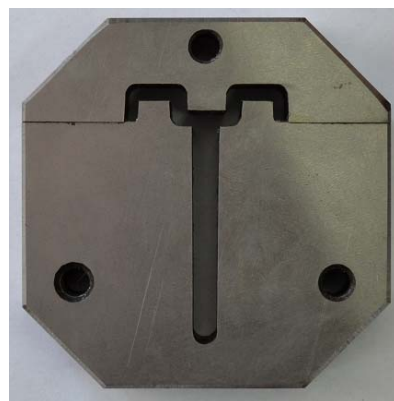
Рис. 6. График распределения усилий резки под различными углами положения профиля С-образного типа

По результатам моделирования было изготовлено отрубное устройство с предлагаемым типом штампа со сдвигом, представленное на рис. 7а и матрица (входная, выходная) рис.7б.

В процессе практического испытания акцентировали внимание на качество поверхности отрезаемой детали. На рис. 7в представлено фото образца профиля, полученного после резки штампом со сдвигом Т-образного типа.



а



б



г



в

Рис. 6. Практические испытания штампа со сдвигом:
а – штамп для резки со сдвигом Т-образного типа, б – нож,
в – сечение профиля после резки,
г – штамп для резки со сдвигом С-образного типа

В процессе длительной работы штампа со сдвигом (осуществили порядка 150 тыс. ударов до первой шлифовки) качество реза осталось неизменным. Сечение профиля остается постоянным на всей длине. На данный момент изготовлено порядка 250 тыс. деталей (профиль Т-образного типа) и 180 тыс. деталей (профиль С-образного типа). Такие дефекты как при резке стандартным штампом не проявлялись. Следует отметить, что стойкость матриц возросла в 40-50 раз, что существенно снизит стоимость штампового инструмента.

Выводы

Результаты моделирования приведенных типов штампов и анализ с практическими результатами позволил говорить, что применяемое в АО «Ульяновский НИАТ» программа динамического анализа LS-DYNA хорошо подходит для исследования схем роликовой и штамповой оснастки и может быть применена для исследования ответственных процессов, например для авиационной промышленности [2, 3].

По результатам конечно-элементного моделирования разработано и внедрено в производство отрубное устройство со штампом сдвигом, позволяющий осуществлять качественный срез детали «заготовка стойки ползуна» и «направляющей внутренних салазок», с сохранением размеров поперечного сечения на всей длине изделия.

Увеличенная стойкость штампового инструмента позволяет существенно снизить себестоимость готовых изделий.

Отсутствие таких дефектов как задиры и отслоения в зоне реза, изменения размеров в торцевой части, заусенцы по отбортовкам профиля, раскрытие элемента двойной толщины за счет пружинения.

Данный тип штампа можно использовать и для других профилей сложного поперечного сечения, требующих высокое качество поверхности.

Список литературы

1. Илюшкин М. В., Марковцев В. А., Баранов А. С. Математическое моделирование в программе LS-DYNA процесса изготовления гнутых перфорированных профилей на автоматизированной линии на базе станка ГПС // Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях (ИАМП-2010 года) : материалы 7-й Всероссийской научно-техн. конф.-Бийск : Изд-во Алт. гос. техн. ун-т, 2010. – С. 53-57.

2. Лапин В. В., Баранов А. С., Филимонов С. В. Особенности отработки технологии изготовления в роликах Т-образного профиля типа // Формообразование гнутых профилей: теория и практика. (2012 г.) : сборник научных трудов / под науч. ред. д-ра техн. наук, профессора В.И. Филимонова. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. – С. 40-46.

3. Марковцев В. А., Илюшкин М. В., Баранов А. С. Математическое моделирование процесса изготовления профиля из листовых заготовок с малыми относительными радиусами зон сгиба // Формообразование гнутых профилей: теория и практика. (2012 г.) : сборник научных трудов / под науч. ред. д-ра техн. наук, профессора В. И. Филимонова. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. – С. 64-70.

УДК 678.06:621.64

ДЕФОРМИРОВАНИЕ МЕТАЛЛО-КОМПОЗИТНОГО КОЛЬЦА ПРИ НАГРЕВЕ

Егоров А. В.

н.с. ОАО НИАТ, г. Москва

Рассматривается процесс деформирования составного двухслойного кольца (рис. 1) при нагреве, когда внутреннее металлическое кольцо вставлено в наружное композитное (углепластиковое). Слои углепластикового кольца уложены таким образом, чтобы давать нулевую окружную деформацию при нагреве. Тонкостенное металлическое кольцо изготовлено из стали или алюминиевого сплава.

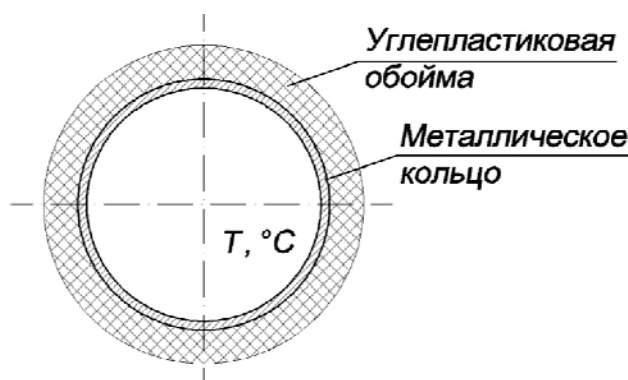


Рис. 1. Двухслойное металлокомпозитное кольцо

Расчет температурных деформаций проводится методом конечных элементов с использованием программного комплекса LS-DYNA совместно с ANSYS. Задача осесимметричная. Углепластиковое кольцо и стальное кольцо считаются линейно-упругими, алюминиевое кольцо – упруго-пластическим.

В результате расчетов получено, что при нагреве, в идеальном осесимметричном двухслойном кольце расслоения не происходит; при введении «возмущения» (окружной неоднородности) в композитное или в металлическое кольцо, возникает отслоение металлического кольца от композитного.

Исследовались, в частности, изменения толщины металлического кольца, вызванные технологией изготовления, а также занижением сварного шва в зоне соединения. В этих случаях сужение кольца может быть односторонним или двухсторонним.

Ни рис. 2 показано поле перемещений и величина и форма возникающего при нагреве зазора при двухстороннем изменении толщины кольца.

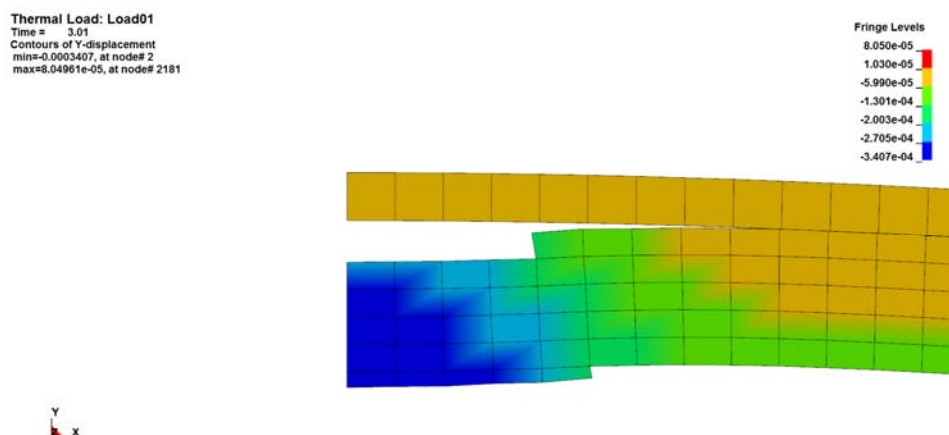


Рис. 2. Перемещения вдоль оси y в составном кольце

На рис. 3 представлено поле напряжений по Мизесу, а также деформированное состояние кольца и зазор в случае нагрева кольца с двухсторонним изменением толщины.

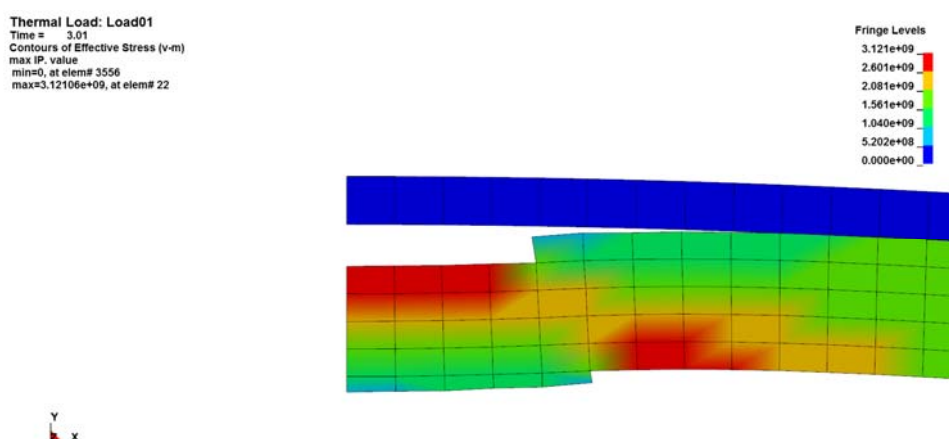


Рис. 3. Напряжения по Мизесу в составном кольце при нагреве

Предлагаемый подход численного расчета напряженно-деформируемого состояния двухслойных металлокомпозитных колец дает возможность решать задачи устойчивости [1–3] колец и оболочек применительно к сжатым в жесткой обойме конструкциям, например, в баллонах высокого давления.

Список литературы

1. Егоров А. В. К оценке устойчивости лайнера в металлокомпозитном баллоне высокого давления // Авиационная промышленность. – 2016. – № 1. – С. 38–41.
2. Васильев В. В., Мороз Н. Г. Композитные баллоны давления. Проектирование, расчет, изготовление и испытания : справочное пособие. – М. : Машиностроение; Инновационное машиностроение, 2015. – 373 с.
3. Алфутов Н. А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1991. – 336 с.

УДК 533.69.04

**РАСЧЕТ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЛОПАСТЕЙ ВИНТА
С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ**

Ефременков И. В.¹

1 – м.н.с. Ульяновского Государственного Университета, кафедры ММТС

Разработка нового вертолета является делом более проблематичным, чем создание прочих летательных аппаратов. Проблема в вертолетостроении это несущие винты, их лопасти. Крупнейшим специалистам иногда казалось, что, возможно, у вертолетов нет будущего, поскольку никому и никогда так и не удастся справиться с проблемами вибраций, возникающих в лопастях под действием многообразных циклических сил, воздействующих на гибкую, такую маложесткую лопасть несущего винта.

С развитием современных тенденций в области авиационных технологий для проектирования воздушных винтов все чаще используются вычислительные методы. Одним из самых распространенных методов быстрого расчета аэродинамических характеристик воздушного винта является двумерная линейная вихревая теория, основоположником которой является Н. Е. Жуковский [1]. На основе этой теории было разработано несколько методов, которые используются для расчета и проектирования воздушных винтов. Основным достоинством этого метода является быстрота расчета при приемлемой для предварительного проектирования точности. Однако современные воздушные винты работают на режимах, когда на концах лопастей реализуются сверхзвуковые скорости или отрывные течения. Альтернативой быстрым методам является расчет аэродинамики винта в рамках трехмерных уравнений Рейнольдса [2].

Мгновенные параметры решения в точных уравнениях Навье-Стокса разделяются на осредненные и пульсационные составляющие. Для компонента скорости:

$$u_i = \bar{u}_i + u'_i,$$

где $\bar{u}_i, u'_i$, $i = 1, 2, 3$ – осредненная во времени и пульсационная (отклонение действительных скоростей от осредненных) составляющая.

Аналогично для давления и других скалярных величин (2):

$$\phi_i = \bar{\phi}_i + \phi'_i,$$

где ϕ – скаляры (давление, энергия или разновидности концентрации).

Предполагается, что в развитом турбулентном движении пульсации малы по сравнению со средними скоростями потока.

Подставляя приведенные выше выражения в уравнение неразрывности и уравнение импульса получаем:

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_i) &= 0 \\ \frac{\partial}{\partial t} (\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_i u_j) \\ &= -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial p}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_l}{\partial x_l} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho \overline{u'_i u'_j}) = 0, \end{aligned}$$

где μ – турбулентная вязкость; $-\rho \overline{u'_i u'_j}$ – Рейнольдсовы напряжения.

Попытка моделирования данного метода была проведена в программном комплексе LS-Dyna с применением метода SPH.

Метод SPH применим для моделирования и исследования поведения частиц газа при взаимодействии вращающегося винта с окружающей его газовой средой.

При построении модели взаимодействия винта с газом лопасти винта считаются упругими, вследствие этого математическая модель, характеризующая напряженно-деформированное состояние вращения винта включает в себя тензорное уравнение движения [3]:

$$\rho \left(\frac{d^2 \bar{u}}{dt^2} - \bar{F} \right) = \text{div} \bar{\sigma},$$

где $\bar{u}$ – вектор перемещения; $\bar{\sigma}$ – тензор напряжений; ρ – массовая плотность; $\bar{F}$ – массовая сила, а также кинематические уравнения, выражающие компоненты тензора деформации через компоненты вектора перемещения:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_k}{\partial x_i} \frac{\partial u_k}{\partial x_j} \right),$$

и закон Гука в тензорной форме:

$$\bar{\sigma} = \lambda I_1(\bar{\varepsilon}) \bar{g} + 2\mu \bar{\varepsilon},$$

где λ, μ – коэффициенты Ляме; $I_1(\bar{\varepsilon})$ – первый инвариант тензора деформаций.

Для расчета была построена схематическая модель винта с двумя лопастями общей длиной 3 метра (рис. 1). Тип материала при первоначальном расчете задан как деформированное тело (Plastic Kinematic). Скорость вращения винта составляет 200 об./мин., для сравнения у боевого вертолета МИ-24 – 240 об./мин.

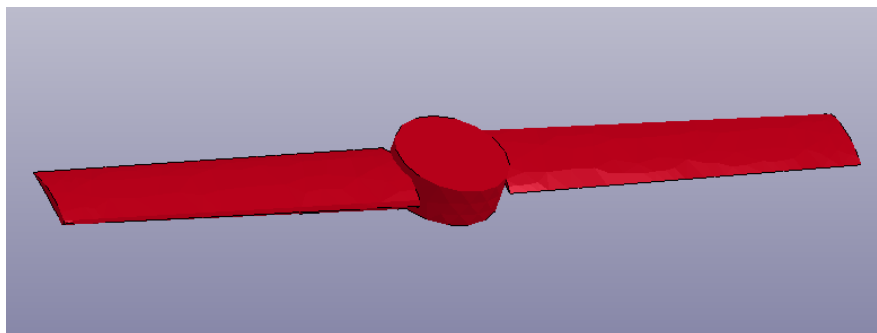


Рис. 1. Общий вид построенного винта с лопастями

Для определения аэродинамических показателей было создано окружающее пространство, с которым будет проходить взаимодействие вращающегося винта с лопастями (Рисунок 2). Окружающее пространство задано как воздух со свойствами характерными для высоты над уровнем моря 30 метров.

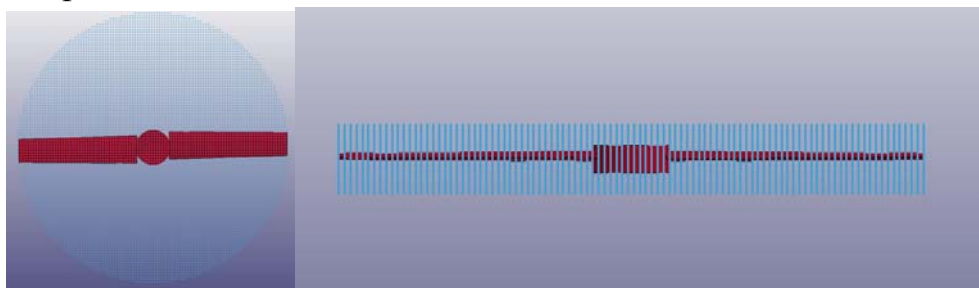


Рис. 2. Общий вид окружающего пространства с размещенным в нем винтом

В процессе создания объектов моделирования было получено 2138 элементов методом КЭ, связанных с винтом, и 786 тысяч элементов методом SPH, относящиеся к окружающему пространству. Общая длительность вращения винта составляет 5 секунд при равномерном шаге увеличения угловой частоты вращения до определенного параметра. Общее время расчета заняло порядка 17 часов, в результате решения были получены данные о возникающем давлении внутри окружающего пространства и сравнение показаний получаемой подъемной силы теоретическими данными (рис. 3).

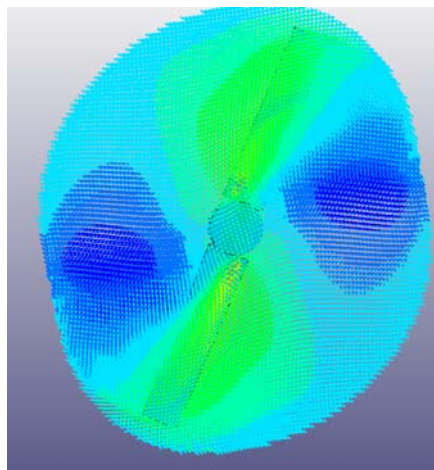


Рис. 3. Разница давления в окружающей области, создаваемая вращением винта

Среднее давление, создаваемое вращением винта, составляет порядка 30 Н/м^2 . Теоритическое давление, которое должно создаваться составляет 23.224 Н/м^2 . Разница между полученным средним давлением и теоретическим составляет около 29% для данного вида винта и окружающей области. Полученная разница, вероятно, возникает из-за выбранного типа материала для винта. В дальнейшем планируется провести расчет с деформированными лопастями винта с более расширенным окружающим пространством для получения большего числа характеристик моделирования взаимодействия винта с окружающей средой при учете всех граничных условий.

Список литературы

1. Александров В. Л. Воздушные винты. – М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1951.
2. Reynolds O. On the dynamical theory of incompressible viscous fluids and the determination of the criterion. Phil. – Trans. Of the Roy. Soc., 1895.
3. LS-Dyna Keyword user's manual. Volume I. Version 971 // Livermore Software Technology Corporation (LSTC). – May 2007. – P. 2206.
4. LS-Dyna Keyword user's manual. Volume II Material Models. Version 971 R6.0.0 // Livermore Software Technology Corporation (LSTC). – February 2012. – P. 1064.
5. Hallquist J.O. LS-Dyna Theory Manual. – March 2008. – P. 680.

6. Vila J.P. SPH Renormalized Hybrid Methods for Conversion Laws: Applications to Free Surface Flows, Lectures notes in Computational Science and Engineering 43 (2005). – P. 207-229.

7. Belytschko T., Xiao S. Stability Analysis of particle Methods with Corrected Derivatives Computers & mathematics with Applications 43 (2002). – P. 329-350.

8. Дмитриев В.Г., Павловец Г.А., Чевагин А.Ф., Быркин А.П., Иванюшкин А.К., Ким С.К., Кишалов А.Н. Исследования по разработке перспективных методов расчета аэродинамических характеристик и проектирования воздушных винтов с учетом требований по аэродинамической эффективности и ресурсу. – Жуковский, 2005.

УДК 621.981

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА ПРИ
РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ И
МЕХАНООБРАБОТКИ НА АО «УЛЬЯНОВСКИЙ НИАТ»
В ПРОГРАММЕ ANSYS/LS-DYNA**

Илюшкин М. В.¹, Баранов А. С.²

1 – к.т.н., зам. генерального директора по науке АО «Ульяновский НИАТ»

2 – нач. НИО-110 «Ульяновский НИАТ»

Моделирование процессов давно используется инженерами для изучения технологических процессов изготовления деталей. Моделирование технологических процессов в сфере ОМД и механообработки позволяет получить данные необходимые для создания новых высокоэффективных и экономичных технологических процессов.

Моделирование позволяет провести оптимизацию процесса с целью определения наилучших параметров процесса (схем деформирования, режимов обработки и т. п.).

Моделирование процессов формообразования и резки гнутых профилей широко используется на АО «Ульяновский НИАТ». Для этого на предприятии имеется коммерческая версия программы LS-DYNA, а также проводится тестирование программы ANSYS/LS-DYNA.

При производстве стрингеров и шпангоутов для фюзеляжей летательных аппаратов широко используется метод «Стесненного изгиба». В программе был исследован процесс формообразования гнутых профилей методом стесненного изгиба (рис. 1), где было изучено НДС в зоне сгиба и предварительно оценены величины утолщения от технологических параметров процесса.

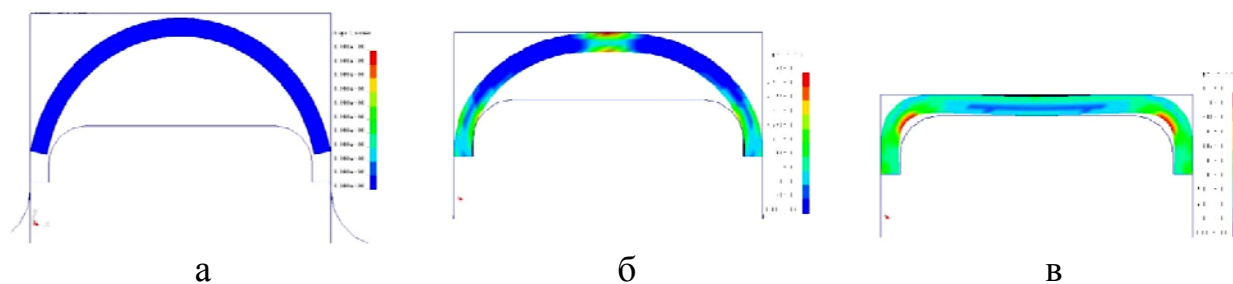


Рис. 1. Этапы формования части профиля Z-образного типа методом стесненного изгиба

Для адекватного моделирования процесса, требуется ввод правильных параметров моделей материала, поэтому для определения этих данных были проведены серии механических испытаний на одноосное растяжение (рис. 2).

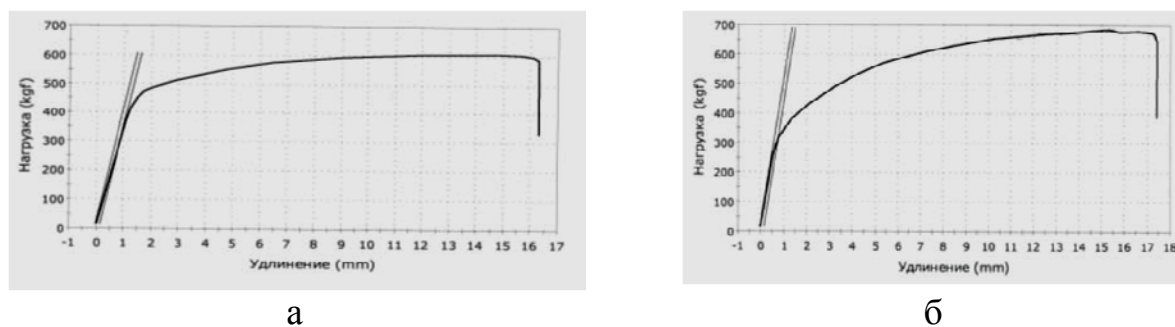


Рис. 2. Диаграммы после механических испытания на растяжение для металлов: а – B95AM, б – B1469

Результаты механических испытаний использовались для моделирования процесса получения профилей стрингер и шпангоут для фюзеляжа самолета МС-21 (рис. 3).

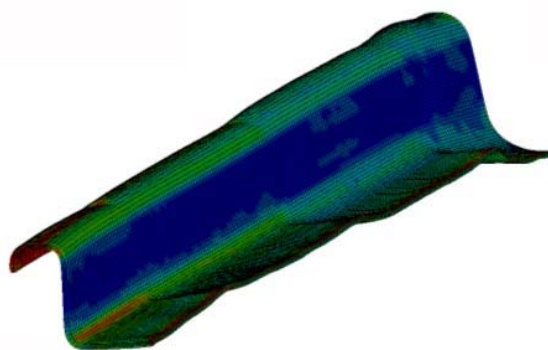


Рис. 3. Моделирование процесса изготовления профиля стрингер

В программе инженерного анализа ANSYS/LS-DYNA было проведено моделирование процесса изготовления профиля шпангоут с различной продольной кривизной. Анализ этих данных позволил установить НДС по сечению профиля, зависимость от величины продольного радиуса и установить критические значения кривизны, при которой возникает дефект кромкой волнистости.



Рис. 4. Моделирование процесса изготовления профиля шпангоут с продольной кривизной

Один из примеров моделирования представлен на рис. 5, где моделируется процесс резки круглой трубы в отрубном штампе. Целью моделирования был поиск рациональной формы ножа, обеспечивающей минимальное усилие резки [1].

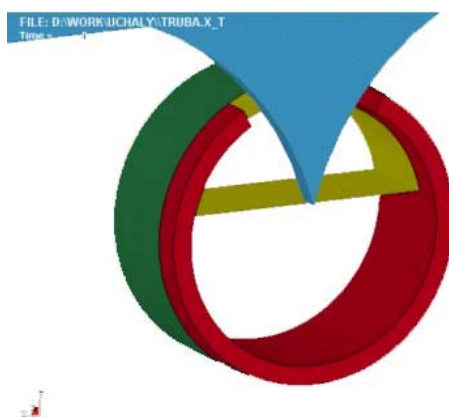


Рис. 5. Моделирование процесса резки круглой трубы в отрубном штампе

Другой пример моделирования представлен на рис. 6, где исследовался процесс формообразования гнутого профиля швеллерообразного типа. Целью моделирования, было в сравнении нескольких схем формообразования и выбор схемы обеспечивающей минимальную аксиальную деформацию по краям полков, превышение которой вызывает неустранимый дефект кромковой волнистости [2].



Рис. 6. Моделирование процесса формообразования гнутого профиля швеллерообразного типа

Еще один пример моделирования процесса формообразования гнутого профиля корытообразного типа из оцинкованной стали представлен на рис. 7, где целью было установить величины контактных давлений по уголковым зонам профиля. Превышение предельной величины контактных давлений вызывает сдир покрытия и уменьшение коррозионостойкости таких изделий. В данном моделировании также было рассмотрено несколько технологических схем с различными схемами формообразования радиусов [3].



Рис. 7. Моделирование процесса формообразования гнутого профиля корытообразного типа

Моделирование процессов формообразования несимметричных гнутых профилей позволяет установить величину скрутки гнутого профиля и скорректировать до изготовления реальной оснастки. Кроме этого, было установлено, появление дефекта кромковой волнистости по одной из полок несимметричного профиля (рис. 8), что также было подтверждено практическими исследованиями [4]. Обнаружение этого дефекта позволило еще на стадии проектирования принять меры к его устранению.

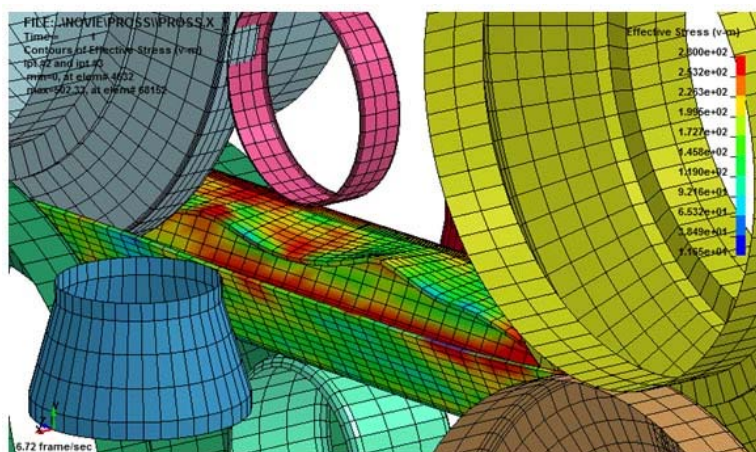


Рис. 8. Дефекты профиля несимметричного типа в процессе моделирования

Результаты моделирования приведенных схем и анализ с практическими результатами позволил говорить, что тестируемое в АО «Ульяновский НИАТ» программа динамического анализа ANSYS/LS-DYNA хорошо подходит для исследования схем формообразования гнутых профилей и может быть применена для исследования ответственных процессов, например, для авиационной промышленности.

Также были исследованы другие процессы обработки металлов давлением с применением программы ANSYS/LS-DYNA. К таким исследованиям можно отнести формования изделия методом Incremental sheet forming (ISF), который представляет собой серию незначительных деформаций посредством наконечника закрепленного в руке робота (ЧПУ). Использование данного метода позволяет получить как прямоугольные, так и конусные изделия из различных, в т. ч. и композиционных материалов. Моделирование позволяет выявить технологические режимы изготовления деталей методом ISF (рис. 9).

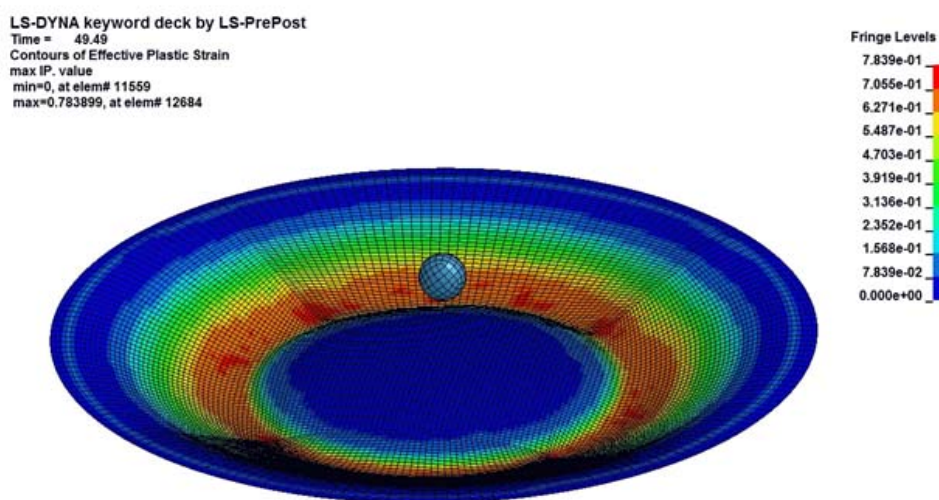


Рис. 9. Моделирование процесса изготовления детали методом ISF

В настоящее время для изучаемых процессов используются как базовый лагранжевый метод, так и более сложные методы: Ейлеровый SPH, EFG и др.

Интересная тематика инженерного анализа – объемная холодная и горячая штамповка. Моделирование позволяет находить оптимальные формы технологической оснастки (величины технологических уклонов, радиусов скругления и т. п.), а также параметров материалов заготовки и инструмента, обеспечивающих бездефектный процесс изготовления (рис. 10).

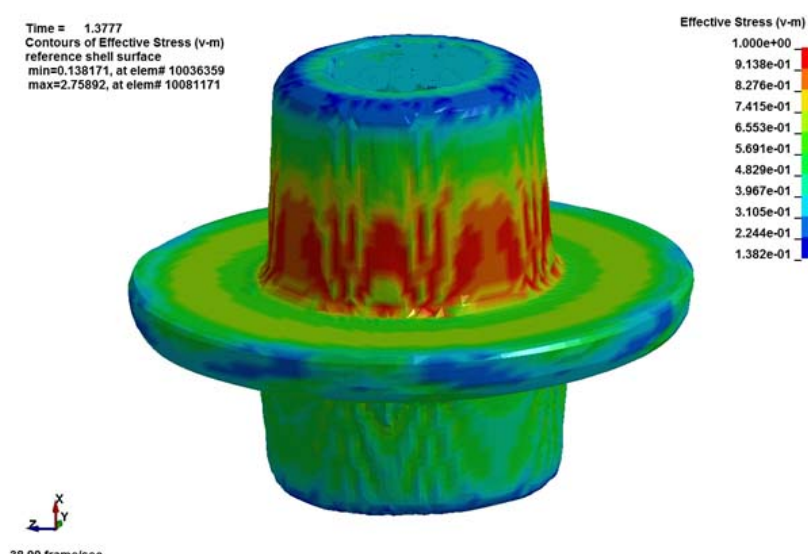


Рис. 10. Моделирование процесса изготовления детали горячей объемной штамповкой

Последнее время все чаще программы инженерного анализа используются и в процессах механообработки.

Программа динамического анализа ANSYS/LS-DYNA позволяет моделировать процессы фрезерования, точения, сверления, шлифования (рис. 11).

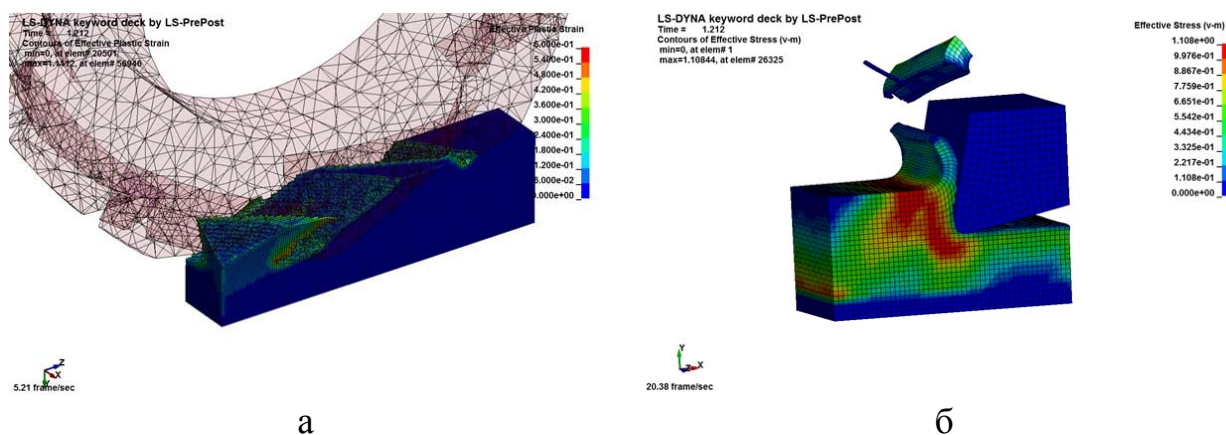


Рис. 11. Примеры моделирования процесса механообработки в программе ANSYS/LS-DYNA: а – фрезерование, б – точение

На кафедре ТЗШП при АО «Ульяновский НИАТ» было проведено тестовое моделирование процессов сверления металлических и композиционных материалов (рис. 12).

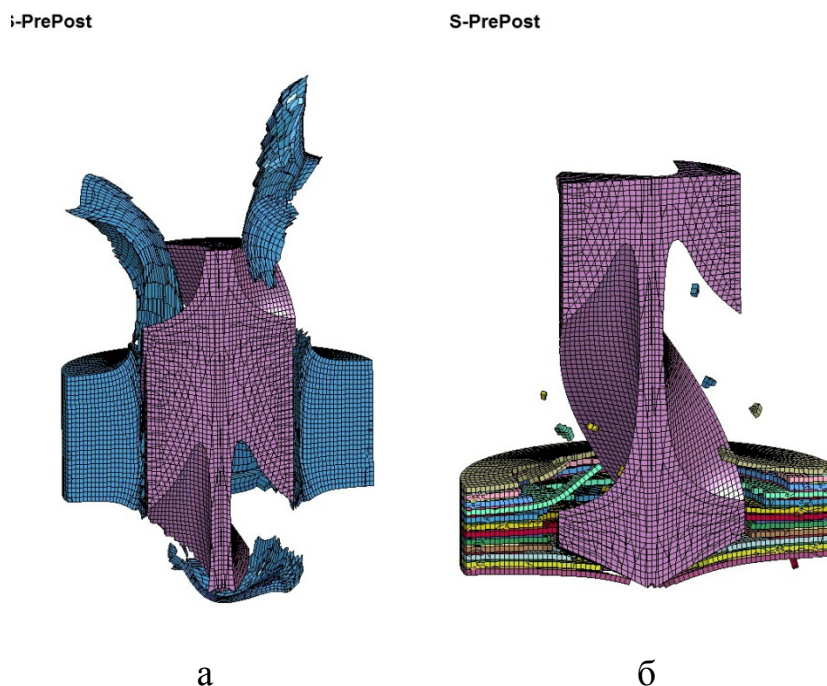


Рис. 12. Этапы моделирования процесса сверления сплава ВТ-6 (а) и композита M21/34%UD194/IMA (б)

Программа позволяет оценить как величины энергосиловых параметров процесса, так и показать, что будет происходить с материалом при реальном процессе сверления. Все это позволяет использовать программы инженерного анализа для подбора режима сверления (подача, величина оборотов) при которых не будет происходить, к примеру, деламинация слоев композита и осуществляться качественное изготовление отверстий.

Выводы

Тестирование программы ANSYS/LS-DYNA показало преимущества используемого препроцессора ANSYS над препроцессором LS-PREPOST. Использование программы ANSYS WORKBENCH LS-DYNA позволяет значительно быстрее создавать рабочие модели (к файлы) для решателя LS-DYNA и позволяет быстрее и качественнее создавать конечно-элементные сетки для моделей. Среди недостатков можно отметить необходимость ручной «доводки» k-файлов, а также, на данный момент,

отсутствия всех необходимых карт, например, при использовании методов отличных от Лагранжевого.

Наилучшим на данный момент считаем использование для стадии подготовки конечно-элементной модели программу ANSYS WORKBENCH LS-DYNA, далее редактирование и добавление необходимых карт через программу LS-PREPOST, запуск расчета в программе LS-DYNA и анализ результатов в программе LS-PREPOST.

Применение средств инженерного анализа, а именно программы ANSYS/LS-DYNA, позволяет с большой точностью моделировать практически все процессы ОМД и основные процессы механообработки, что позволяет сразу увидеть процесс, как бы он происходил в реальных условиях. Моделирование позволяет получить все необходимые данные по НДС и энергосиловым характеристикам процесса.

Список литературы

1. Илюшкин М. В., Баранов А. С., Марковцев В. А. Оработка процесса рубки толстостенного профиля полузамкнутой формы // Формообразование гнутых профилей: теория и практика. (2012 г.) : сборник научных трудов / под науч. ред. д-ра техн. наук, профессора В. И. Филимонова. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. – С. 75-79.

2. Илюшкин М. В., Марковцев В. А., Филимонов В. И. Влияние остаточных деформаций на дефект кромковой волнистости полок // Формообразование гнутых профилей: теория и практика. (2013 г.) : сборник научных трудов / под науч. ред. д-ра техн. наук, профессора В.И. Филимонова. – Ульяновск : УлГТУ, 2014. – С. 35-46.

3. Илюшкин М. В., Марковцев В. А., Баранов А. С. Выбор способа формовки уголкового профиля корытного типа в роликах на основе анализа действующих контактных давлений // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2010. – Т. 12, № 1(2). – С. 362-365.

4. Марковцев В. А., Филимонов В. И., Илюшкин М. В., Баранов А. С., Волков А. А. Формообразование несимметричных профилей на профилировочных станках // Технология металлов. – 2011. – №3. – С. 8-12.

УДК 539.3

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ЧПУ ОБТЯЖНЫХ ПРЕССОВ ФИРМЫ ACB-ALSTHOM

Михеев В. А.¹, Сурудин С. В.², Науменко И. В.³, Назайкинский Е. В.⁴

1 – профессор кафедры обработки металлов давлением Самарского университета.

2 – ассистент кафедры обработки металлов давлением Самарского университета.

3 – бакалавр Самарского университета (направление подготовки 15.03.01-Машиностроение).

4 – бакалавр Самарского университета (направление подготовки 15.03.01-Машиностроение).

Введение

На отечественных предприятиях авиационной промышленности более 30 лет эксплуатируются обтяжные прессы трех типов FEKD французской фирмы AСВ-ALSTHOM. Это обтяжные прессы FEKD-300/600-2850, FEKD-550/1100-4500 и FEKD-550/1100-6500, которые предназначены для поперечной обтяжки по программе листовых обшивочных оболочек двойной и знакопеременной кривизны. Считается, что это первые в мировой практике обтяжные прессы оснащенные ЧПУ. Фирмой было изготовлено всего 23 прессов этой серии. Из них 11 прессов были централизованно закуплены на наши авиационные предприятия. На первых прессах этой серии применяли систему управления SIEMENS, устанавливаемую ранее на металлорежущее оборудование.

Впоследствии центр по разработке систем управления CERSA, входящий в состав фирмы AСВ, сумел создать для гидравлических прессов специализированную систему управления CIMER. Она была установлена как на прессах типа FEKD, так и на более современных обтяжных прессах выпускаемых фирмой AСВ-ALSTHOM в настоящее время. Это обтяжные прессы для поперечной обтяжки типа FET, для продольной обтяжки типа FEL и для комбинированной обтяжки типа FETL. Обтяжные прессы этой серии закупили такие крупные авиационные компании как AEROSPATIALE (Франция), FOKKER (Нидерланды), F.W. EMMEN (Швейцария), DEUTSCHE AIRBUS (Германия). В России на некоторые авиапредприятия, входящие

в ОАК, были закуплены и в настоящее время активно применяются обтяжные прессы новой серии.

Система управления CIMER осуществляет управление рабочими органами обтяжных прессов по перемещениям. Имеется обратная связь, выполняющая контроль процесса обтяжки по усилию. Благодаря обратной связи по усилию появилась возможность предварительного растяжения листовой заготовки для вывода его материала за предел упругости. Кроме того, было предусмотрено за счет перемещения зажимных устройств осуществлять «оборачивание» листовой заготовкой обтяжного пуансона при дифференцированном растяжении с заданным нарастанием давления в гидравлической системе рабочих органов [1, 2].

При этом некоторые обтяжные прессы, например FEKD и FET дополнительно оснащаются так называемым «клювом», который представляет собой приспособление цилиндрической формы, жестко соединенное с зажимным устройством. «Клюв» ограничивает максимальные углы изгиба листовой заготовки в области выхода его из зажимов, а также за счет трения снижает деформации в этой области. В ходе процесса обтяжной пуансон либо подвижен за счет движения стола прессы, как на прессе типа FEKD, либо неподвижен, как на прессах типа FET, FEL и FETL. Однако формообразование листовой заготовки в том или другом случаях, осуществляется за счет перемещения зажимов по определенным траекториям за счет постоянного и непрерывного сервоуправления по всем степеням подвижности обтяжного прессы.

Основное направление, в котором работает фирма АСВ, это совершенствование конструкции и системы управления обтяжного прессы, что, по их мнению, расширяет технологические возможности процесса обтяжки. Например, отказ в конструкции обтяжных прессов новой серии от подвижного стола в отличие от конструкции обтяжных прессов предыдущей серии типа FEKD позволяет существенно сократить подготовительное время. В обтяжных прессах типа FET, FEL и FETL стол прессы неподвижный и находится на уровне пола, что позволяет производить смену обтяжного пуансона без применения цехового крана. Главное достоинство такой конструкции это кинематическая схема обтяжных прессов, обеспечивающая необходимые движения зажимных балок при наличии неподвижного стола. Это, по мнению фирмы, должно обеспечить оптимальное нагружение листовой заготовки при минимальном количестве управляемых параметров.

Система управления CIMER поддерживает все обтяжные прессы фирмы ASCB и обеспечивает возможность сервоуправления при перемещении зажимных балок, которые кинематически связаны с управляемыми гидроцилиндрами. Два вертикальных для стола и две пары наклонных гидравлических цилиндров для поворота балансиров с зажимами для прессов типа FEKD и четыре вертикальных, четыре горизонтальных и две пары наклонных гидравлических цилиндров для прессов типа FET, FEL и FETL. Такая конструкция обтяжных прессов и используемая на них система управления обеспечивает получение оболочковых деталей значительной двойной кривизны при минимально необходимых деформациях листовой заготовки. Однако возникает вопрос о том, каким образом смоделировать процесс формообразования обтяжкой, чтобы учесть все необходимые факторы и сформировать управляющую программу для обтяжного пресса.

Автоматизированное формообразование обтяжкой

Автоматизированное формообразование обшивочных оболочек на обтяжных прессах с программным управлением требует специальной подготовки, начиная с обработки электронной модели обтяжного пуансона и заканчивая расчетом управляющей программы. Для того чтобы успешно реализовать новые способы обтяжки оболочек различных геометрических форм необходимо, прежде всего, решить задачу конструкторской проработки обтяжного пуансона. Новые способы обтяжки обеспечивают расширение формообразующей стадии средней части листовой заготовки в районе центрального поперечного сечения. После достижения деформации потребной для той или иной геометрической формы оболочки необходимо обеспечить растяжение остальных частей листовой заготовки при сохранении положения наибольшей деформации в средней части, но без локализации ее в области вдоль границы контакта с поверхностью пуансона до зажимов пресса. Такая схема формообразования обтяжкой была названа последовательной схемой, включающей предварительную и повторную обтяжку, разделенные разгрузкой листовой заготовки и ее разгибанием в новое положение для повторной обтяжки [3, 4, 5, 6].

Одним из требований, предъявляемых к отдельным стадиям последовательной схемы формообразования обтяжкой, является раздельное их осуществление в условиях симметричной обтяжки при соответствующей параметризации поверхности обтяжного пуансона. Конструкторская проработка обтяжного пуансона определяет его правильное

позиционирование на рабочем столе пресса, обеспечиваемое постоянное положение формообразующего контура в одной из вертикальных плоскостей обтяжного пресса и условия осесимметричного деформирования центрального поперечного сечения оболочки. Система координат пресса привязана к плоскости стола и вертикальной осевой линии, проходящей через полюс поверхности обтяжного пуансона.

Соответствующая параметризация поверхности обтяжного пуансона характеризуется двумя ортогональными линиями кривизн, взаимно пересекающимися в полюсе поверхности, где радиусы линий принимают максимальное и минимальное значения, а их произведение характеризует значение гауссовой кривизны [7].

Значение гауссовой кривизны затем используется для оценки потребной деформации в районе полюса поверхности, которая характеризует получение заданной геометрической формы оболочки двойной кривизны и нахождение ее метрических свойств, т. к. к поверхности оболочки в окрестности полюса близка некоторая квадратичная поверхность. Это позволяет разделить процесс формообразования обтяжкой на отдельные формообразующие операции и определить при разгибании новое положение оболочки двойной кривизны, которое будет изометрически расположена по отношению поверхности обтяжного пуансона.

Кроме того требуется решить задачу определения оптимальных размеров листовой заготовки, позволяющие выполнить отдельные формообразующие операции обтяжки, в том числе и разгибание поверхности оболочки за счет координатных перемещений зажимов пресса относительно формообразующего контура обтяжного пуансона при его правильном позиционировании на рабочем столе пресса. Моделирование процесса формообразования обтяжкой является основной задачей, которая учитывает кинематические особенности обтяжного пресса при выполнении последовательной схемы формообразования обтяжкой. Кроме этого моделирование учитывает особенности самого процесса, характеризуемое параметрами, которые разделены на следующие группы: свойства материала; условия трения; размеры заготовки; условия термообработки; параметры размещения обтяжного пуансона на столе пресса; технологические условия процесса, например, получение оболочковой детали минимальной разнотолщинности.

Результатом этого являются управляющие программы для ЧПУ пресса, для расчета и формирования которых фирма АСВ предоставляет

программное обеспечение S3F. Для этой программы необходимо создать электронную модель (ЭМ) рабочей поверхности обтяжного пуансона. Далее необходимо ее ориентировать относительно системы координат прессы, чтобы в системе координат программы S3F была возможность моделирования процесса формообразования обтяжкой. Поверхность обтяжного пуансона разбивается на отдельные сечения, где с помощью двух точек указывается область расположения контура детали. В программу S3F задаются геометрические припуски к размерам детали для определения размеров плоской листовой заготовки и условия трения. Далее в каждом сечении рассчитываются параметры формообразования. Расчет останавливается в момент, когда в каждом сечении листовая заготовка накроет отмеченную область детали. Таким образом, в программе S3F предусмотрена возможность построения управляющей программы для ЧПУ прессы, осуществляющей только один способ обтяжки по принципу «оборачивание» листовой заготовкой обтяжного пуансона при дифференцированном растяжении с заданным нарастанием давления.

Предварительно в программу S3F задаются реологические характеристики материала листовой заготовки и условия внешнего трения. Используя ЭМ рабочей поверхности обтяжного пуансона и базу данных о листовом материале, программа S3F создает модель движения рабочих органов обтяжного прессы. Вполне очевидно, что фирма АСВ предложила расчетный вариант формирования управляющих программ. Технолог должен предварительно сообщить всю совокупность сведений, необходимых для автоматизированного расчета.

Однако отследить распределения пластической деформации и толщин по поверхности листовой заготовки в любой момент времени с помощью программы S3F не возможно. Программа S3F не предоставляет инструментов для проведения такого анализа. Для этого необходимо дополнительно строить моделирование процесса формообразования обтяжкой на методе конечных элементов, который позволяет более точно анализировать данный процесс. Для конечно-элементного анализа можно использовать программу конечно-элементного анализа PAM-Stamp французской фирмы ESI Group или многоцелевую программу конечно-элементного анализа ANSYS/LS-DYNA американской компании LSTC. В этих программах можно моделировать процесс формообразования обтяжкой полностью. Создаются объемные модели обтяжного пуансона, объемные модели губок и зажимов, рабочих элементов прессы, а также названные выше параметры, учитывающие особенности самого процесса, например, пружинение

оболочки после формообразования [8]. В статье рассмотрен метод моделирования, выполняемый в два этапа: предварительное моделирование в программе S3F и точный расчет процесса формообразования обтяжкой с оценкой величины пружинения.

Кинематический метод обеспечения подготовки управляющих программ

Процесс расчета в программе S3F предоставляет информацию только о параметрах рабочих органов пресса, но этого недостаточно для определения траектории движения зажимов [9]. Требуется разработать инструментарий для перевода координат элементов зажима в параметры рабочих органов пресса и наоборот – параметры в координаты. Для определения траектории движения концов заготовки вместе с зажимами, был проведен кинематический анализ механизмов на примере пресса FEKD 550/1100-4500.

Геометрические параметры балансира и стола пресса FEKD550/1100-4500 в исходном положении показаны на рисунке 1, а именно: начальное положение оси вращения балансира относительно точки поворота каретки пресса B ; начальное положение штока гидроцилиндра поворота балансира $S0$; осей от центра вращения балансира до соответствующих элементов (центры радиусов закругления верхней губки $R1$ и «клюва» $R2$) $S1$ и $S2$; центры головки штока и поворота гидроцилиндра $S3$ и $S4$; упора для заправки листа в зажим $S5$; от оси $S5$ до радиуса закругления губок $R1$, а также угловые параметры соответствующих расстояний $S3$ и $S4$ от горизонтали, проходящей через центр вращения балансира $F10$ и $F20$.

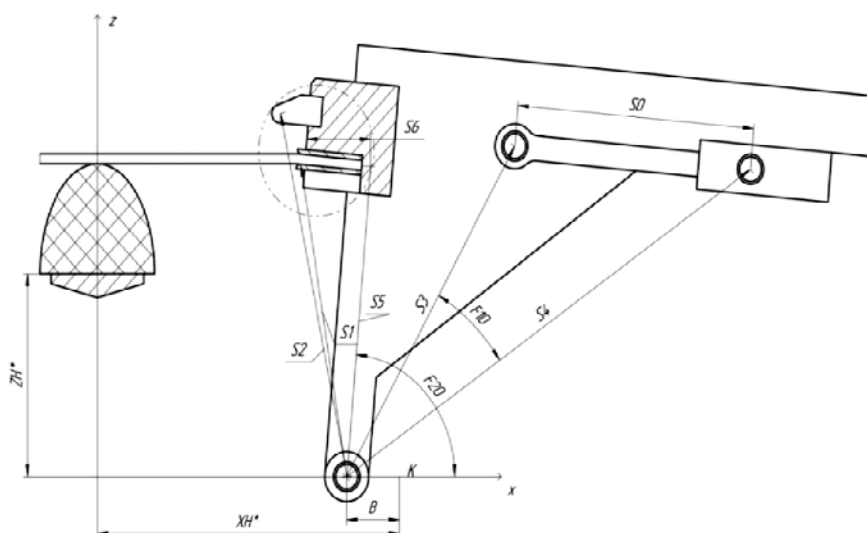


Рис. 1. Геометрические параметры балансира пресса FEKD
(исходное положение стола и балансира пресса)

Начальная позиция (правой) каретки относительно оси стола выполняется с целью расположить каретку, чтобы балансиры располагали максимально необходимым ходом, и две линии зажимов приводились к основанию пуансона в конце формовки. Указанная регулировка определяется по формуле (1):

$$XH^* = \frac{DZ}{1-E} + B + \left(R1 + \frac{H}{2}\right) \left(\frac{\pi}{2} - F20\right) + S6 \cdot \sin F20 - S5 \cos F20, \quad (1)$$

где DZ – длина листовой заготовки с припуском, но без зажима;

E – предварительная степень растяжения листа;

H – толщина листа.

Положение каретки необходимо указывать с конечным положением балансира, при котором продольная ось поворотной плиты может занять вертикальное крайнее положение, параллельное оси Z .

$$XH^{**} = XT_{90^0} + (B + R2 + D + S6 + S5 \cdot \cos F2^*) \cos G, \quad (2)$$

где XH_{90^0} – координата кривой DL под углом;

D – расстояние между центрами клюва и верхней губки;

$F2^*$ – максимальный угол наклона оси $S5$ к плоскости (замерить);

G – угол наклона губок в конце обтяжки.

Угол G необходимо устанавливать, чтобы в конце обертки линии зажимов приводились к основанию пуансона и становились параллельно:

$$G = \arctg \frac{x_{k_1} - x_{k_2}}{y_1 - y_2}. \quad (3)$$

Данный разворот каретки для установления угла линии губок можно выполнить после первого перехода обтяжки. При сравнении XH^* и XH^{**} возможны два случая:

- $XH^* \leq XH^{**}$, тогда начальная позиция каретки равно XH^* ;
- $XH^* > XH^{**}$, тогда начальная позиция каретки равна $(0,8 \div 0,9)XH^{**}$. Четыре счетчика с цифровой индикацией обеспечивают визуализацию этих наладок. Стол поднимаем на высоту до касания пуансона с предварительно растянутым листом (рис. 1):

$$ZH^* = S11 \cdot \sin(F20 + DF11) + \left(R1 + \frac{H}{2}\right), \quad (4)$$

где $S11$ – расстояние от оси поворота балансира до центра кривизны нижней губки, $DF11$ – угол между осями $S5$ и $S11$.

Определим максимальный угол обертки губок AG листовой заготовкой, (рисунок 2):

$$AG = \pi - DF1 - \arctg \frac{S2 \cdot \sin(DF2 - DF1)}{S2 \cdot \sin(DF2 - DF1) - S1} - \arctg \frac{C2}{R1 - R2}, \quad (5)$$

$$DF1 = \arctg \frac{S6}{S5 - R1 - \frac{H}{2}}; \quad DF11 = \arctg \frac{S6}{S5 - R1 - \frac{H}{2}}. \quad (6)$$

Величина S6 зависит от толщины листа:

$$S6 = S60 - DK \cdot \frac{H}{2}. \quad (7)$$

Расстояния S1 и S11 определим по формулам:

$$S1 = \frac{\left(R1 + \frac{H}{2} + S5\right)}{\cos DF1}; \quad (8)$$

$$S11 = \frac{\left(-R1 - \frac{H}{2} + S5\right)}{\cos DF11}.$$

Угол C – касательной к точке (xT, zT) на формообразующей кривой обертки:

$$C = \arctg \frac{zT}{xT}. \quad (9)$$

При условии $C = F2 - AG$ листовая заготовка коснулась клюва балансира. При регулировке пресса для произвольной точки кривой xT, zT обертки листовой заготовки необходимо ввести условия положения листа:

- при $F2 - C < 0$ лист лежит на нижней губке;
- при $F2 - C \geq 0$ и $F2 - C - AG < 0$ лист огибает верхнюю губку;
- при $F2 - C - AG \geq 0$ лист касается и огибает клюв.

Геометрические параметры балансира и стола пресса FEKD в текущем положении показаны на рисунке 2, где изменяют значения положение S0, оси S3 и S4 и углы F10 и F20 на F1 и F2. Были получены необходимые кинематические соотношения между геометрическими параметрами балансира и стола пресса для трех положений листовой заготовки: лист лежит на нижней губке, лист огибает верхнюю губку и лист касается и огибает «клюв» балансира.

Числовые значения геометрических параметров для прессы FEKD 550/1100-4500 с длиной зажимных губок 4030 мм приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Геометрические параметры балансира

Параметр	Обозначение	Значение, мм
Расстояние от оси поворота каретки до оси поворота балансира, мм	B	325
Минимальное расстояние от оси поворота гидроцилиндра до оси соединения штока с поворотной плитой, мм	S0	789
Расстояние от оси поворота балансира до центра клюва, мм	S2	1447,5
Расстояние от оси поворота балансира до центра штока гидроцилиндра, мм	S3	1201,76
Расстояние от оси поворота балансира до оси поворота гидроцилиндра, мм	S4	1491,18
Расстояние от оси поворота балансира до упора зажимных губок, мм	S5	1285,5
Максимальное расстояние оси S5 до начала радиуса закрепления губок, мм	S60	478
Радиус закругления губок, мм	R1	25
Радиус закругление клюва, мм	R2	26
Минимальный угол наклона оси S3 к плоскости XOY, рад	F10	0,55542
Минимальный угол наклона оси S5 к плоскости XOY, рад	F20	1,11122
Коэффициент между величиной разжима губок и величиной выхода губок, мм	DK	5,2
Минимальное расстояние от оси Y до оси поворота каретки, мм	XHO	900
Расстояние по оси Z от оси наклона стола до оси поворота балансира, мм		355

Положение зажимного устройства и клюва балансира определяет важную роль в процессе подготовки геометрических моделей, однако 3D модель зажимного устройства достаточно сложная и может вызвать трудности при моделировании. Таким образом, построена упрощенная

модель балансира пресса, совмещенная с зажимным устройством. Упрощенная модель балансира и других элементов пресса (стол с обтяжным пуансоном, гидроцилиндры поворота балансира, станина пресса) выполнены в программной среде Solid Works.

Созданная 3D модель пресса наиболее близка к реальному оборудованию. Однако, при моделировании в программной среде ANSYS/LS-DYNA, для данной модели необходимо построить сетку конечных элементов.

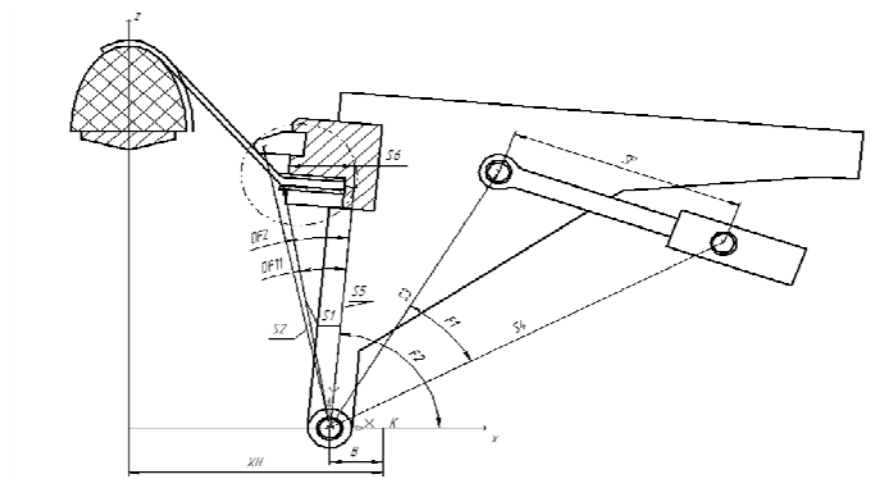


Рис. 2. Геометрические параметры балансира пресса FEKD

В связи со сложностью модели обтяжного пресса была построена упрощенная модель пресса, включающая в себя следующие элементы с соответствующими допущениями:

- обтяжной пуансон представлен в виде оболочки;
- упрощенные балансиры пресса с зажимными устройствами представляют основной геометрический объект пресса, зафиксированные на оси вращения;
- листовая заготовка представлена в виде плоской поверхности.

После определения начального положения балансира и стола пресса FEKD 550/1100-4500 можно переходить к непосредственному расчету величин перемещений рабочих органов пресса в процессе обтяжки листовой заготовки по разрабатываемому кинематическому методу, который предполагает определенную последовательность операций обтяжки, разделенных разгрузкой и разгибанием с разверткой тонколистовой оболочки.

Кроме того, предусмотрена свободная обертка плоской листовой заготовки обтяжного пуансона по формообразующему контуру на полный

угол охвата перед первой операцией обтяжки и повторная свободная обертка поверхности оболочки после второй операции обтяжки. Таким образом, приведем перечень кинематических движений, обеспечивающий схему последовательной обтяжки:

- обертка листовой заготовки обтяжного пуансона на полный угол охвата равный 90° за счет синхронизации движений балансиров и стола пресса;
- предварительная обтяжка прямолинейной листовой заготовки после ее обертки по формообразующему контуру до полного угла охвата обтяжного пуансона равного 90° ;
- разгибание с разверткой детали оболочки на угол, приводящий к получению изометрической формы ее поверхности по отношению к поверхности обтяжного пуансона за счет синхронизации движений балансиров и стола пресса;
- повторная обтяжка детали оболочки в другом изометрическом положении ее поверхности под углом разгибания равным 15° за счет растяжения боковых свободных от зажимов участков заготовки, которые в новом положении детали оболочки прилегают к поверхности обтяжного пуансона;
- повторная обертка поверхности оболочки по формообразующему контуру обтяжного пуансона после ее разгрузки в положении, определяемом углом равным 15° , за счет движений балансиров и стола пресса по заданной траектории.

Траектории движений балансиров и стола пресса определяются достаточным количеством точек, которые будем называть шагами. Каждый балансир имеет фиксированные узлы, принадлежащие к своим осям вращения, а их поворот осуществляется за счет перемещения ключевого узла, например, по «координате» X . Ключевые узлы располагаются в одной плоскости на углах балансиров, «левому» и «правому» балансиру принадлежит свой ключевой узел.

Условно обозначим ключевые узлы балансиров пресса, соответственно их расположению, как «левый» и «правый», следующим образом:

- DX_LEVO – перемещение ключевого узла принадлежащего левому балансиру по координате X ;
- DX_PRAVO – перемещение ключевого узла принадлежащего правому балансиру по координате X .

Помимо балансиров в процессе формообразования обтяжкой также перемещается обтяжной пуансон за счет стола пресса по оси Y . Обозначим

такое перемещение пуансона DY_PUANSON. При этом имеет место синхронизация движений балансиров и стола пресса в течение всего процесса формообразования обтяжкой.

Схема расположения ключевых узлов балансиров и стола пресса (пуансон), а также, схема расчета перемещений для каждого этапа формообразования приведены на рисунках 3 и 4. Расчеты по аналитическим формулам обеспечили подготовку кинематической модели обтяжного пресса FEKD 550/1100-4500, связанной с расположением зажимных устройств балансиров, стола пресса с обтяжным пуансоном, а также перемещений по каждой из координат системы управления прессом. Найденные значения перемещений сведены в таблицу 2.

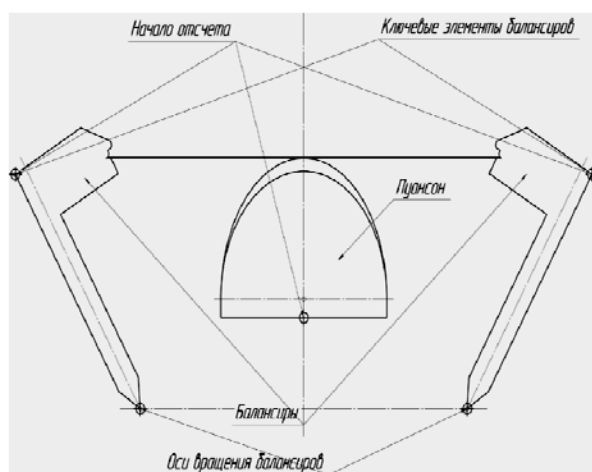


Рис. 3. Схема расположения ключевых узлов зажима и пуансона в начальный момент

Таблица 2 – Перемещения узлов балансиров и стола пресса

Номер шага	DX_LEVO, мм	DX_PRAVO, мм	DY_PUANSON, мм
1	92,92	-92,92	482,46
2	723,6464	-723,6464	884,46
3	727,3525	-727,3525	927,4241
4	727,3525	-727,3525	984
5	-3,696	3,696	337,8954
6	-10,736	10,736	337,8954
7	723,6464	-723,6464	1000

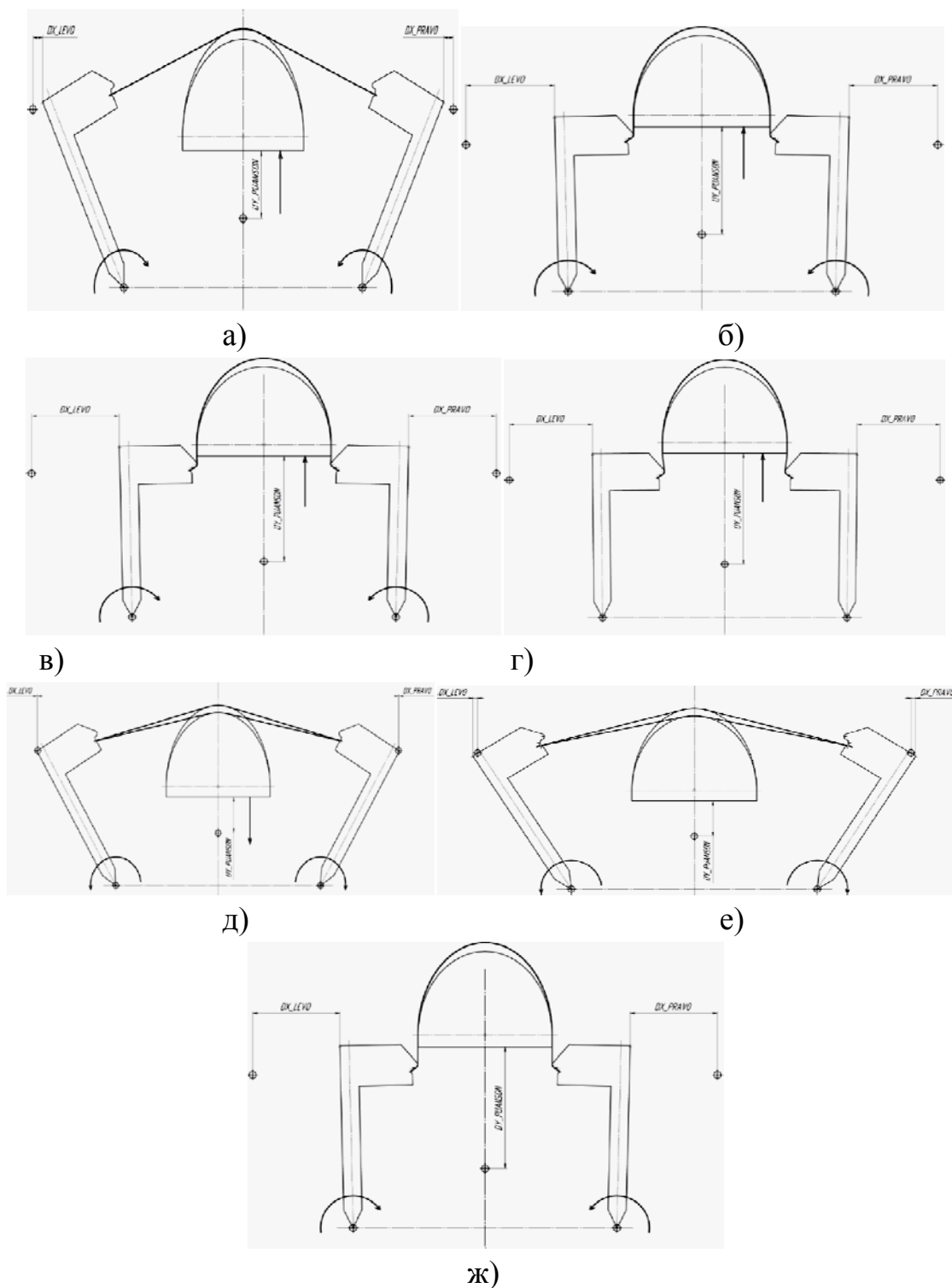


Рис. 4. Схема расположения ключевых узлов зажима и пуансона для первого шага (а) и последующих шагов (б-ж):

а) и б) растяжения и обертка листовой заготовки обтяжного пуансона на полный угол охвата равный 90° ; в) и г) предварительная обтяжка и разгрузка прямолинейной листовой заготовки после ее обертки по формообразующему контуру; д) и е) разгибание с разверткой детали оболочки на угол, приводящий к получению изометрической формы и повторная обтяжка детали оболочки в другом изометрическом положении ее поверхности; ж) повторная обертка поверхности оболочки по формообразующему контуру обтяжного пуансона после ее разгрузки

Для выполнения расчетов было организована процедура необходимых вычислений непосредственно в программной среде Solid Works по результатам моделирования того или иного способа обтяжки с помощью программных комплексов: PAM-Stamp или ANSYS/LS-DYNA. Радиусы линий, пересекающихся в полюсе соответственно равны: продольный по формообразующему контуру $R_{1P} = 766$ мм, а поперечный по второй кривизне $R_{2P} = 9187,6$ мм. Прогиб поперечного контура оболочки в полюсе равен $f^o = 71$ мм. Длина формообразующего контура обтяжного пуансона равна 2616 мм, а ширина листовой заготовки равна 2280 мм.

Заключение

Разработанная кинематическая модель обтяжного пресса FEKD 550/1100-4500 позволит наблюдать положение рабочих органов пресса в каждом кадре управляющей программы. Также появилась возможность выполнять необходимую корректировку параметров управляющей программы не в программе S3F, а непосредственно в программной среде Solid Works по результатам моделирования того или иного способа обтяжки с помощью программных комплексов: PAM-Stamp или ANSYS/LS-DYNA.

При этом поиск оптимальных технологических условий становится возможным, используя современные инструменты имитационного моделирования. В результате отработка управляющей программы не привязана к программе S3F, осуществляющая моделирование только одного способа обтяжки по принципу «оборачивание». Предложен кинематический метод обеспечения подготовки управляющей программы, реализующие новые способы обтяжки, например по последовательной схеме, включающей предварительную и повторную обтяжку, разделенные разгрузкой листовой заготовки и ее разгибанием в новое положение для повторной обтяжки.

Список литературы

1. LOIRE Presses seminar. Металлоформовочные прессы LOIRE компании ACB-ALSTHOM. Представительство GEC ALSTHOM INTERNATIONAL. – М. : 1993. – 78 с.
2. Технология и оборудование для формообразования обшивок одинарной и двойной кривизны. Реферативная подборка по материалам зарубежной печати / Т. И. Нефедова, В. Н. Мацнев // НИАТ. – М. : 1988. – 28 с.

3. Пат. 2573859 РФ, МПК В21D 11/20. Способ формообразования обтяжкой тонколистовых деталей оболочек двойной кривизны двояковыпуклой формы / Михеев В. А., Савин Д. В., Сурудин С. В., опубл. 27.01.2016, Бюл. №3.

4. Михеев, В. А. Анализ последовательной схемы формообразования обтяжкой оболочек двояковыпуклой формы с учетом реологических (механических) свойств листового алюминиевого материала / В. А. Михеев, Ф. В. Гречников, С. Г. Дементьев, В. П. Самохвалов, Д. В. Савин, С. В. Сурудин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 6-1. – С. 155-160.

5. Михеев, В. А. Моделирование кинематической схемы последовательной обтяжки оболочек двояковыпуклой формы на обтяжном прессе FEKD / В. А. Михеев, Ф. В. Гречников, С. Г. Дементьев, В. П. Самохвалов, Д. В. Савин, С. В. Сурудин // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т. 16, №6. – С. 172-179.

6. Михеев, В. А. Исследование кинематической схемы последовательной обтяжки оболочек двояковыпуклой формы на обтяжном прессе FEKD / В. А. Михеев, Ф. В. Гречников, С. Г. Дементьев, В. П. Самохвалов, Д. В. Савин, С. В. Сурудин // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т. 16, №6. – С. 180-186.

7. Михеев, В. А. Изометрические условия при формообразовании обтяжкой оболочки двойной кривизны минимальной разнотолщинности / В. А. Михеев, С. Г. Дементьев, В. П. Самохвалов, Д. В. Савин, С. В. Сурудин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 6-1. – С. 161-166.

8. Мироненко, В. В. Моделирование обтяжки летательных аппаратов с учетом эффектов, возникающих в зонах зажатия в губках / В. В. Мироненко, А. А. Чеславская, С. В. Белых // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2014. – № II-1(18). – С. 13-18.

9. Крупский, Р. Ф. Моделирование кинетики движения рабочих элементов обтяжного пресса FET / Р. Ф. Крупский, А. А. Кривенок, А. В. Станкевич, С. В. Белых, В. А. Мироненко // Вестник ИрГТУ. Механика и машиностроение. – 2014. – № 9 (92). – С. 40-45.

УДК 621.981. 21

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ПРОДОЛЬНАЯ ГИБКА ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК ПРОФИЛЬНЫХ АВИАЦИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Попов А. Г.¹, Марковцев В. А.², Хайрулин М. И.³, Храмов М. А.⁴

1 – к.т.н., доцент каф. «Материаловедение и ОМД» УлГТУ,

г. Ульяновск

2 – генеральный директор АО «Ульяновский НИАТ»

3 – бакалавр 3 года обучения, группа ОМбд-31, УлГТУ

4 – магистр 1 года обучения, группа ТМсд-11, УлГТУ

При изготовлении авиационных профильных деталей из листовых заготовок, в том числе стрингеров и шпангоутов панелей фюзеляжа самолета МС-21, осуществляют продольную гибку на заданный переменный радиус кривизны соответствующий поверхности панели фюзеляжа. Продольная гибка осложняется не только сложной формой и низкой пластичностью высокопрочных алюминиевых сплавов, но и наличием на поверхностях профильных деталей плакирующего слоя с низкими механическими параметрами.

Продольная гибка профилей из авиационных материалов традиционно на российских авиационных заводах, в т.ч. и на АО «Авиастар-СП», выполняется с растяжением, при этом используются гибочные пуансоны и специальные профилегибочные гидравлические прессы [1]. Наряду с высокими затратами на технологическую оснастку и оборудование, продольная гибка с растяжением предполагает термообработку профилей для обеспечения необходимой пластичности трудно деформируемым авиационным материалам.

В судостроении, автомобилестроении и других отраслях машиностроения для продольной гибки профилей успешно используются методы ротационно-локального деформирования с приложением к профилям в дополнении к изгибающим нагрузкам в местах изгиба радиальных сжимающих напряжений роликами [2]. Сжимающие напряжения в процессах продольной гибки авиационных конструкций уменьшают опасность образования трещин на внешнем растянутом волокне при гибке и повышает пластичность металла, что особенно актуально для высокопрочных алюминиевых сплавов [3].

Реальным внедрением в самолетостроении перспективных методов продольной гибки с радиальным сжатием может служить разработанная в АО «Ульяновский НИАТ» технология совмещенных процессов формообразования (профилирования) методом стесненного изгиба (СИ) и продольной гибки тонкостенных профилей из листовых авиационных материалов на гибочно-прокатных станках серии ГПС [4].

На рис. 1 представлена схема продольной гибки профиля с радиальным сжатием на станке ГПС, оснащенный дополненным гибочным модулем 2. В последней клетке 1 станка ГПС осуществляется окончательное формообразование сечения профиля методом СИ за счет осадки выгнутых полок 3 полуфабриката профиля, поступающего на клеть 1. Осадка полок и смещение металла в места изгиба методом СИ решает задачи по созданию сложных форм поперечных сечений, повышению жесткости и прочности тонкостенных профилей из трудно деформируемых листовых авиационных материалов. Одновременно в клетке 1 станка ГПС за счет радиального сжатия и тангенциального смещения металла создаются условия образования пластического шарнира для продольной гибки и правки профиля роликами 5 гибочного модуля 2.

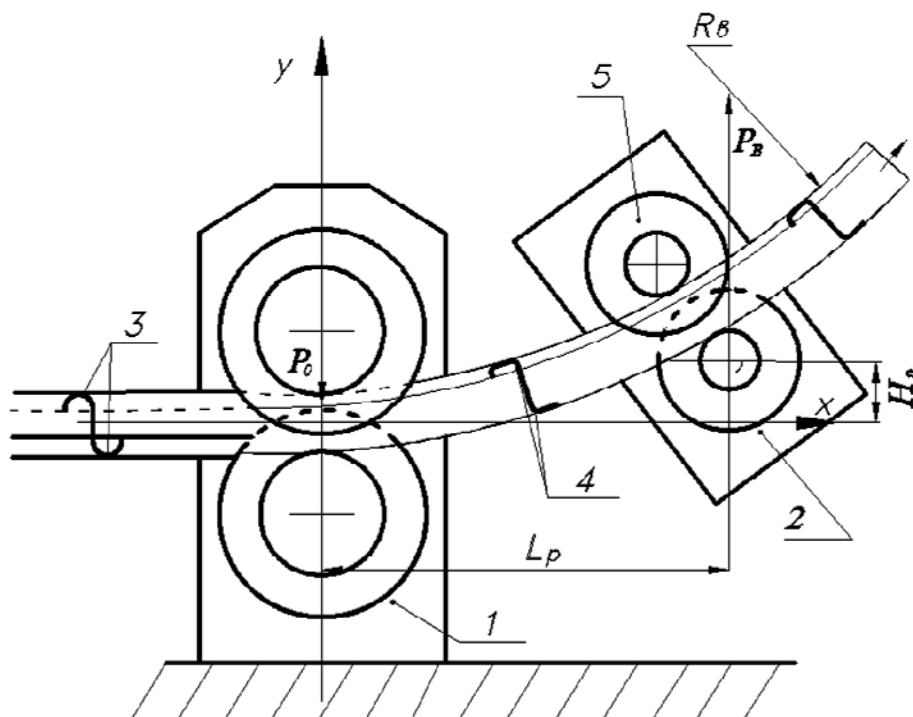


Рис. 1. Схема продольной гибки тонкостенного профиля с радиальным сжатием на станке ГПС. 1 – последняя клетка окончательного формообразования профиля; 2 – гибочный модуль; 3 – полуфабрикат профиля до осаждения полок; 4 – готовый профиль; 5 – ролики гибочного модуля

При подготовке к производству в АО «Ульяновский НИАТ» проведены опытно-технологические работы по изготовлению гнутых профилей для стрингеров и шпангоутов самолета МС 21 из алюминиевых сплавов В-1469, 1163АМ, В950сАВ из листовых заготовок толщиной 1,5, 1,8 и 2 мм.

Продольная гибка и правка профилей производилась на станке ГПС 350М6 одновременно с формообразованием поперечного сечения по схеме представленной на рис. 1, при этом продольный радиус кривизны профиля R_v обеспечивался изменением положения (размеры H_p и L_p см. рис. 1) гибочного модуля 2 и относительно клетки окончательного формообразования 1 станка ГПС.

При проведении экспериментальных исследований измерялись геометрические параметры поперечного сечения, контролировалось возникновение гофр на полках и стенках профиля, характеризующих потерю устойчивости. Состояние поверхностного (плакирующего) слоя анализировалось с использованием измерительного микроскопа МИМ 8М. Наряду вышеприведенными параметрами определялись вертикальные усилия P_v , возникающие на роликах 5 гибочного модуля 2. Радиусы продольной кривизны R_v , полученные в АО «Ульяновский НИАТ» на гнутых профилях из авиационных алюминиевых сплавов для стрингеров составляли до 400 мм, а для шпангоутов – до 600 мм. На рис. 2 представлены Z образные профили из высокопрочных алюминиевых сплавов, продольная кривизна которых получена при формообразовании профилей на станке ГПС.



Рис. 2. Гнутые профили с продольной кривизной полученные при гибке-прокатке на станке ГПС

В настоящее время в АО «Ульяновский НИАТ» освоена технология совмещенных процессов формообразования и гибки тонкостенных профилей из высокопрочных алюминиевых сплавов на постоянный радиус продольной кривизны. Логическим продолжением этих работ, которые необходимы для внедрения данной технологии в авиационное производство является автома-

тизация перемещения роликов 5 гибочного модуля 2 (см. рис. 1) относительно последней клетки 1 окончательного формообразования профиля. На рис. 3 представлена схема гибочного модуля с электроприводом.

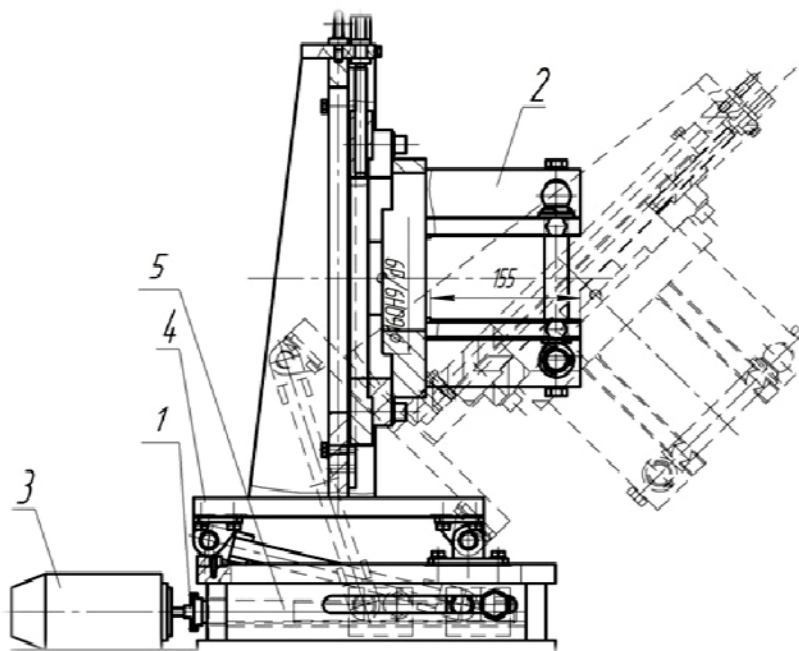


Рис. 3. Схема гибочного модуля с электроприводом:

1 – муфта; 2 – обойма; 3 – электродвигатель; 4 – плита поворотная; 5 – винт

Предполагается использование в качестве электродвигателя 3 шагового электродвигателя с числовым программным управлением, которые широко применяются в металлообрабатывающих станках.

Использование автоматизированного перемещения роликов гибочного модуля в процессе прохождения профиля сможет обеспечить получение профильных авиационных деталей переменной продольной кривизны и в несколько раз сократить затраты на изготовление стрингеров и шпангоутов панелей фюзеляжа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лысов М. И., Сосов Н. В. Формообразование деталей гибкой. – Машиностроение, 2001. – 388 с.
2. Патент РФ № 2259250 Способ гибки длинных профилированных заготовок. Куклин О. С.; Попов В. И. патент. ФГУП «ЦНИИ технологии судостроения» опуб. 2005.08.27.
3. Горбунов М. Н. Технология заготовительно-штамповочных работ в производстве летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1981. – 224 с.
4. Патент РФ № 2564798 Способ изготовления профиля из листовой заготовки с продольной гибкой его в процессе профилирования и устройство для его осуществления. В. А. Марковцев патент ООО НИИ «МИТОМ». – Опубл. 2015.10.10. Бюл. № 28.

УДК 621.981

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕНОК ПРИБОРНЫХ ШКАФОВ ИЗ ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Попов А. Г.¹, Жигалов И. Д.²

1 – к.т.н., доцент каф. «Материаловедение и ОМД» УлГТУ,

г. Ульяновск

2 – бакалавр «Материаловедение и ОМД» УлГТУ, г. Ульяновск

Основой конструкции приборных шкафов, используемых в судостроении, является сварная металлоконструкция выполненная из листового металла с элементами жесткости которые обеспечивают жесткость и устойчивость шкафа при эксплуатации и закрепление приборов и электронных блоков. Одна из основных функций приборных шкафов - защиты оборудования от электромагнитных воздействий за счет надежного экранирования. Для надежной работы судового оборудования приборный шкаф также должен защищать размещенные в нем блоки от перегрева, попадания пыли и влаги и т.п. Учитывая выше перечисленные требования, стенки приборных шкафов в судостроении чаще всего изготавливают из алюминиевых сплавов.

По физико-механическим и технологическим свойствам в российском судостроении для изготовления приборных шкафов наибольшее распространение получил сплав АМг5 относящийся к системе Al - Mg - Mn . Он имеет высокие пластические характеристики, обладает высокой коррозионной стойкостью в различных средах, в том числе и в морской воде, а также хорошо сваривается. Механические свойства сплава АМг5: временное сопротивление – 275 МПа, предел текучести – 130 МПа, относительное удлинение – 16 %.

Существует технология изготовления стенок приборных шкафов из алюминиевого сплава АМг5 [2]:

1. Нагрев алюминиевого листа, закрепленного на технологической плите в электрической термопечи до рабочей температуры, осуществляется ступенчатым образом (рабочая температура для сплава АМг5 - 440 °С)
 - 1.1 Нагрев до температуры 320 °С , выдержка 1 час :
 - 1.2 Нагрев до температуры 420 °С , выдержка 1 час :
 - 1.3 Нагрев до рабочей температуры 440±10 °С:
 - 1.4 Общее время разогрева до рабочей температуры 6-6,5 часов.

2. Выдержка алюминиевого листа в термопечи с рабочей температурой в течении 2-х часов.
Разброс температуры внутри печи в пределах $\pm 5^\circ\text{C}$ обеспечивается принудительным перемешиванием воздуха в рабочей камере термопечи вентиляторами.
3. Охлаждение алюминиевого листа в отключенной термопечи в течении 8-14 часов до температуры 200-220 $^\circ\text{C}$
4. Охлаждение на воздухе 1,5-2 часа вместе с технологической плитой
5. Гибка на листогибочных прессах.

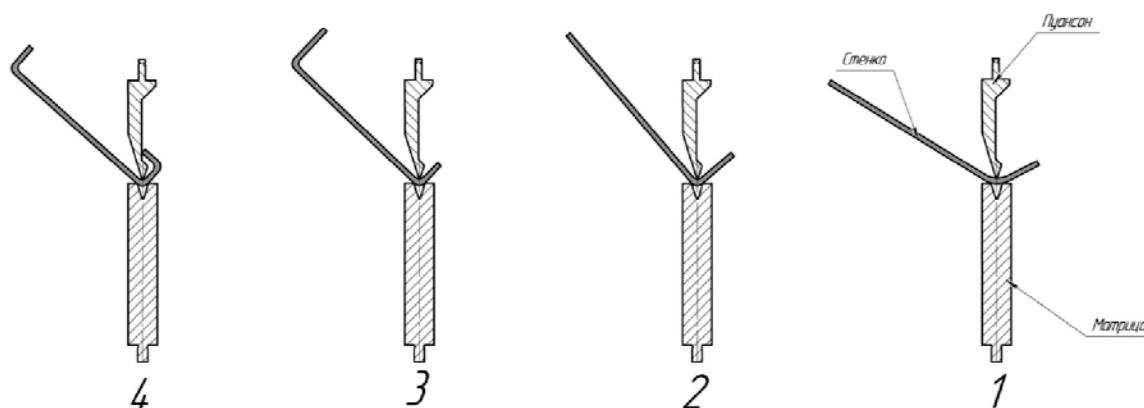


Рис. 1. Процесс гибки стенки в листогибочных прессах

1– предварительное формирование полки (гибка на 45°) , 2 – окончательное формирование полки (гибка на 90°), 3 – формирование второй полки (гибка на 90°), 4 – окончательное формирование стенки.

Предлагается технологии изготовления стенок приборных шкафов из листового проката алюминиевых сплавов гибкой прокаткой в роликах, которая успешно применяется в производстве гнутых профилей из авиационных материалов [1]. Гибка прокаткой (гибка в роликах) методом стесненного изгиба осуществляется путем получения предварительной конфигурации профиля стенки с радиусами больше заданных, а затем, при прохождении через калибр окончательного формообразования формируется малый радиус и утолщение в зоне сгиба. В процессе деформирования на стенку действуют сжимающие усилия, что позволяет стенке деформироваться без образования трещин. Осадка криволинейных участков стенки, прилегающих к угламгиба создает дополнительные сжимающие усилия, позволяющие осуществить набор утолщения с одновременным увеличением кривизны внутреннего контура зоны сгиба.

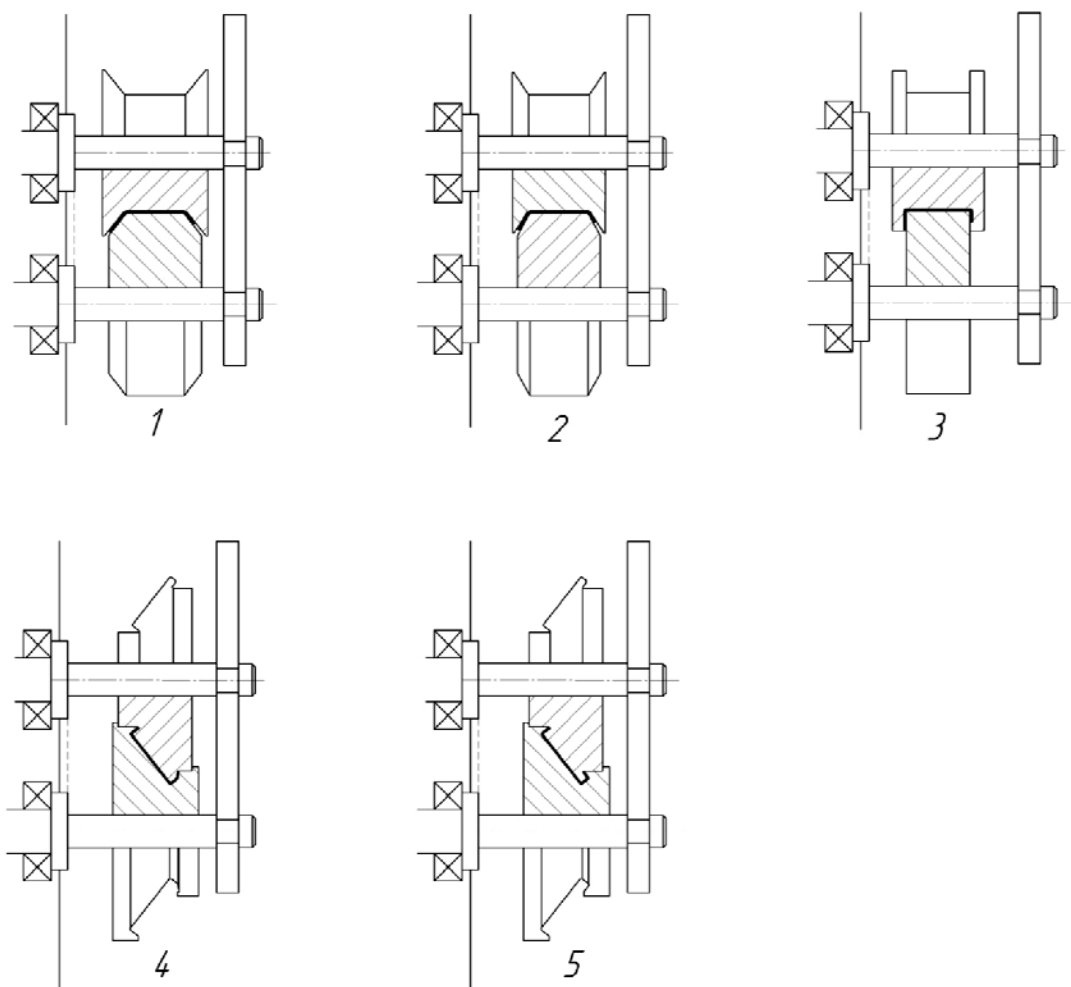


Рис. 2. Процесс гибки стенки в роликах

1 – Предварительное формообразование стенки в первой паре роликов до перенастройки стана, 2 – Формообразование стенки во второй паре роликов до перенастройки стана, 3 – Окончательное формообразование стенки в третьей паре роликов до перенастройки станка, 4 – Предварительное формообразование стенки в четвертой паре роликов после перенастройки стана, 5 – Окончательное формообразование стенки в последней паре роликов после перенастройки стана

Гибочно-прокатный стан работает следующим образом. Лист из алюминиевого сплава АМг5 через устройство для протирки и смазки подается в первую пару рабочих роликов клетки 6 предварительного формообразования, далее – во вторую пару роликов клетки 6, затем из окончательной клетки лист поступает в правильное устройство. С целью сокращения затрат на изготовление гибочно-прокатного стана было принято решение сделать стан 3-клетьевым. Предлагается проведение операции перенастройка станка. Сущность, которого заключается в том, что мы после того как закончили первый этап обработки всех листов, переустанавливаем

пару роликов окончательной клетки 9 на место первой пары роликов клетки 6. А на место второй пары роликов клетки 6 и роликов окончательной клетки 9 устанавливаем пары роликов новой формы и завершаем обработку листа. В связи высокой производительностью гибки-прокатки и небольшой программой по изготовлению стенок приборных шкафов предлагаемая перенастройка стана не отразится на эффективности техпроцесса.

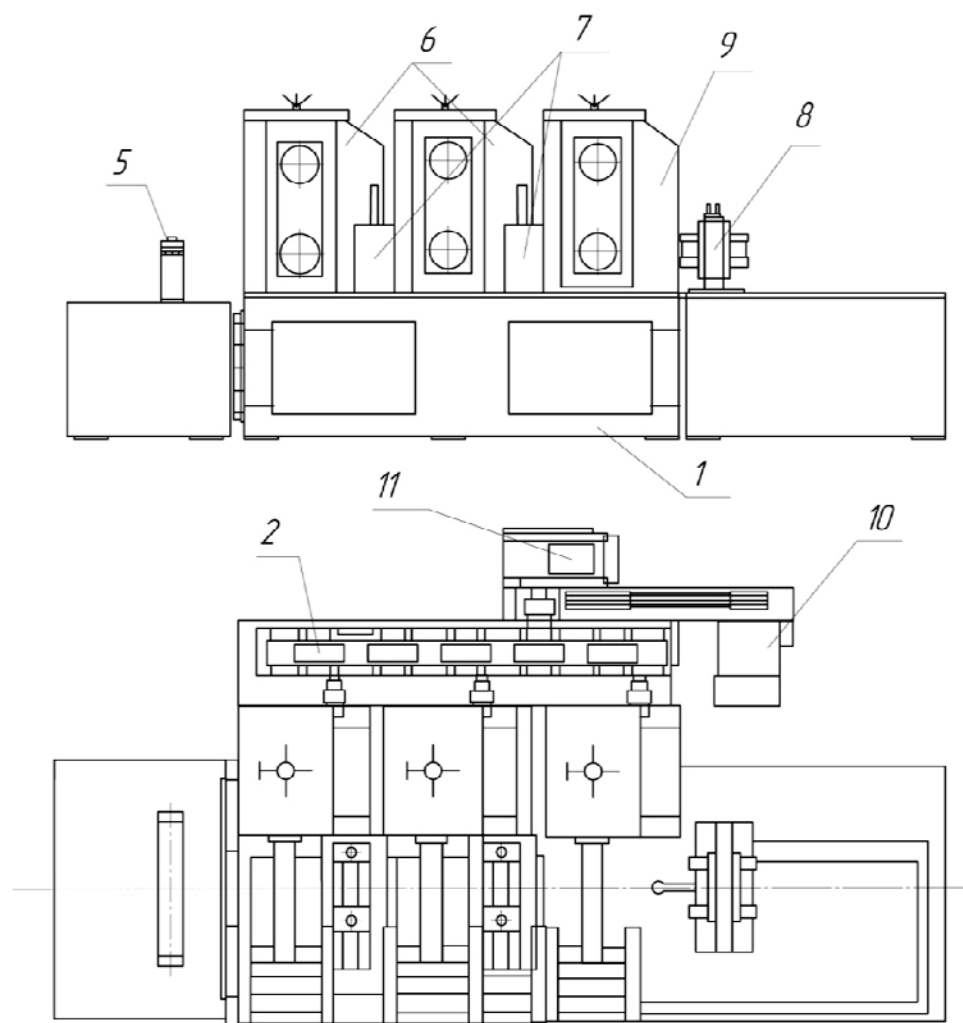


Рис. 3. Гибочно-прокатный стан для изготовления стенки из листовой заготовки

1 – станина, 2 – привод профилирующих клеток, 5 – устройство для протирки и смазки листа, 6 – клеть предварительная, 7 – межклетевая проводка, 8 – устройство правильное, 9 – клеть окончательная, 10 – электродвигатель, 11 – редуктор

Основными преимуществами предлагаемой технологии изготовления стенок гибкой-прокаткой в роликах являются:

- снижение затрат на отжиг исходной листовой алюминиевой заготовки;
- повышение производительности и сокращение трудозатрат на изготовление стенок;
- возможность получения стенок повышенной жесткости и сложной формы.

Список литературы

1. Марковцев В. А., Филимонов В. И. Формообразование стесненным изгибом в роликах и правка гнутых тонкостенных профилей. – Ульяновск : УлГТУ, 2006. – 228 с.

2. Патент РФ 2307719 Способ изготовления гнутых изделий из листового проката алюминиевых сплавов с радиусами менее наименьших, установленных по предельно допустимым деформациям крайних волокон, А. И. Корнев, С. Н. Ларин, патент ФНПЦ ОАО «НПО «Марс» опуб. 20.02.2007. бюл. №5.

УДК 629.7.02

ПРИМЕНЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В САМОЛЕТАХ СЕМЕЙСТВА ТУ-204

Рыжаков С. Г.¹, Гимадеев Р. Н.², Перфильев О. В.³

1 – к.т.н., директор УФКБ ПАО «Туполев», г. Ульяновск

2 – нач. бригады №7 УФКБ ПАО «Туполев», г. Ульяновск

3 – к.т.н., инженер-конструктор 2 кат. УФКБ ПАО «Туполев», г. Ульяновск

Современная авиационная техника базируется на использовании новейших научно – технических достижений во всех современных областях знаний, как в области фундаментальных наук, так и в области прикладных исследований.

Технологическая концепция включает: снижение массы конструкции; снижение трудоемкости и цикла изготовления; снижение стоимости изделия и другие конструктивно-технологические особенности. Например, для повышения экономической эффективности летательных аппаратов при их

создании все более широкое применение находят полимерные композиционные материалы (ПКМ). За рубежом объем использования ПКМ в конструкции планера самолетов достигает более 50%, например Boeing 787 (США) – 50%, Airbus A350 XWB – 52% (табл. 1).

Таблица 1. Объем использования ПКМ в конструкции планера зарубежных самолетов

Самолет	КМ	AL-сплавы	Ti-сплавы	Стали	Другие материалы
Boeing 787	50%	20%	15%	10%	5%
Airbus A350 XWB	52%	20%	14%	7%	7%

Композиты представляют собой металлические и неметаллические матрицы (основы) с заданным распределением в них упрочнителей (волокон, дисперсных частиц и др.).

В качестве наполнителей для композитов могут использоваться ткани, ленты, жгуты, нити на основе многофазных и поликристаллических непрерывных волокон и нитевидных монокристаллов стекла, углерода, бора, бериллия, органических волокон, имеющих высокие прочность и модуль упругости.

Сравнительные свойства различных конструкционных материалов представлены в табл. 2 [1].

Таблица 2. Сравнительные свойства конструкционных материалов

Материал	Плотность ρ , кг/ м^3	Прочность σ_s , МПа	Модуль упругости E, ГПа
Стеклопластик	2000	2000	70
Углепластик	1500	1200	170
Al сплавы	2700	600	70
Титановые сплавы	4500	1100	110
Стали	7800	2100	200

Из табл. 2. видно, что по сравнению с обычными конструкционными материалами (алюминиевыми сплавами, сталью и др.) ПКМ обладают высокими характеристиками – прочностью, модулем упругости, сопоставимыми с показателями стали, но существенно меньшей массой из-за низкой плотности ($1500...2000 \text{ кг/м}^3$).

Применение ПКМ повышает удельную жесткость (модуль упругости $70...170 \text{ ГПа}$) и прочность конструкции по сравнению с металлами; уменьшает число входящих в сборочный узел деталей по сравнению с клепаными; сокращает число конструктивных и технологических разъемов; не приводит к возникновению концентрации напряжений в стыке и позволяет получать прочность соединения, равную прочности основных элементов; получать наиболее гладкие поверхности; не вызывает структурных изменений в соединяемых материалах и т. п. [1].

Однако, несмотря на преимущества, ПКМ имеют следующие недостатки:

высокую стоимость;

необходимость внешнего экранирования радиоэлектронного оборудования, защиты от грозовых разрядов из-за их плохой электропроводности;

необходимость развитого промышленного производства и научной базы страны.

Одно из основных направлений работ научных организаций совместно с УФКБ – максимальный рост весового совершенства конструкции самолета за счет расширения объема применения ПКМ и снижения алюминиевых сплавов в конструкцию планера (см. рис. 1).

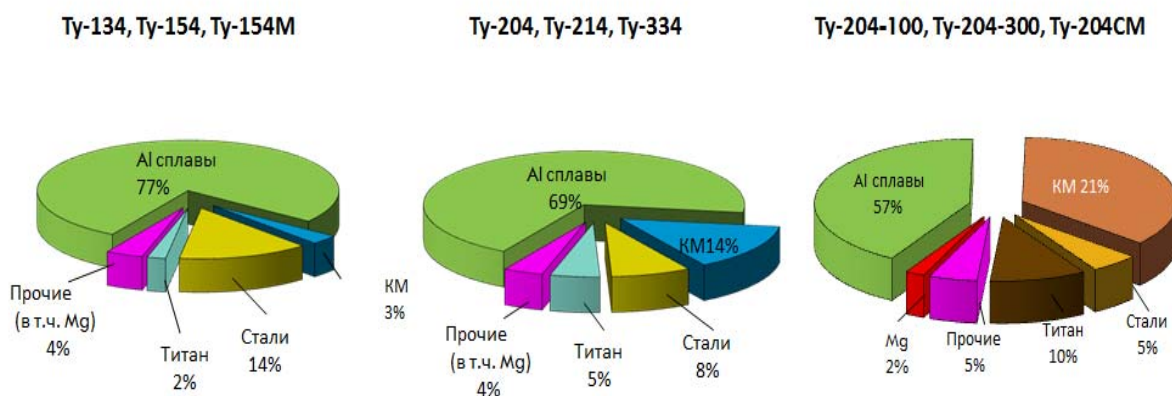


Рис. 1. Увеличение распределения композиционных материалов в общей массе планера

В настоящее время в конструкции планера и в интерьере самолета Ту-204 объем применения ПКМ достиг 3900 кг (табл. 3) или 14% от его массы [2].

Таблица 3. Применение ПКМ в конструкции самолета Ту-204

№ п / п	Наименование агрегата	Площадь поверхности конструкции из ПКМ в плане, m^2	Масса конструкции из ПКМ, кг
	Планер		
1	Агрегаты механизации крыла	40	660
2	Пилон	1,5	36
3	Мотогондола (носовая часть, створка)	12	221
4	ВЗК	4	10
5	Створка шасси	16	184
6	Зализ крыла	12	187
7	Агрегаты оперения:		
	киль + Р.Н.	55	232
	стабилизатор	25	544
8	Обтекатель носовой	3	34
9	Створки ВСУ	4,2	26
	Интерьер		
10	Сотовые панели	10	32
11	Панели пола	113,7	746
12	Монолитные детали	-	498
	Прочие	-	490
	Итого:	296,4	3900

В дальнейшем в конструкции семейства самолетов Ту-204 планируется увеличение объема использования гибридных стекло и углепластиков (см. рис. 2), изготовленных по препреговой технологии.

При изготовлении элементов механизации крыла, створок шасси, залонжеронной части крыла и т. д. используется гибридное сочетание углепластика со слоями стеклопластика. Для изготовления носовых обтекателей радиолокационных станций, обтекателя антенны, зализа крыла применены стеклопластики.

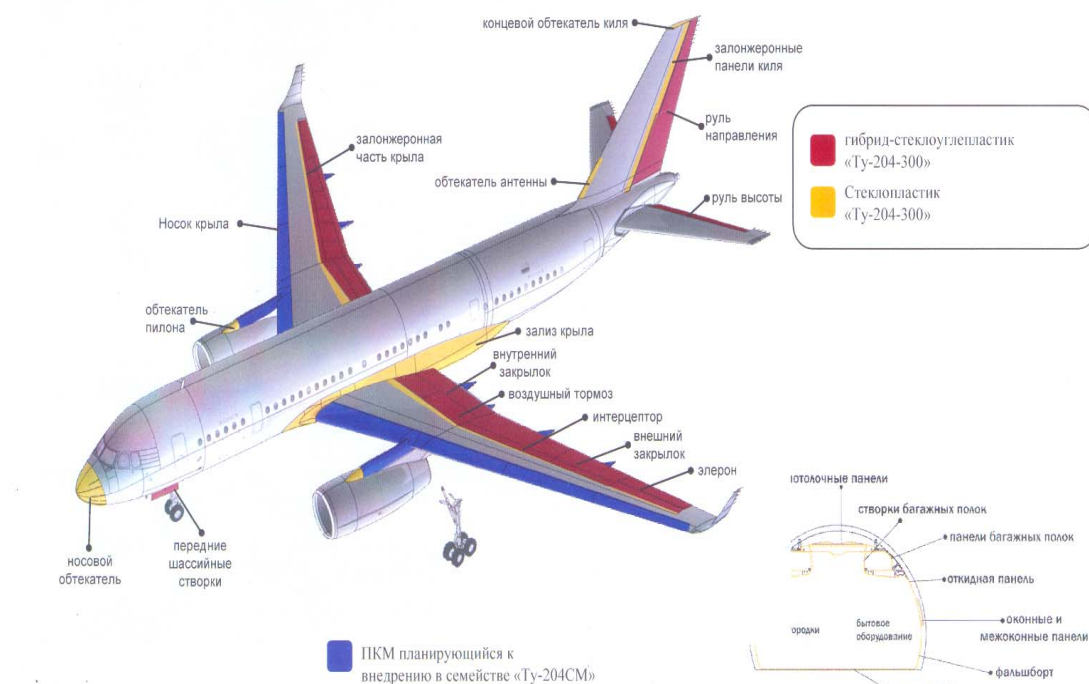


Рис. 2. Увеличение объема с использованием полимерных композиционных материалов в конструкции семейства самолетов Ту-204

Необходимость развития и внедрения гибридных полимерных композиционных материалов вызвана пониманием того, что их использование обеспечивает:

- ✓ снижение веса планера (до 15%);
- ✓ повышение топливной эффективности;
- ✓ повышение ресурса;
- ✓ уменьшение эксплуатационных расходов и расходы на ТО из-за большей стойкости к коррозии;
- ✓ значительную трещиностойкость по сравнению с углепластиковым материалом.

Основная особенность проектирования композитной конструкции связана с тем, что материал, из которого она изготавливается, не существует отдельно от конструкции и создается в процессе ее производства. При этом

механические свойства композита, зависящие от направления, в котором укладываются армирующие элементы, могут изменяться в довольно широких пределах. Таким образом, процесс проектирования композитной конструкции включает определение как традиционных проектных параметров, так и структурных параметров материала. Вопросы обеспечения качественными сертифицированными отечественными армирующими наполнителями в настоящее время остаются открытыми.

Выводы

Несмотря на высокие показатели конструкционных материалов по снижению массы, увеличению жесткости и долговечности конструкции, повышению коррозионной стойкости, снижению трудоемкости изготовления, существуют резервы для дальнейшего совершенствования этих важнейших характеристик.

Для этого необходимо проведение опытно-конструкторских работ на образцах:

- разработка конструкций стыков (панелей, стрингеров, панель-лонжерон);
- болтовые, клеевые, заклепочные соединения типа композит-композит, композит-металл.

Для оценки качества изготовления углепластиковых конструкций в частности кессонов крыла и киля необходимы более точные методы неразрушающего контроля.

При изготовлении семейства самолетов Ту-204 планируется достичь увеличения объема ПКМ в носке крыла, кессоне крыла, кессоне стабилизатора до 39% от массы планера.

Список литературы

1. Колганов И. М., Дубровский П. В., Архипов А. Н. Технологичность авиационных конструкций, пути повышения. Ч. 1 : учебное пособие / Ульяновск : УлГТУ, 2003. – 148 с.
2. Технология производства изделий и интегральных конструкций из композиционных материалов в машиностроении / под ред. А. Г. Братухина, В. С. Боголюбова, О. С. Сироткина. – М. : Знание, 2003. – 516 с.

УДК 004.891

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА ПРИЧИН НЕИСПРАВНОСТЕЙ В АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКЕ

Рыжак С. Г.¹, Должиков В. А.², Перфильев О. В.³

1 – к.т.н., директор УФКБ ПАО «Туполев», г. Ульяновск

2 – зам. директора по ЭРАНО УФКБ ПАО «Туполев», г. Ульяновск

*3 – к.т.н., инженер-конструктор 2 кат. УФКБ ПАО «Туполев»,
г. Ульяновск*

Развитие авиационной отрасли ведет к постоянному наращиванию объемов нормативно-технической документации по поиску неисправностей в различных системах летательных аппаратов. При проведении осмотра, форм технического обслуживания (ТО) и обнаружении какой-либо неисправности происходит обращение авиационных специалистов к нормативно-технической документации (РО, РЭ) и технологическим картам (ТК), в которых описаны способы устранения неисправностей в бумажном виде. При этом возникают определенные сложности, к которым относят [1]:

рутинные операции, связанные с обращением к эксплуатационно-технической и ремонтно-технической документации, и в случае отсутствия решения по конкретной неисправности ее дополнение и редактирование;

при ручном контроле возникает вероятность пропуска дефекта, что может привести к отказу оборудования в полете, что в свою очередь может привести к катастрофическим последствиям;

эмпирический способ перебора возможных решений в зависимости от опыта, знаний и умений специалистов при проверке комплектующих изделий и элементов функциональной системы, что приводит к увеличению времени проверки;

практически невозможно увеличить объем и глубину анализа неисправностей, приведенных в РЭ, в течение жизненного цикла (ЖЦ) самолета.

В результате резко снижается эффективность эксплуатации ЛА (рис. 1).

Выходом из положения является создание и использование специализированной мобильной человеко-машинной экспертной системы для анализа причин неисправностей на борту самолета (ЭСАН) на различных устройствах (смартфонах, планшетных компьютерах, персональных ПК).

Целью создания ЭСАН является повышение оперативности поиска за счет создания мобильного пользовательского интерфейса с использованием искусственного интеллекта при поиске причин неисправностей на борту самолета.

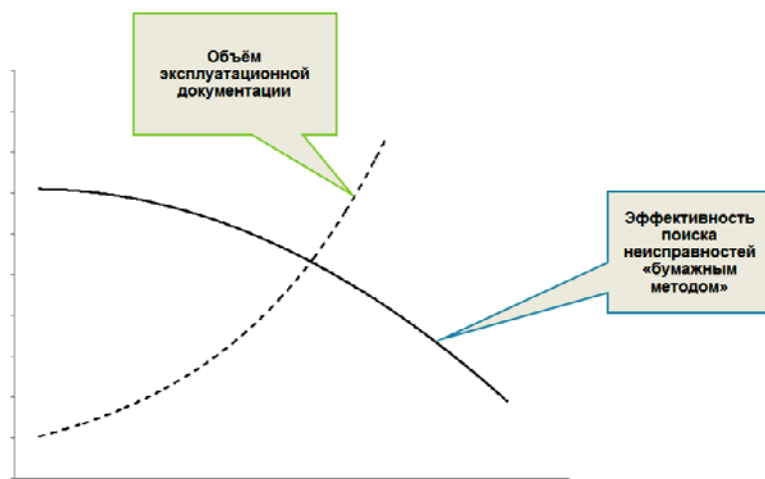


Рис. 1. Рост объема эксплуатационной документации и снижение эффективности эксплуатации при использовании «бумажного метода»

Структура программного комплекса «Когнитолог»

Экспертная система представляет собой программный комплекс «Когнитолог», состоящий из следующих элементов [2]:

«Интерфейс когнитолога» предназначен для формирования базы знаний экспертной системы. Вся служебная информация, хранится в базе данных.

«Интерфейс пользователя», размещается на веб-сервере и может предоставляться пользователю через браузер по протоколу http;

система управления базами данных (СУБД) предназначена для хранения всех возможных данных и элементов, использующихся в интерфейсах когнитолога и оператора;

База знаний (БЗ) – это особого рода база данных, разработанная для оперирования знаниями. В БЗ входят знания о предметной области управления ЛА, собранные в научно-технической литературе, инструкциях и руководствах по эксплуатации ЛА, а также при консультациях с экспертами, на опыте и анализе всех зафиксированных авиационных происшествий за многолетний период (эмпирически). БЗ использует цепочку условий «если-то» по правилам логики. Правила позволяют выводить такие же рассуждения как и эксперт. Наличие БЗ позволяет учитывать накопленные годами знания высококлассных профессионалов и компен-

сировать ими ту часть недостающей информации, которую невозможно строго формализовать.

Сервер приложений выполняет обработку данных, через которую клиентская часть («интерфейс оператора») запрашивает и получает обработанные данные с сервера, обращаясь к БЗ, и отправляет данные на сервер.

Сервер БД служит для хранения базы данных и обращения через «интерфейс когнитолога» к удаленному серверу.

Для получения рекомендаций группа экспертов (когнитологов) заранее формируют базу знаний (БЗ) в «интерфейсе когнитолога», содержащую правила обработки возможных отказов и способы их устранения. Для формирования БЗ используется личный опыт экспертов и специальная нормативно-техническая литература.

Алгоритм функционирования экспертной системы

На рисунке (рис. 2) представлен алгоритм функционирования экспертной системы.

В случае возникновения неисправности и при проведении формы технического обслуживания (ТО) сначала авиатехник (специалист) загружает «интерфейс оператора» через URL – адрес по ссылке с удаленного сервера, например к себе на планшет или смартфон с любой установленной на нем операционной системой (Android, IOS, Windows Phone, Mac OS). На экране монитора отобразится диалоговое меню по конкретной тематике (например, неисправности по системам самолета) в виде древовидного меню с вопросами, которые заранее ввела группа когнитологов (экспертов) и сгенерировала через «интерфейс когнитолога».

На следующем шаге работы с экспертной системой пользователю необходимо выбрать тематику из рабочей области задачи (рис. 3а-3г). Диалог с системой происходит в пошаговом режиме. На каждом шаге пользователь получает промежуточные ответы. Когнитолог может составить продукционные правила таким образом, что задача будет иметь решение за один шаг.

Специалист выбирает один вариант ответа, нажимает на кнопку «шаг», получает готовую рекомендацию по устранению неисправностей в виде ссылок на подробное описание и, в случае необходимости, дополнительные мультимедийные ссылки на аудио и видео файлы.

Всю служебную информацию (меню, диалоги, подзадачи) «интерфейс оператора» получает из базы данных программного комплекса «Когнитолог».

В случае обнаруженной новой неисправности при добавлении экспертами (когнитологами) ее в базу знаний происходит добавление на дисплеях электронных устройств у специалистов сразу же после выхода из программы и повторном открытии «интерфейса оператора».

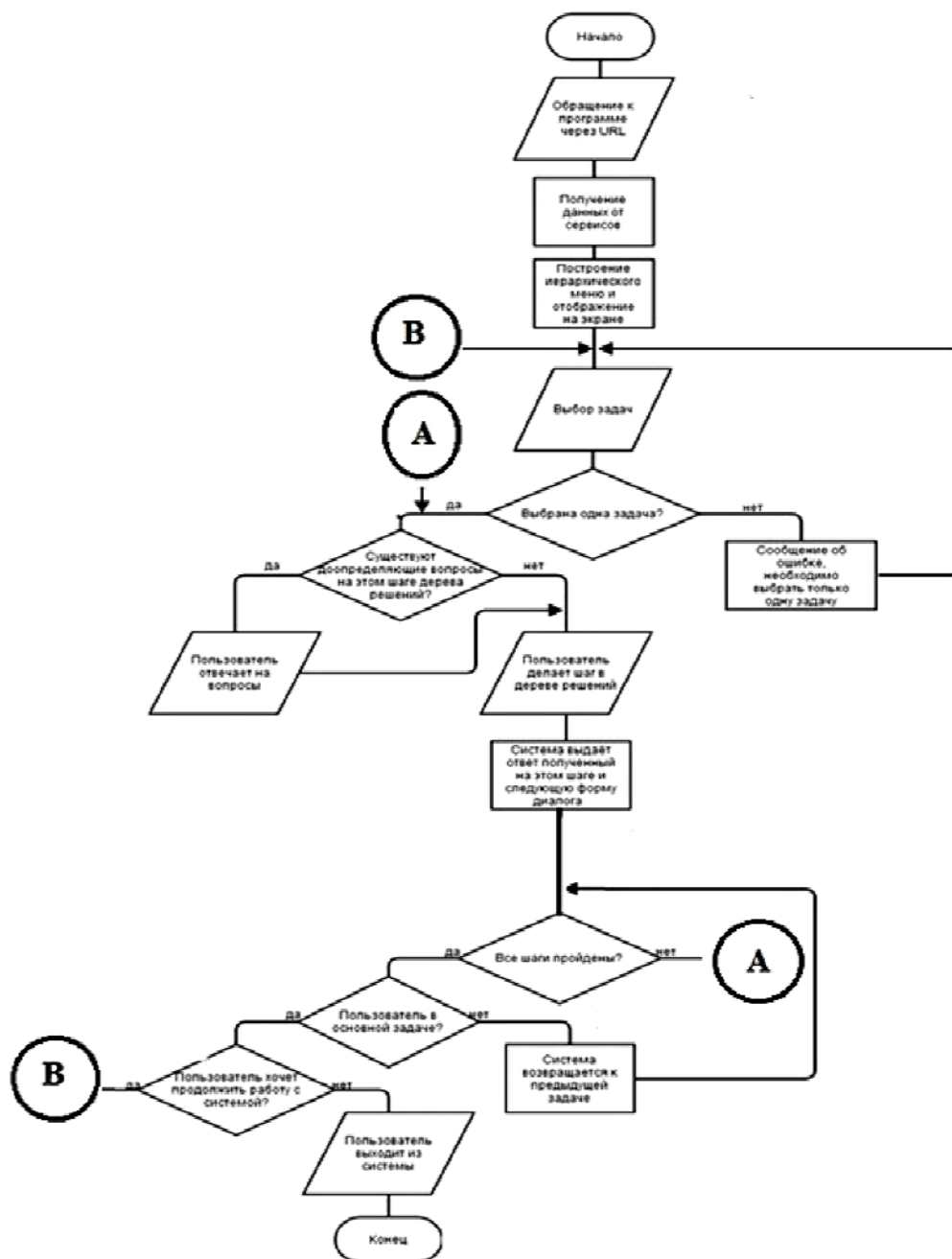


Рис. 2. Алгоритм функционирования экспертной системы

Описание пользовательского интерфейса экспертной системы

Интерфейс состоит из: 3 рабочих областей:

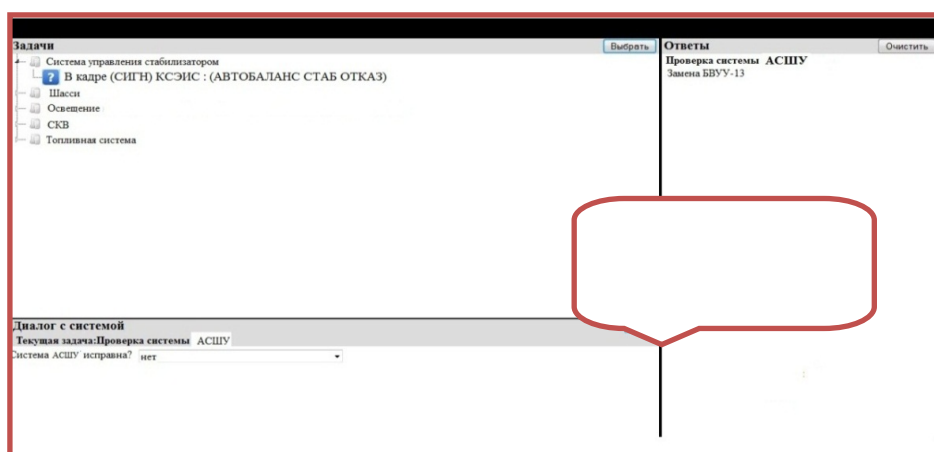
Рабочая область «Задачи» предназначена для ввода в древовидное меню тематик по системам самолета с вопросами и выводом рекомендаций.

Рабочая область «Ответы» предназначена для вывода ответов. Ответы представлены в виде списка ссылок на более подробное их описание.

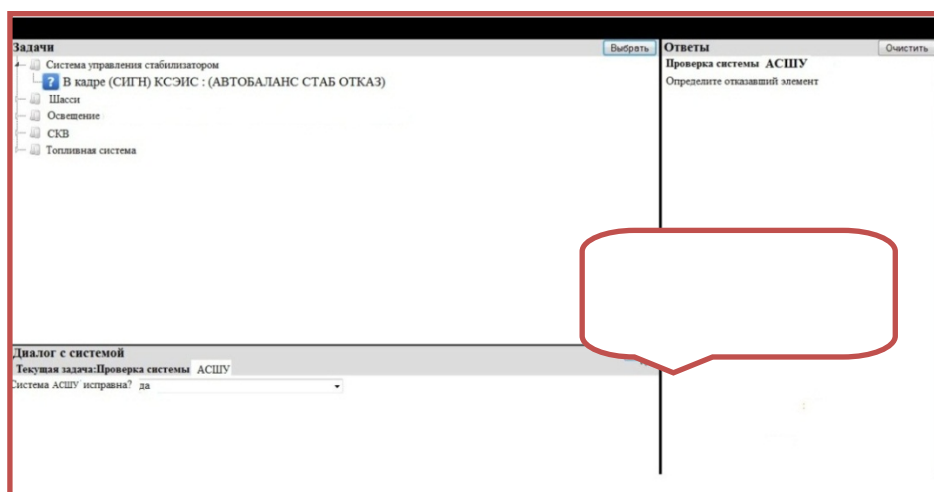
Рабочая область «Диалог с системой» предназначена для того, чтобы специалист (авиатехник) мог вести диалог с экспертной системой и получать именно тот ответ на поставленный вопрос, который нужен именно ему.

В данную область выводится список вопросов системы к пользователю. Он может выбрать ответ из предложенных или ввести самостоятельно в специальное текстовое поле с клавиатуры.

На рисунке 3а-3г показан фрагмент работы экспертной системы по выводу рекомендации через «Интерфейсе пользователя» при возникновении неисправности: «В кадре (СИГН) КСЭИС : (АВТОБАЛАНС СТАБ ОТКАЗ)».

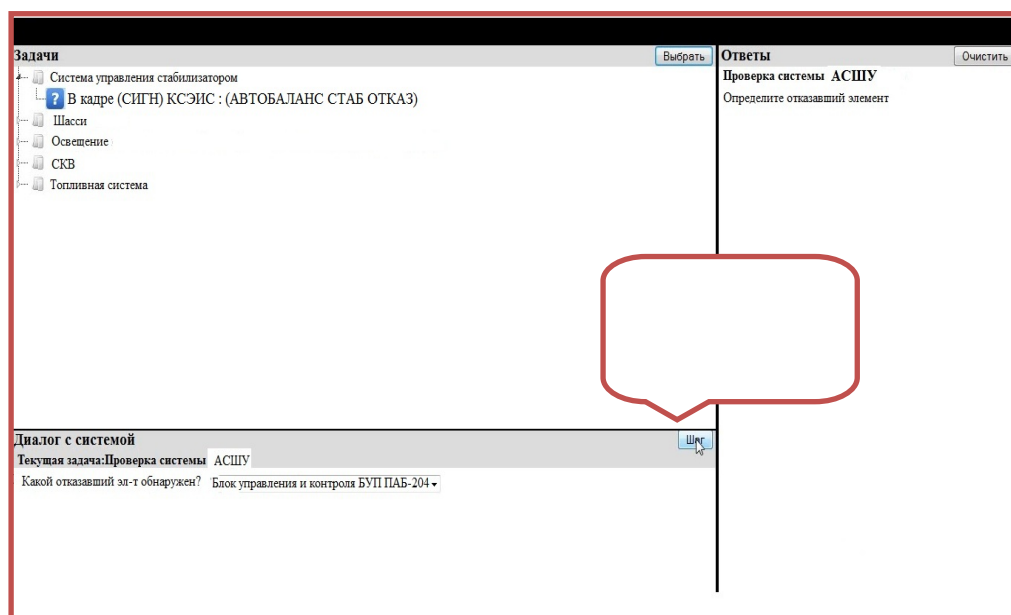


3а

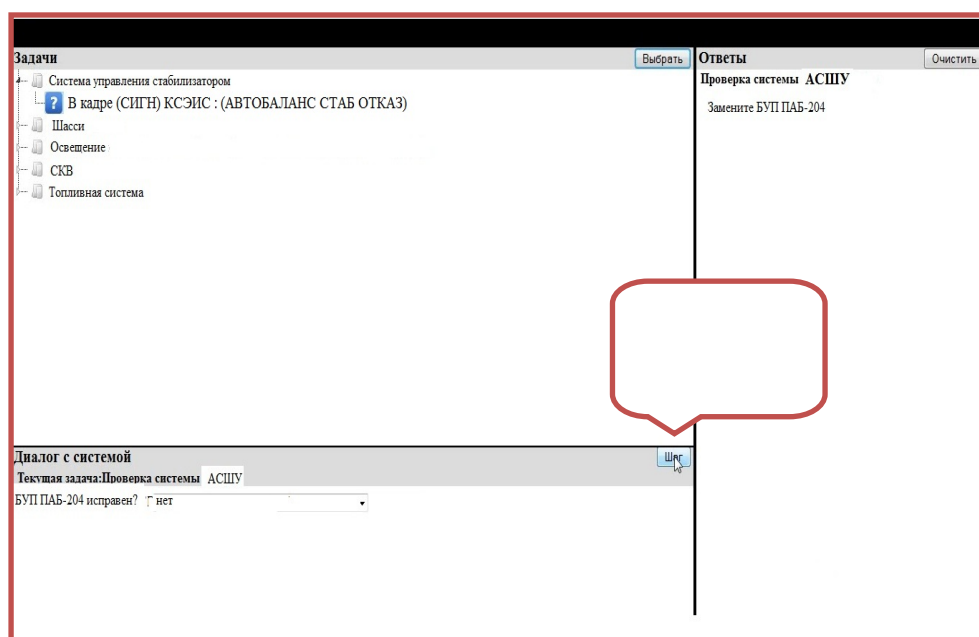


3б

Рис. 3а-3г. Интерфейс пользователя экспертной системы
(фрагмент поиска неисправности) (начало)



3в



3г

Рис. 3а-3г. Интерфейс пользователя экспертной системы (фрагмент поиска неисправности) (окончание)

После завершения работы с системой пользователь выходит из нее.

Выводы

Предложенный в работе вариант мобильной экспертной системы имеет интуитивно понятный графический интерфейс пользователя;

система является обучающей, так как пользователь принимает прямое участие в работе программы и приобретает необходимый опыт и знания, ведя диалог на естественном языке;

сокращается количество ошибок при выводе рекомендаций;

уменьшаются временные затраты на устранение неисправностей на 20% по сравнению с ручным методом поиска неисправностей.

Годовой экономический эффект для АК из 5 самолетов с учетом затрат на создание и техническую поддержку ЭСАН составит 28 млн руб.

Список литературы

1. Рыжаков С. Г., Перфильев О. В. Экспертная система анализа причин неисправностей для авиационной техники // Известия Самарского научного центра РАН. – 2016. – Т. 4. – С. 564-570.

2. Рыжаков С. Г., Должиков В. А., Перфильев О. В. Применение экспертной системы локализации отказов при отработке оборудования самолета «Ту-204СМ» в эксплуатации // Инновации в технологиях формообразования листовых материалов и упрочнения технологической оснастки в авиационной и других отраслях промышленности. – Ульяновск : УлГТУ, 2016. – С. 83-92.

УДК 621.9.025

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

ТабакOV В. П.¹, Полозов М. В.²

1-зав. кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты УлГТУ, г. Ульяновск

2-магистрант кафедры «Металлорежущие станки и инструменты УлГТУ, г. Ульяновск

Износостойкие покрытия находят широкое применение для повышения эксплуатационных свойств режущего и штампового инструмента [1-6]. Для совершенствования износостойких покрытий, разработки новых составов и конструкции необходимы знания о параметрах структуры, механических свойствах.

В работе исследовали механические свойства двухслойных покрытий TiAlN-TiAlCrN, TiAlN-TiAlSiN, TiZrN-TiZrAlN, TiZrN-TiZrCrN, TiN-TiZrAlN. и TiZrN-TiZrNbAlN. Покрытия наносили на твердые сплавы MC146 производства MKTC и HT10 – фирмы Mitsubishi Carbide. Изучали микротвердость H_{μ} , модуль упругости E , критический коэффициент интенсивности напряжений K_{IC} и прочность адгезии покрытия с инструментальной основой, которую оценивали по коэффициенту отслоения K_o . Измерение микротвердости проводили с использованием пирамиды Кнуппа на микротвердомере Mitutoyo HM-122 (Япония). Модуль упругости определяли по методике работы [6] путем внедрения в покрытие пирамиды Кнуппа. Критический коэффициент интенсивности напряжений оценивали методом вдавливания пирамиды Виккерса на твердомере ТК-2М при нагрузке 1000 Н [7].

Результаты исследований представлены в табл. 1-4 и на рис. 1-3. При измерении микротвердости большое значение имеет сила нагружения, особенно для многослойных покрытий с разной толщиной отдельных слоев. Исходя из известных рекомендаций, глубина внедрения индентора должна составлять не более 10% от общей толщины покрытия для исключения влияния инструментальной основы.

1. Микротвердость покрытий TiZrN-TiZrAlN				
Толщина слоя покрытия h , мкм		H_{μ} , ГПа при нагрузке		
TiZrN	TiZrAlN	100 г	500 г	1000 г
1,5	3,5	37,1±2,7	32,5±1,5	27,2±1,0
2,5	2,5	38,1±1,3	33,6±1,9	26,5±0,1
3,5	1,5	37,8±2,0	33,8±1,2	25,9±0,9

Исходя из вышесказанного, измеряли микротвердость многослойных покрытий TiZrN-TiZrAlN и TiZrN-TiZrCrN, осажденных на сплав HTi10, при разных нагрузках.

2. Микротвердость покрытий TiZrN-TiZrCrN				
Толщина слоя покрытия h , мкм		H_{μ} , ГПа при нагрузке		
TiZrN	TiZrCrN	100 г	500 г	1000 г
1,5	3,5	40,4±3,0	29,8±1,6	25,3±0,6
2,5	2,5	39,9±2,4	33,9±2,4	24,8±0,7
3,5	1,5	40,7±1,8	33,4±1,8	26,0±0,3

Анализ результатов показывает, что при нагрузке 100г, 500 г и 1000 г глубина внедрения индентора составила соответственно 0,5-0,7 мкм, 1,5-1,6 мкм и 2,4-2,5 мкм. Таким образом, в зависимости от нагрузки, индентор либо внедряется только в верхний слой покрытия, либо проникает и в нижележащий слой с отличными от верхнего слоя свойствами. Измерения показали, что соотношение величин микротвердости покрытий с разной толщиной слоев не меняется при изменении нагрузки. При величине нагрузки свыше 500 г наблюдается значительное влияние основы, проявляющееся в снижении микротвердости в 1,3-1,7 раза по сравнению с микротвердостью при нагрузке 100 г. Для уточнения величины нагрузки, при которой не проявляется влияние основы, было проведено сравнение результатов измерения микротвердости покрытий TiZrN-TiZrAlN при нагрузках 100 г и 200 г (табл. 3). Полученные данные позволили сделать заключение, что отсутствие влияния основы имеет место при нагрузке 100 г. Данную нагрузку использовали при дальнейших измерениях микротвердости.

3. Влияние инструментальной основы на микротвердость покрытий TiZrN-TiZrAlN				
Основа	Толщина слоя покрытия h, мкм		$H\mu$, ГПа при нагрузке	
	TiZrN	TiZrAlN	100 г	200 г
НТ10	1,5	3,5	37,1±2,7	36,8±2,4
	2,5	2,5	38,1±1,3	37,1±1,5
	3,5	1,5	37,8±2,0	37,0±1,0
МС146	1,5	3,5	35,0±1,9	34,7±1,8
	2,5	2,5	34,8±1,3	34,1±1,5
	3,5	1,5	35,6±1,2	35,1±1,2

Исследованиями установлено, что большую микротвердость имеют многослойные покрытия с верхним слоем TiZrCrN. Разница по микротвердости между покрытиями TiZrN-TiZrCrN и TiZrN-TiZrAlN составляет 10-12%. Нанесение покрытий одного состава на разные основы показало различие в микротвердости, однако корреляции между микротвердостью покрытия и микротвердостью основы не обнаружено.

В табл. 4 представлено сравнение микротвердости и модуля упругости однослойных и многослойных покрытий. Как видно, микротвердость многослойных покрытий незначительно выше или остается на уровне

значений однослойных покрытий, имеющих одинаковый состав с верхним слоем многослойного покрытия.

4. Механические свойства многослойных покрытий					
Многослойное покрытие	Состав слоев	H_{μ} , ГПа	E , ГПа	H_{μ}^{Δ} , ГПа	E^{Δ} , ГПа
TiN-TiZrAlN	TiN	24,5	307	35,8	437
	TiZrAlN	34.6	413		
TiZrN-TiZrNbAlN	TiZrN	30,1	385	36,8	448
	TiZrNbAlN	35,9	478		
Примечание: покрытия наносили на пластины НТi10 с использованием составных катодов; ; Δ – измерения по верхнему слою многослойного покрытия					

Исследованиями модуля упругости установлено, что данная величина зависит от состава верхнего слоя и его толщины. Наибольший модуль упругости имеет покрытие TiAlN-TiAlSiN (рис. 1). Различие в значениях модуля упругости исследуемых покрытий не превышает 5 %.

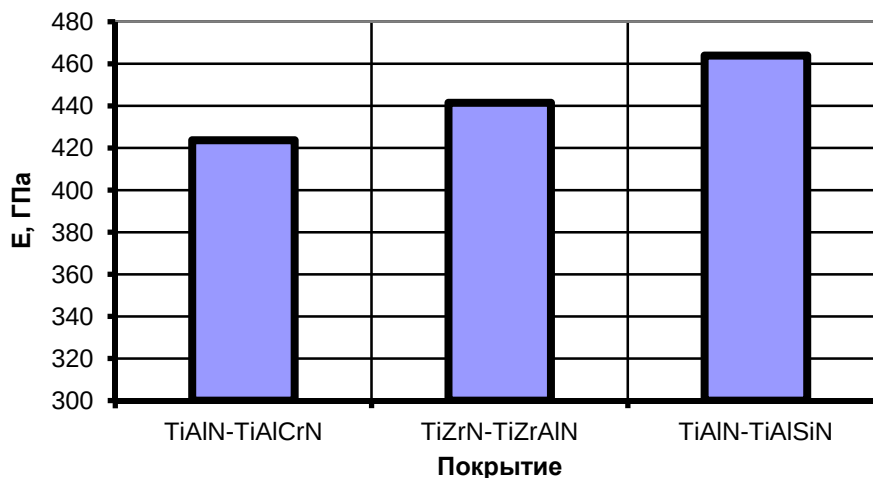


Рис. 1. Модуль упругости многослойных покрытий

При одинаковом составе верхнего слоя многослойного покрытия и однослойного покрытия различие в модулях упругости находится в пределах 5,5 %. При этом модуль упругости многослойного покрытия может быть больше или меньше данного показателя для однослойного покрытия.

Многослойные покрытия имеют более высокие значения критического коэффициента интенсивности напряжений по сравнению с однослойными

двухэлементными покрытиями (рис. 2). Так, коэффициент K_{1C} двухслойного покрытия TiAlN-TiAlCrN на 12,3 % выше по сравнению с однослойным покрытием TiAlN.

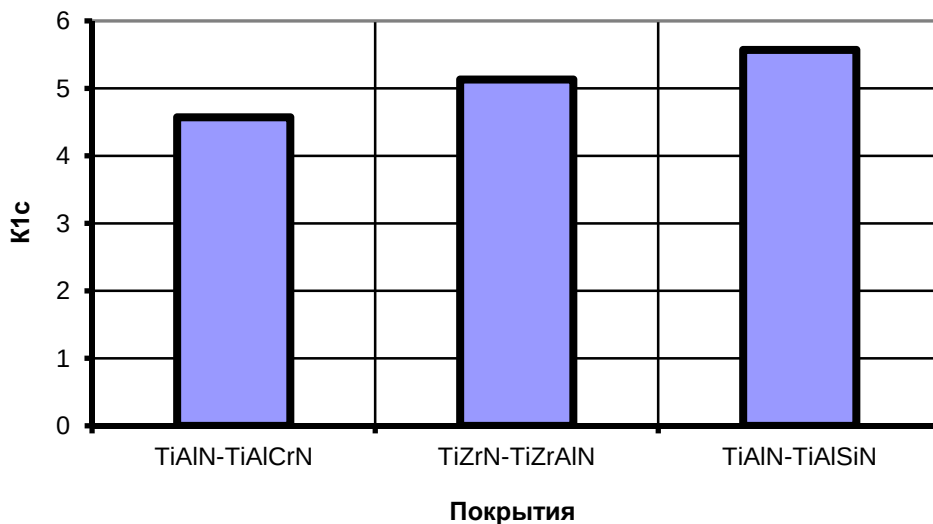


Рис. 2. Влияние конструкции многослойных покрытий на критический коэффициент интенсивности напряжений

Наибольший коэффициент K_{1C} среди двухслойных покрытий имеют покрытия с верхним слоем TiAlSiN, который на 8 % выше по сравнению с покрытием TiAlN-TiAlCrN. При этом, различие между величиной K_{1C} в случае одинакового состава верхнего слоя и однослойного покрытия такого же состава не существенно. Данный факт объясняется тем, что основной вклад в торможение трещины, растущей с поверхности покрытия, вносит верхний слой.

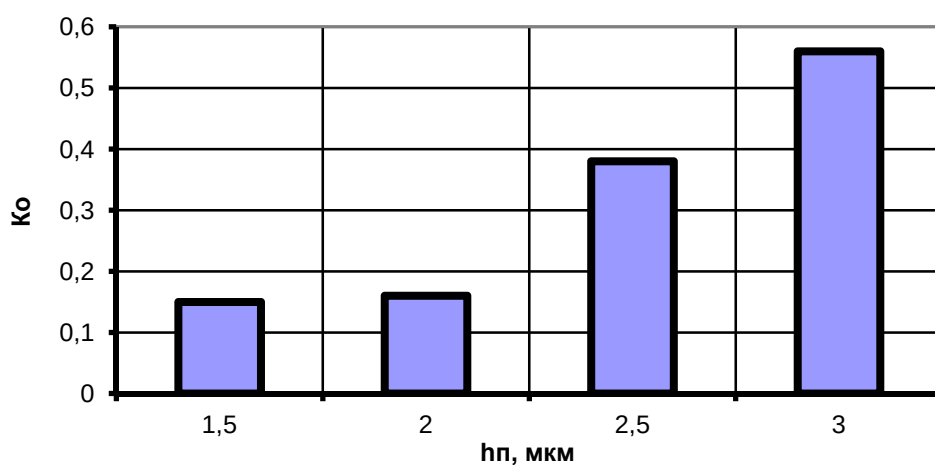


Рис. 3. Влияние толщины нижнего слоя на прочность сцепления покрытия TiAlN-TiAlCrN

Исследования коэффициента отслоения показали, что многослойные покрытия имеют большую прочность адгезии по сравнению с однослойными покрытиями. Так, коэффициент отслоения однослойных покрытий TiAlN равен 0,21, а покрытий TiAlN-TiAlCrN, TiZrN-TiZrAlN и TiAlN-TiZrSiN соответственно 0,16, 0,1 и 0,17. При этом различие коэффициентов отслоения многослойных покрытий, нанесенных на разную инструментальную основу, незначительно и составляет 5 – 8 %.

Анализ результатов исследований позволяет отметить, что механические свойства многослойных покрытий выше по сравнению с однослойными и определяется составом и толщиной отдельных слоев многослойных покрытий

Список литературы

1. Табаков В. П. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями на основе сложных нитридов и карбонитридов титана. – Ульяновск : УлГТУ, 1998. – 122 с.
2. Табаков В. П. Формирование износостойких ионно-плазменных покрытий режущего инструмента. – М. : Машиностроение, 2008. – 311 с.
3. Tabakov V. P. The Influence of Machining Condition Forming Multilayer Coatings for Cutting Tools. Key Engineering Materials. – Vol.496 (2012). – Pp.80-85, Trans Tech Publications, Switzerland.
4. Табаков В. П., Смирнов М. Ю., Циркин А. В., Чихранов А. В. Износостойкие ионно-плазменные покрытия режущего инструмента и технологии их нанесения // Технология машиностроения. – 2007. – № 1. – С. 22-28.
5. Табаков В. П., Верещака А. С., Верещака А. А., Батако А. Д. Методологические подходы к формированию многослойных покрытий режущего инструмента. – Вестник машиностроения. – 2015. – № 9. – С. 82-89.
6. Табаков В. П., Григорьев С. Н., Верещака А. С. Принципы формирования и технологии нанесения износостойких покрытий режущего инструмента. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. 196 с.
7. Майстренко А. Л., Дуб С. Н. Прогнозирование износостойкости хрупких материалов по твердости и трещиностойкости // Заводская лаборатория. – № 2. – 1991. – С. 52-54.
8. Riester L. Analysis of depth-sensing indentation tests with a Knoop indenter / L. Riester, T.J. Bell, A.C. Fischer-Cripps // J. Mater. Res., vol. 16, № 6, Jun. 2001. – 1660 – 1665.

УДК 621.9.025

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТРУКТУРЫ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ НИТРИДОВ ТИТАНА, НИОБИЯ, ЦИРКОНИЯ И АЛЮМИНИЯ

ТабакOV В. П.¹, Полозов М. В.²

1 – зав. кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты УлГТУ, г. Ульяновск

2 – магистрант кафедры «Металлорежущие станки и инструменты УлГТУ, г. Ульяновск

Эффективным методом повышения работоспособности режущего инструмента является нанесение на его рабочие поверхности износостойких покрытий. Наибольшее применение при механической обработке заготовок находят однослойные и многослойные покрытия на основе модифицированного нитрида титана, существенно повышающие работоспособность режущего инструмента [1-6]. В тоже время эффективность режущего инструмента с покрытиями в ряде случаев недостаточна, что заставляет искать новые составы и конструкции износостойких покрытий. Важной задачей при поиске новых составов покрытий является исследования их параметров структуры, которые определяют их механические свойства.

В работе исследовали однослойные многоэлементные покрытия на основе нитридов титана, ниобия, циркония и алюминия – NbTiN, TiNbAlN, TiZrAlN в сравнении с однослойными покрытиями TiN и NbN. Покрытия толщиной 5 мкм наносили на твердосплавные пластины T5K10 производства MKTC и HTi10 производства MITSUBISHI CARBIDE (Япония) на установке «Булат-6». При нанесении покрытий NbTiN использовали два катода из ниобия, расположенных противоположно друг другу, между которыми размещали катод из титана. При нанесении покрытий TiNbAlN использовали два катода из титана, расположенных противоположно друг другу, между которыми располагали катод из сплава титана, ниобия и алюминия; покрытия TiZrAlN наносили двумя катодами из титана и циркония, между которыми помещали катод из сплава титана и алюминия. Химический состав покрытий определяли методом количественного рентгеноспектрального анализа на установке MAP-4 с учетом ZAF-поправок. Параметры структуры покрытий (период кристаллической решетки a , полуширину рентгеновской дифракционной линии β_{111}) и остаточные сжимающие напряжения σ_0 исследовали на дифрактометре «ДРОН-3М», относительную микродеформацию кристаллической решетки $\Delta a/a$ и размеры блоков областей когерентного рассеивания (ОКР) D рассчитывали по методике работы [7].

Химический состав покрытий представлен в табл. 1. Результаты исследований параметров структуры покрытий представлены в табл. 2.

1. Химический состав покрытий				
Покрытие	Содержание элементов, % ат.			
	Nb	Ti	Zr	Al
NbTiN	55,6	44,4	-	-
TiNbAlrN	14,5	83,4	-	2,1
TiZrAlN	-	57,5	39,7	2,8

2. Структурные параметры износостойких покрытий							
ИО	Покрытие	a , нм	c , нм	β_{111} , град	$\Delta a/a$, 10^{-3}	D , нм	σ_o , МПа
Т5К10	TiN	0,42413	-	0,40	4,7	26,06	-716±53
	NbN	0,3015	0,5715	1,00	7,21	10,45	-6513±177
	NbTiN	0,4399	0,8684	0,93	10,47	10,36	-
НТi10	TiZrAlN	0,43442	-	1,2	15,7	7,84	-1774±357
	TiNbAlN	0,42978	-	0,53	6,63	18,66	-452±34

Исследованиями установлено, что покрытия NbN имеют гексагональную кристаллическую решетку, в то время как покрытия TiN – кубическую. Как видно из рис. 1, для покрытий NbN характерно наличие на дифрактограммах дифракционного пика на угле $2\theta = 62$ град., который можно идентифицировать как NbN (110), соответствующий гексагональной структуре.

Покрытия NbTiN являются однофазными, но в отличие от покрытий NbN имеют тетрагональную кристаллическую решетку. На дифрактограммах покрытий NbTiN наблюдается один дифракционный пик высокой интенсивности на угле $2\theta = 41,6$ град., который можно идентифицировать как NbN (004), характерный тетрагональной структуре.

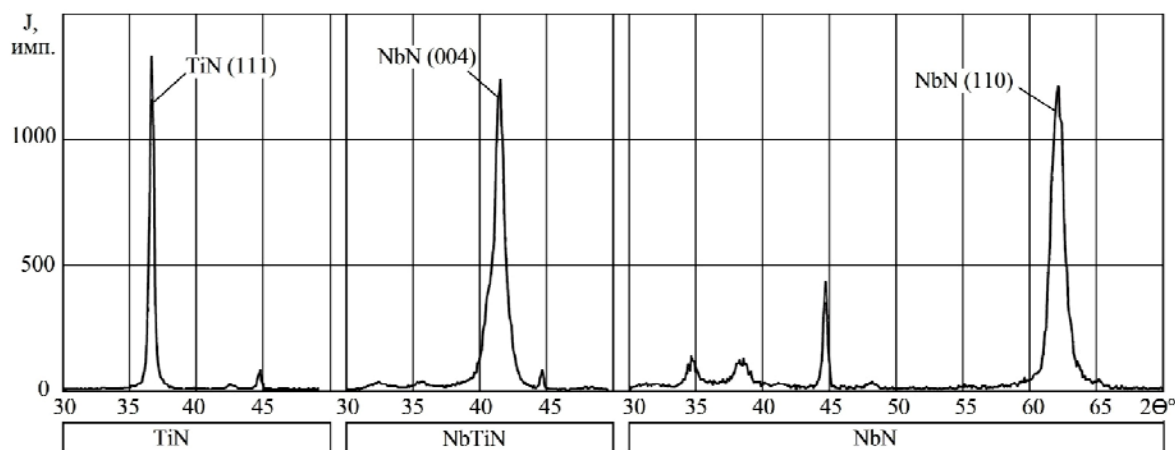


Рис. 1. Фрагменты дифрактограмм покрытий

Одновременно на дифрактограммах покрытия NbTiN фиксируются дифракционные пики, которые можно идентифицировать как NbN (002) и NbN (102), характерные гексагональной структуре, имеющие очень низкую интенсивность по сравнению с основным пиком NbN (004). Кроме того, проявляется дифракционный пик на угле $2\theta = 40,8$ град., который может быть идентифицирован как твердый раствор NbTiN₂ (200) или Ti₂N (004). Согласно табличным данным нитрид NbTiN₂ имеет кубическую решетку с параметром решетки $a = 0,4239$ нм и проявляется на угле $2\theta = 41,5729$ град. Нитрид Ti₂N имеет тетрагональную решетку с параметрами $a = 0,41493$ нм и $c = 0,87758$ нм и наблюдается на угле $2\theta = 41,0594$ град. Табличное значение угла 2θ для пика NbN (004) составляет $41,5679$ град., а значения параметров решетки равно $a = 0,4386$ нм и $c = 0,8683$ нм. Как видно, табличные значения углов, на которых расположены дифракционные пики соединений NbTiN₂ (200), Ti₂N (004) и NbN (004), расположены достаточно близко друг к другу, а параметры кристаллических решеток также достаточно близки. Указанное выше, не позволяет точно идентифицировать пики на дифрактограммах покрытия NbTiN. Можно предположить, что двухэлементное покрытие NbTiN является двухфазным, имеющим фазы NbN (004) и Ti₂N (004) с тетрагональными кристаллическими решетками. Возможно и образование твердого раствора NbTiN₂ (200), пик которого из-за близости параметров его кристаллической решетки и нитрида NbN (004), совпадает с пиком последнего. Для окончательного подтверждения кристаллического строения двухэлементного покрытия NbTiN требуются дополнительные исследования.

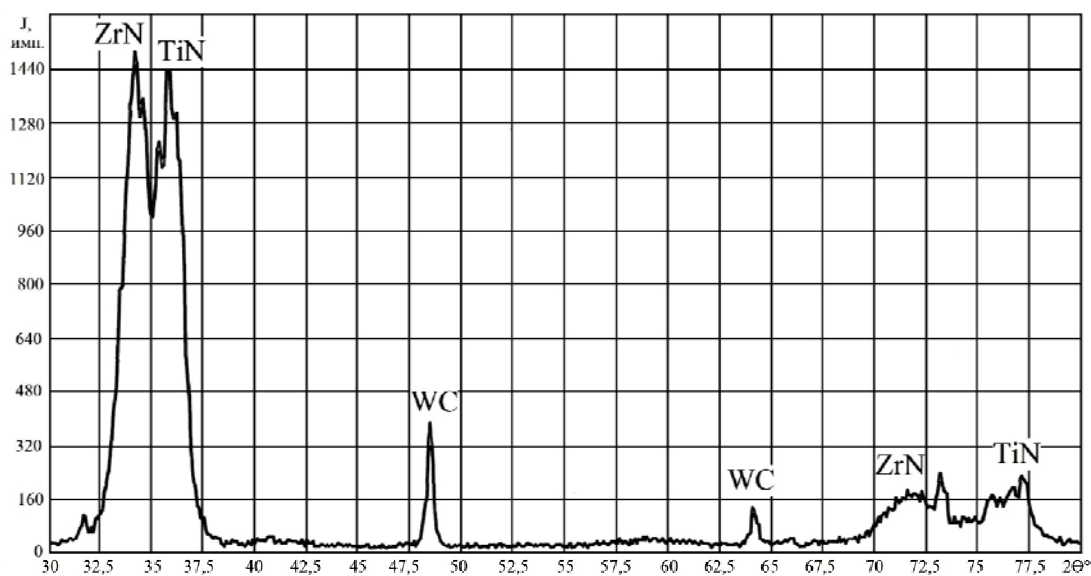


Рис. 2. Дифрактограмма покрытия TiZrAlN

Параметры структуры двухэлементного покрытия NbTiN существенно выше, чем у NbN, что связано с изменением кристаллического строения покрытий. Полуширина рентгеновской линии покрытия NbTiN по сравнению с NbN изменяется незначительно. Остаточные напряжения в покрытиях NbTiN измерить не удалось из-за отсутствия на дифрактограммах соответствующих пиков.

Покрyтия TiNbAlN являются однофазными с кубической кристаллической решеткой. Дифрактограмма данных покрытий имеет аналогичный вид как и для покрытий TiN. По сравнению с покрытием TiN трехэлементные покрытия TiNbAlN имеют несколько большие значения периода кристаллической решетки, полуширины рентгеновской линии, большую величину относительной микродеформации кристаллической решетки и меньший размер блоков ОКР. Полученные данные хорошо согласуются с данными работ [2, 3]. Для них характерна и меньшая величина остаточных сжимающих напряжений.

Трехэлементные покрытия TiZrAlN являются двухфазными с кубической кристаллической решеткой. Как видно из рис. 2, на дифрактограмме покрытий наблюдаются два дифракционных пика TiN (111) и ZrN (111). Кроме того, между данными пиками проявляется пик на угле $2\theta = 34,5$ град., который может быть идентифицирован как нитрид TiZrN_2 , табличное значение угла 2θ которого равно $34,9$ град. Два других дифракционных пика на углах 2θ больше 35 град. могут быть связаны с другими модификациями нитрида титана. Трехэлементные покрытия TiZrAlN по сравнению с TiN имеют существенно более высокие значения полуширины рентгеновской линии (в 3 раза), сжимающих остаточных напряжений (в 2,47 раза) и существенно меньшие размеры блоков ОКР (в 3,3 раза).

Анализ полученных результатов позволяет сделать заключение, что параметры структуры существенно зависят от состава покрытий, а полученные данные для многоэлементных покрытий свидетельствуют о более высоких механических свойствах по сравнению с одноэлементными покрытиями.

Список литературы

1. Табаков В. П. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями на основе сложных нитридов и карбонитридов титана. – Ульяновск : УлГТУ, 1998. – 122 с.
2. Табаков В. П. Формирование износостойких ионно-плазменных покрытий режущего инструмента. – М. : Машиностроение, 2008. – 311 с.

3. Tabakov V. P. The Influence of Machining Condition Forming Multilayer Coatings for Cutting Tools. Key Engineering Materials. – Vol. 496 (2012). – Pp. 80-85, Trans Tech Publications, Switzerland.

4. Табаков В. П., Смирнов М. Ю., Циркин А. В., Чихранов А. В. Износостойкие ионно-плазменные покрытия режущего инструмента и технологии их нанесения // Технология машиностроения. – 2007. – № 1. – С. 22-28.

5. Табаков В. П., Верещака А. С., Верещака А. А., Батако А. Д. Методологические подходы к формированию многослойных покрытий режущего инструмента. – Вестник машиностроения. – 2015. – № 9. – С. 82-89.

6. Табаков В. П., Григорьев С. Н., Верещака А. С. Принципы формирования и технологии нанесения износостойких покрытий режущего инструмента. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. 196 с.

7. Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю. А. Рентгеноструктурный и электроннооптический анализ металлов. – М. : Metallurgizdat, 1970. – 366 с.

УДК 621.981

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ГНУТОЛИСТОВЫХ ПРОФИЛЕЙ

Турундаев К. В.

к.т.н., ведущий инженер-конструктор АО «Ульяновский НИАТ»

Важной проблемой при производстве изделий **авиакосмической** техники является изготовление профилей, обладающих высокими ресурсными и жесткостными характеристиками. Это определяется требованиями снижения массы, увеличение срока эксплуатации летательных аппаратов (ЛА).

Наиболее эффективным и прогрессивным способом изготовления таких профилей для ЛА является метод интенсивного деформирования (МИД).

Методика проектирования технологического процесса МИД предусматривает определение количества переходов, угловгиба для каждого перехода по заданным размерам профиля.

Для этого была разработана теоретическая модель, связывающая величины угловгиба с величиной относительного удлинения кромки

профиля, что позволяет оценить правильность выбора угловгиба по критерию отсутствия пластических деформаций на кромке профиля, приводящих к появлению дефектов: кромковой волнистости, излому боковой полки, продольной кривизне, поперечной крутке.

Данная модель зоны плавного перехода профиля, учитывающая влияние вертикальных буртов профилегибочного инструмента (рис. 1а), основана на допущениях:

1. Нейтральная линия боковой полки профиля любого поперечного сечения является прямолинейным отрезком (рис. 1б).
2. Кромка профиля в межклетьевом пространстве между точками опоры n и $(n+1)$ перехода представлена в виде S-образной балки АВ (рис. 1в, г).
3. Зона контакта боковой полки профиля с вертикальным буртом ролика представляет собой непрерывную линию ВВ₂ (рис. 1г).
4. Боковая полка профиля представлена в виде независимых друг от друга продольных S-образных балок (рис. 1в, г).

При использовании этих допущений были получены соответствующие зависимости, характеризующие поведение боковой полки профиля в межклетьевом пространстве.

После соответствующих преобразований была определена длина упругой линии первого участка балки (кромки боковой полки профиля) АВ:

$$L_{у.л.б.1} = L_1 + \left(\left(6 \cdot f_n / L_1^2 \right) - \left(2 \cdot \operatorname{tg} \theta / L_1 \right) \right)^2 \cdot (L_1^3 / 60) + \left(\left(6 \cdot f_n / L_1^2 \right) - \left(2 \cdot \operatorname{tg} \theta / L_1 \right) \right) \cdot (L_1^2 \cdot \operatorname{tg} \theta / 20) + \left(\operatorname{tg} \theta^2 \cdot L_1 / 10 \right), \quad (1)$$

где f_n – смещение концов крайней балки (кромки) АВ боковой полки на секущей плоскости Б-Б (рис. 1б, в), равное $f_n = 2 \cdot b \cdot \sin((\alpha_{n+1(1)} - \alpha_n) / 2)$;

n – номер перехода;

b – высота полки профиля (рис. 1б);

α_n – угол подъема полки профиля в n -ом переходе (рис. 1б);

$\alpha_{n+1(1)}$ – угол подъема полки профиля в точке В $(n+1)$ -го перехода (рис. 1б);

L_1 – длина нормали первого участка АВ криволинейной балки (рис. 1в, г);

θ – угол захода балки в т.В (рис. 1в).

Длина упругой линии балки второго участка плавного перехода равна:

$$L_{у.л.б.2} \approx L_2, \quad (2)$$

где L_2 – длина нормали 2-го участка криволинейной балки (рис. 1г).

Длина упругой линии балки третьего участка плавного перехода равна:

$$L_{у.л.б.3} = L_3 = B_1 B_2 = \sqrt{R_2^2 - R_1^2}, \quad (3)$$

где L_3 – длина нормали 3-го участка криволинейной балки (рис.1г);

R_1, R_2 – радиусы, характеризующие профилегибочную оснастку (рис.1д).

Относительное удлинение зоны плавного перехода крайней балки (кромки боковой полки профиля) относительно дна профиля, с использованием при вычислении выражения (1, 2, 3), будет равно:

$$\varepsilon_{у.л.б.} = \frac{L_{у.л.б.} - L_{м.к.}}{L_{м.к.}} \cdot 100\% = \frac{L_{у.л.б.1} + L_{у.л.б.2} + L_{у.л.б.3} - L_{м.к.}}{L_{м.к.}} \cdot 100 \quad (4)$$

Для удобства практических расчетов $\varepsilon_{у.л.б.}$ при различных значениях разницы углов ($\alpha_{n+1} - \alpha_{n+1(1)}$), являющейся функцией углагиба α_{n+1} и высоты полки b , а также значение угла захода профиля θ , являющегося функцией α_{n+1} и b , представлены в виде номограмм (рис. 2, 3).

При использовании роликов с конусными посадками разработанная ранее теоретическая модель зоны плавного перехода упростится с учетом следующих допущений: значение угла наклона θ в т.В равно нулю; длина нормали первого участка равна межклетьевому расстоянию, второго и третьего участка балки нет, следовательно, т.В совпадает с т.В₂.

С учетом этих допущений длина упругой линии балки $L_{у.л.б.}$ и относительное удлинение $\varepsilon_{у.л.б.}$ кромки боковой полки относительно дна профиля с использованием выражения (1, 4) будут равны:

$$L_{у.л.б.} = L_{м.к.} + (0,6 \cdot f_n^2 / L_{м.к.}) \quad (5)$$

$$\varepsilon_{у.л.б.} = (L_{у.л.б.} - L_{м.к.}) / L_{м.к.} \cdot 100\% = 60 \cdot f_n^2 / L_{м.к.}^2. \quad (6)$$

Используя формулы (4, 6), можно на проектной стадии определить углыгиба по переходам, обеспечивающие получение качественного профиля.

Использование полученных формул дает сравнимые с другими моделями результаты (рис. 4).

Все вышеизложенное позволяет выбрать наиболее оптимальное решение по количеству переходов и угловгиба по заданным размерам профиля, с обеспечением требуемых показателей качества. Соответственно это позволяет повысить показатели качества технологичности, экономичности.

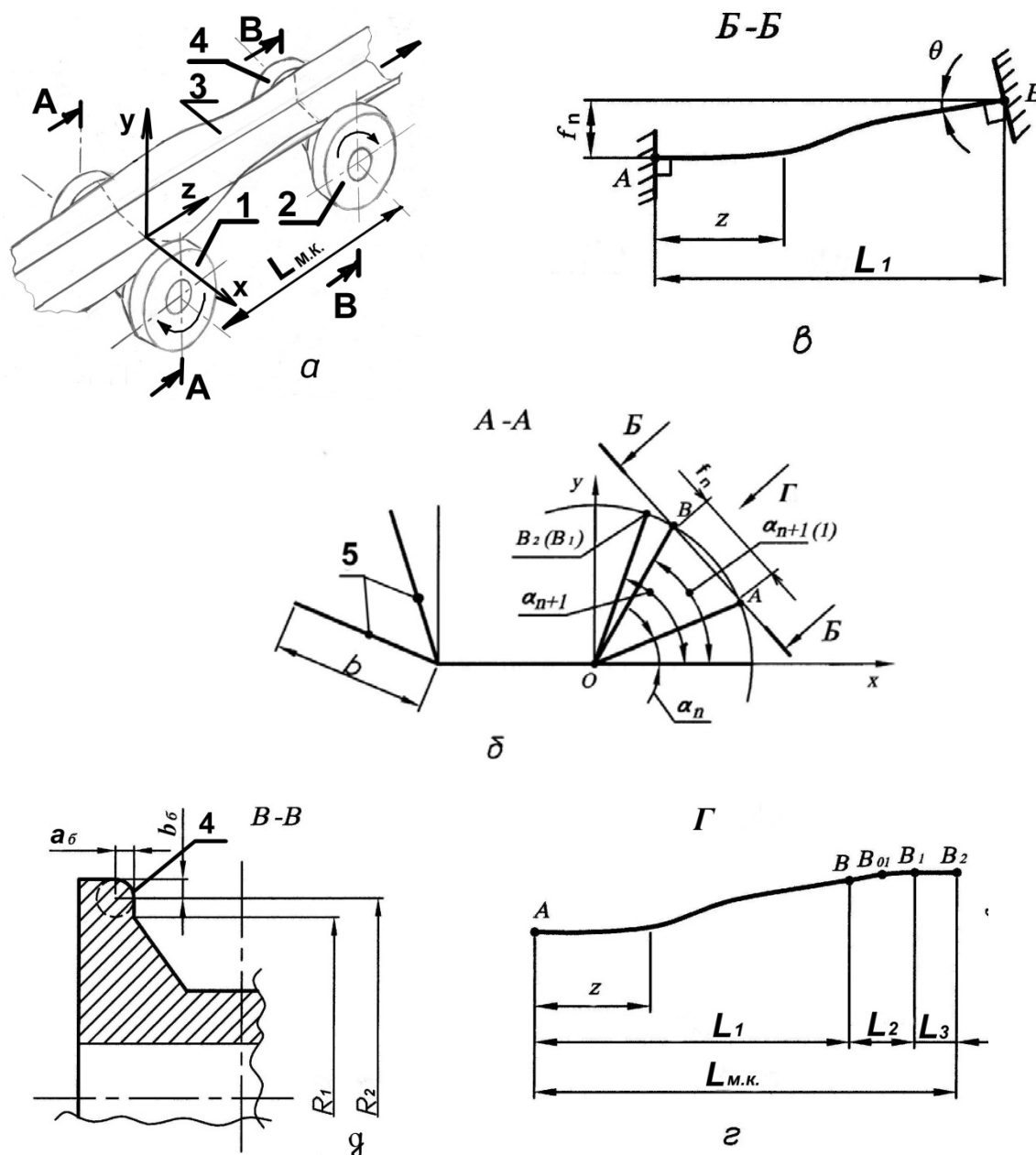


Рис. 1. Межклетьевое пространство,
образованное роликами с вертикальными буртами:

а – аксонометрическая проекция (показан только профиль, нижние ролики);
б – сечение А-А (показана только нейтральная линия профиля n -го и $(n+1)$ -го перехода); в – сечение Б-Б; г – вид А; д – сечение В-В (показан только нижний ролик). 1 – нижний ролик n -го перехода; 2 – нижний ролик $(n+1)$ -го перехода; 3 – боковая полка профиля; 4 – вертикальный бурт оснастки; 5 – нейтральная линия боковой полки профиля

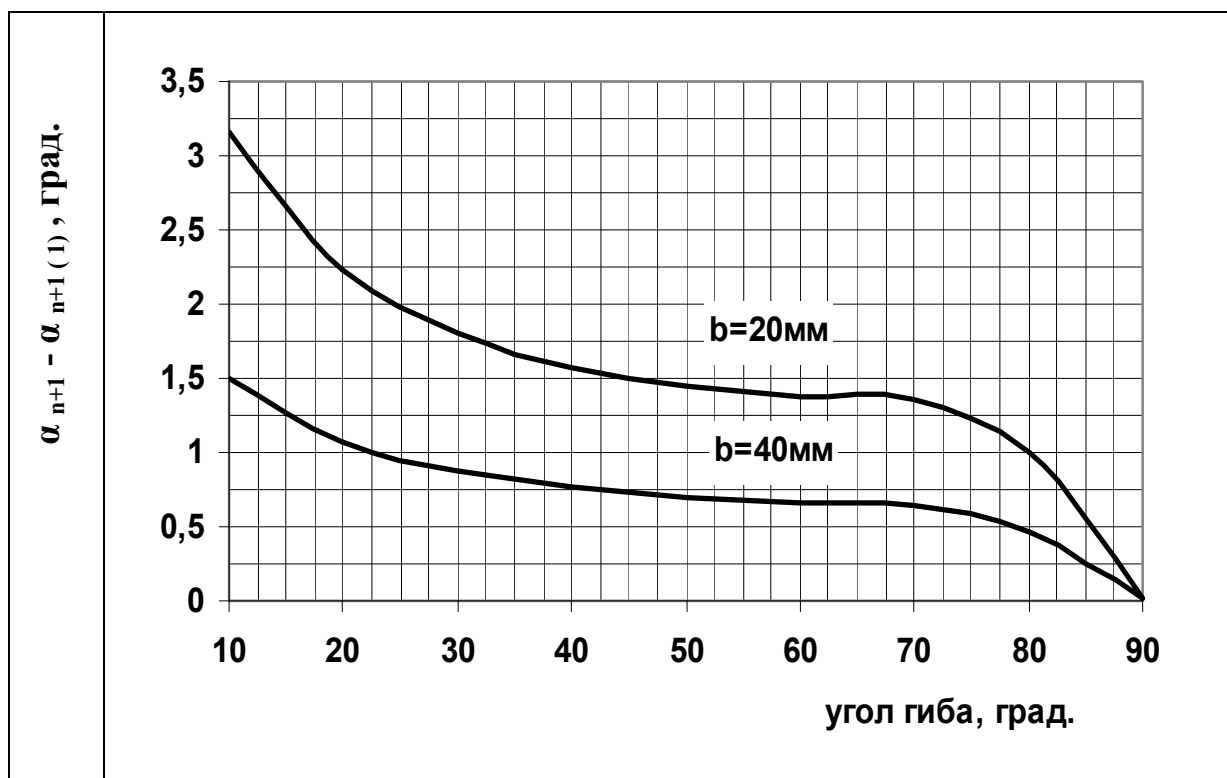


Рис. 2. Номограмма для определения разницы по углам ($\alpha_{n+1} - \alpha_{n+1(1)}$) на конце первого участка профиля по углугиба ($n+1$)-го перехода α_{n+1} и высоте его полки b , при $a_6 = b_6 = 5$ мм (ширина и высота кривизны бурта (рис. 1д))

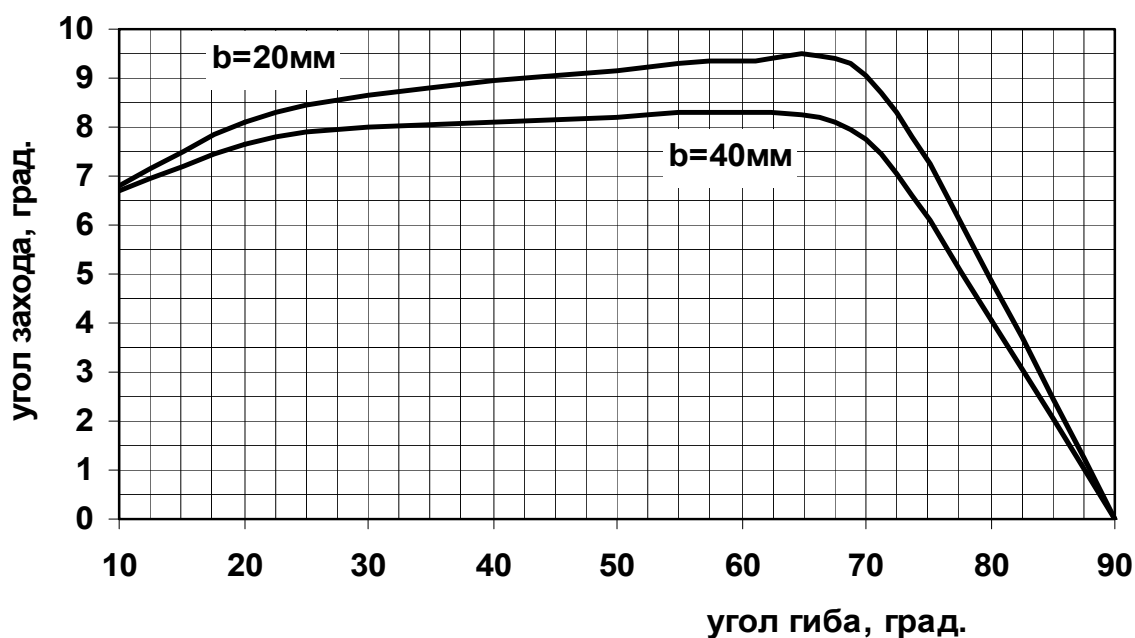


Рис. 3. Номограмма для определения угла захода θ профиля по углугиба полки α_{n+1} и ее высоте b , при $a_6 = b_6 = 5$ мм (ширина и высота кривизны бурта (рис. 1д))

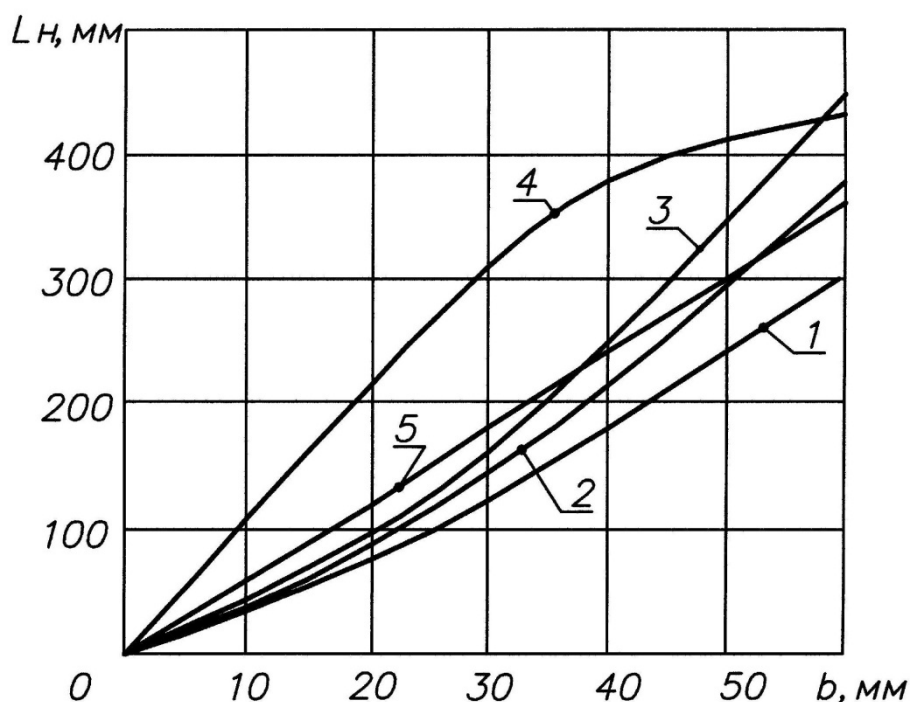


Рис. 4. Зависимость протяженности зоны плавного перехода от высоты полки профиля b по моделям: 1 – Гуна Г. Я.; 2 – Филимонова В. И., Филимонова С. В.; 3 – Бхаттачария Д., Коллинза И. Ф.; 4 – Тришевского И. С., Докторов М. Е.; 5 – автора

Список литературы

1. Филимонов, В. И. Изготовление методом интенсивного деформирования профилей из листа и их внедрение в авиастроении / В. И. Филимонов, В. А. Марковцев, И. М. Колганов и др. //Авиационная промышленность.– 2001.– № 4.– С. 21–23.
2. Тришевский, И. С. Производство и применение гнутых профилей проката / под ред. И. С. Тришевского. – М. : Металлургия, 1975. – 536 с.
3. Гун, Г. Я. Теоретические основы обработки металлов давлением / Г. Я.Гун. – М. : Металлургия, 1980. – 456 с.
4. Bhattacharyya, D. The prediction of deformation lenth in cold roll-forming / D. Bhattacharyya, P. D. Smith, L. F. Collins // Journal of Mechanical Working Technology. – 1984. – V. 9. - № 2. – P. 181–191.

УДК 621.981

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ И ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕРФОРИРОВАННОГО И ЦЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

Филимонов А. В.¹, Кокорина И. В.², Филимонов В. И.³

1 – главный инженер ЗАО «НПТ» (г. Нижний Новгород), к.т.н.

2 – аспирант кафедры «МиОМД» УлГТУ

3 – в.н.с. АО «Ульяновский НИАТ», д.т.н., профессор

В строительной индустрии широко применяются в качестве несущих конструкций или их элементов перфорированные профили различной конфигурации сечения, изготавливаемые на профилировочных станках. Это обусловлено тем, что замкнутая форма сечения профиля с вырезами обладает наибольшей весовой отдачей. Чувствительность перфорированного профиля к внешним нагрузкам зависит от его типоразмера, топологии, форм и размеров отверстий, а также от применяемого материала. При заданном виде нагружения и коэффициенте запаса прочности задача конструирования профиля сводится к минимизации массы конструкции при варьировании геометрии сечения профиля и параметров перфорации (топология, форма и размеры отверстий). Круговые и эллиптические отверстия, при их рядном расположении, имеют хорошую несущую способность при осевом сжатии или изгибе. Трубчатые детали с рядной круговой перфорацией лучше работают на кручение [1]. В той же работе [1] приведены сравнительные данные по различным видам нагружения и видам регулярного расположения отверстий при различной степени ослабления замкнутого сечения профиля отверстиями (рис. 1).

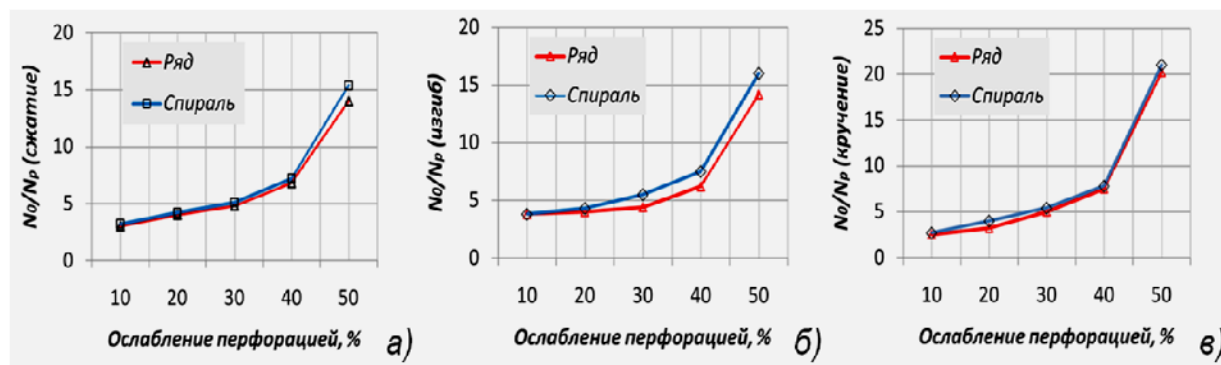


Рис. 1. Несущая способность профилей с рядной и спиральной перфорацией в сравнении с несущей способностью цельного профиля:

а – при сжатии; б – при изгибе; в – при кручении

Для удобства использования этих результатов, в работе [2] выполнена аппроксимация кривых на рис. 1, а результаты аппроксимации даны в нижеприведенной таблице.

Аппроксимация сравнительной несущей способности профиля

Испытание	Топология отверстий	Расчетная аппроксимирующая зависимость
Сжатие	Рядная	$\eta_c^p(\xi) = 1,114\xi^2 - 3,946\xi + 6,60; R^2 = 0,9619$
	Спиральная	$\eta_c^c(\xi) = 0,971\xi^2 - 3,349\xi + 5,88; R^2 = 0,9511$
Изгиб	Рядная	$\eta_u^p(\xi) = 1,200\xi^2 - 4,44\xi + 7,54; R^2 = 0,9619$
	Спиральная	$\eta_u^c(\xi) = 1,214\xi^2 - 4,986\xi + 8,12; R^2 = 0,9511$
Кручение	Рядная	$\eta_k^p(\xi) = 1,771\xi^2 - 6,589\xi + 8,46; R^2 = 0,9427$
	Спиральная	$\eta_k^c(\xi) = 1,764\xi^2 - 6,616\xi + 8,12; R^2 = 0,9541$
где $\eta = N_0/N_p$ (отношение критической нагрузки для цельного и перфорированного профиля соответственно); $\xi = S_{отв}/S_{бок}$ (отношение площади отверстий к площади боковой поверхности профиля); верхний индекс относится к топологии отверстий (рядная и спиральная), а нижний индекс указывает на вид испытания		

Анализ рис. 1 показывает, что ослабление сечения перфорацией в пределах 40% не приводит к существенному снижению несущей способности профиля, однако ослабление сечения перфорацией более чем на 50% приводит к уменьшению несущей способности в 2...3 раза. Разумеется, здесь речь идет о местной потере устойчивости, поскольку исследованные образцы имели относительные размеры (приведенные к толщине заготовки) 20 (диаметр) и 40 (длина), а относительные размеры отверстий составляли 2,5; 3,4; 4,3; 4,9 и 5,5, что соответствовало уровням ослабления сечения отверстиями в 10, 20, 30, 40 и 50%. При моделировании в LS-dyna один конец профиля был закреплен, а другой был подвержен нагружению. Влияние перфорации в пределах 40%, вероятнее всего, не скажется на общей потере устойчивости длинных образцов [3].

Так как перфорация снижает несущую способность профиля, в последние годы уделялось большое внимание повышению жесткости или прочности краев отверстий для повышения общей несущей способности профиля [4]. В тонколистовом материале можно выполнять отверстия с наклонными, прямыми, фланцованными или рифлеными отбортовками, а также упрочнять прилегающие к отверстию зоны за счет чеканки или выполнения круговых каннелюр. Для профилирования предварительно перфорированной заготовки в роликах интенсивным деформированием

наиболее приемлемым способом упрочнения является упрочнение краев отверстий чеканкой, совмещенной с перфорацией, которая выполняется в предварительной клети. Здесь локальный обжим заготовки создает ярко выраженную анизотропию свойств заготовки. Если же пробивка отверстий осуществляется в штампах, то появляются более широкие возможности для создания элементов жесткости вокруг отверстий. Здесь возможны варианты сохранения выступающих элементов (продольно-линейные ряды), под которые следует предусматривать участки высвобождения в формующих валках, а также варианты спрямления отогнутых или профилированных бортов отверстий в роликах или в том же пробивном (или отдельном чеканочном) штампе. Полное спрямление участков упрочнения освобождает технолога от выполнения участков высвобождения в формующих валках, что отличает процесс формообразования большей технологичностью.

Однако и в этом случае подгибаемые полки с локальными участками неравномерного упрочнения имеют большую склонность к потере устойчивости при профилировании, чем при формовке профиля с цельными подгибаемыми полками. Что касается других видов упрочнения, то наличие отбортовок или каннелюр «во внутрь» требует высвобождения в калибрах, что приводит к усложнению технологического оснащения, а расположение отбортовок или каннелюр «во вне» приводит к концентрации сил на малых локальных участках бортов, их смятию или излому формируемой полки.

Выполнение отверстий и упрочнение краев отверстий готовых цельных профилей закрытого типа представляет собой довольно сложную технологическую задачу, хотя перфорацию и упрочнение краев отверстий готового профиля открытого сечения можно выполнять в специальных штампах.

Качество профиля из перфорированной заготовки в значительной мере зависит от назначения отверстий. Если отверстия служат для вентиляции (в некоторых профилях вентилируемых фасадов), то небольшая деформация и незначительное изменение расположения отверстий, вероятно, не окажут влияния на служебные свойства профиля, в то время как отверстия, предназначенные для последующих сборочных операций (например, в профиле «стойка» для складских систем), вероятнее всего, могут быть причиной брака, если при формообразовании возникнут недопустимые деформации и смещения отверстий.

Во избежание деформирования отверстий и их смещения, в технологии профилирования перфорированной заготовки следует предусматривать более

«мягкие» режимы подгибки углов. При этом неизбежно увеличивается число переходов (на один-два, как это следует из практики). При оценке технологичности изготовления профиля из цельной заготовки, например, за 8 переходов при наличии 8-клетьевого станка, профиль окажется технологичным, в то время как тот же профиль, но изготавливаемый из перфорированной заготовки, будет, несомненно, нетехнологичным.

В целом, эти результаты согласуются с данными работ [1], [5] и позволяют сделать следующие выводы:

1. Наличие перфорации создает концентраторы напряжений при нагрузках, близких к критическим, и в целом снижает в 3–4 раза уровень критических напряжений независимо от вида нагружения профиля.

2. Топология отверстий несущественно влияет на предельные параметры нагружения независимо от его вида.

3. Уровень перфорации существенно влияет на несущую способность перфорированного профиля, так что для несущих элементов конструкций ослабление их перфорацией не должно превышать 30 – 40%.

4. При разработке технологии, следует выполнить предварительный анализ технологичности изготовления перфорированного профиля и принять технологические меры для обеспечения возможности его изготовления с минимальными затратами в условиях действующего предприятия.

5. Преемственность технологии соблюдается при переходе от технологии производства профиля из перфорированной заготовки к технологии изготовления профиля того же сечения из цельной заготовки, а при обратном переходе – нет.

Список литературы

1. Woo Y. P., Chua Y. S., Choong K. K. Effects of Perforation Area and Arrangement Pattern on Structural Behaviour of Nature Inspired Perforated Hollow Structure // Iranica Journal of Energy and Environment, 2013. – No. 4. – P. 171–177.

2. Дементьев К. С., Филимонов В. И. Влияние перфорации на несущую способность гнутых профилей / Вузовская наука в современных условиях : сборник материалов 49-й НТК (25-30 января 2016 г.). В 3 ч. Ч. 1. – Ульяновск : УлГТУ, 2016. – 252 с. – С. 78–81.

3. Вольмир А. С. Устойчивость деформируемых систем. – М. : Наука, 1967. – 984 с.

4. Han X. P., Li L. X., Zhu X. P., Yue Z. F. Experimental Study on the Stitching Reinforcement of Composite Laminates with a Circular Hole // Composites Science and Technology, 2008. – No. 68. – P. 1649–1653.

5. Гудков И. Н., Филимонов В. И. Формообразование перфорированных профилей в роликах. – Ульяновск : УлГТУ, 2010. – 117 с.

УДК 621.981

О СТЕПЕНИ АСИММЕТРИИ ГНУТОГО ПРОФИЛЯ**Филимонов А. В.¹, Марковцева В. В.², Филимонов В. И.³***1 – главный инженер ЗАО «НПТ» (г. Нижний Новгород), к.т.н.**2 – н.с. АО «Ульяновский НИАТ»**3 – в.н.с. АО «Ульяновский НИАТ», д.т.н., профессор*

При разработке технологии производства гнутых профилей, в частности, схем формообразования и схем правки важно знать степень асимметрии профиля, поскольку последняя влияет как на назначение углов подгибки элементов, так и на конструкцию правильной оснастки и настройку правильного устройства [1].

До настоящего времени в отечественной библиографии по профилированию вопросу о степени асимметрии профиля практически не уделялось внимания. Хотя его приложение могло бы иметь место как в технологии (определение числа переходов, разработка схем формообразования и правки), так и в конструировании с использованием гнутых профилей (задание внешних нагрузок, учет перерезывающих и скручивающих сил). Возможные критерии для выработки указанного критерия асимметрии сведены в таблицу.

Наименование критерия	Описание критерия	Примечания
1. Пондо-геометрический, по базовому элементу	Относительное смещение центра тяжести сечения профиля относительно центра базового элемента	Конструктивный
2. Геометрический сравнительный	Отношение обобщенных геометрических параметров левой и правой части профиля (местных габаритов) без учета базового элемента	Конструктивный
3. Пондометрический сравнительный (фактически, геометрический, по ширине развертки слева и справа от базового элемента)	Отношение весовых параметров левой и правой части профиля за вычетом базового элемента	Конструктивный
4. Пондо-геометрический, сравнительный	Сравнение размерно-весовых параметров элементов или их совокупности (слева и справа)	Конструктивный
5. Зонный	По числу зон изгиба слева и справа от базового элемента	Конструктивный

Наименование критерия	Описание критерия	Примечания
6. Угловой	Отношение углов подгибки элементов слева и справа. Разновидности: - по углам подгибки несущих полок; - по фиктивным углам подгибки псевдоэлементов (определяются по двум точкам: зоне изгиба у базового элемента и торцу заготовки)	Конструктивный
7. Трансляционный (линейных перемещений)	При формообразовании, отношение перемещений торцов левой и правой части. Разновидности: - по горизонтальным проекциям; - по вертикальным проекциям; - по абсолютной величине перемещения	Технологический

Казалось бы, большинство из возможных подходов к определению коэффициента асимметрии базируется на конструктивных признаках, как это следует из вышеприведенной таблицы, однако в реальности в основе определения коэффициента асимметрии все же лежит первичный технологический признак: расположение профиля в чистовой клети профилировочного станка. Если, например, для несимметричного швеллера его расположение в чистовой клети станка очевидно, то для более сложного профиля (например, «косяка» двери) возможны различные варианты расположения сечения (рис. 1). Дизайнер, разрабатывающий конструкцию сечения профиля, выберет, скорее всего, вариант двумерного изображения сечения 2, 5 или 6 (см. рис. 1), где один из линейных элементов параллелен горизонтальной оси. Не исключен, однако, и вариант расположения профиля по отношению к горизонтали так, как он будет расположен в конструкции, но такое встречается не часто.

Тот же профиль (рис. 1) используется в качестве горизонтального и вертикального элемента в конструкции двери, так что его положение в конструкции не дает однозначного расположения на чертеже. Правильное расположение сечения профиля в чистовой клети профилировочного станка уже в себе самом содержит приближение конфигурации несиммет-

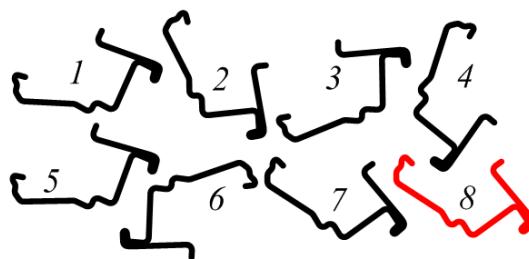


Рис. 1. Варианты расположения сечения профиля «косяк» чертеже или в чистовой клети станка

ричного профиля к симметричному (положение 8 на рис. 1). Симметрия здесь определяется по отношению к вертикальной плоскости, перпендикулярной плоскости рисунка. С точки зрения технолога, такая плоскость должна содержать в себе ось профилирования.

На рис. 2 приведены экспериментально отработанные конфигурации профилей с их правильным расположением в чистовой клети станка и с указанием положения оси профилирования и базового элемента, а на рис. 3 представлены схемы формообразования указанных профилей [1].

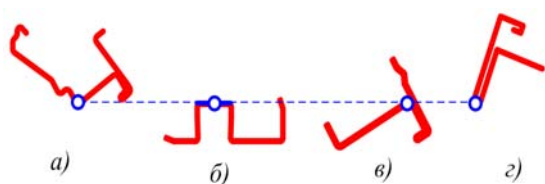


Рис. 2. Положения некоторых профилей в чистовой клети стана с указанием базового элемента и оси профилирования

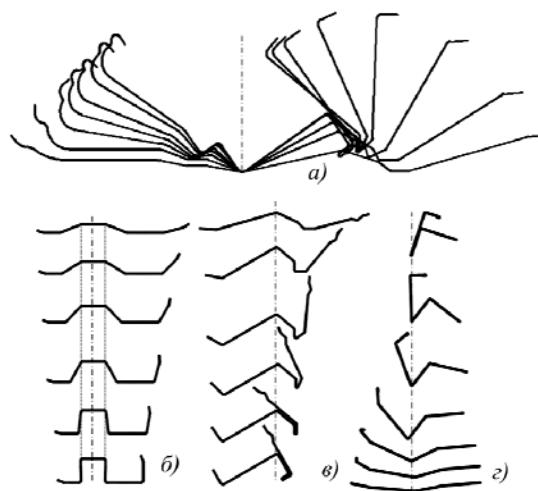


Рис. 3. Схемы формообразования профилей: а – розеточная; б–г – линейные

Анализ рис. 3 показывает, что кроме зонного коэффициента асимметрии (п. 5 вышеприведенной таблицы), во всех других случаях коэффициент асимметрии, устанавливаемый для конфигурации каждого перехода, будет изменяться от перехода к переходу. Но даже и зонный коэффициент асимметрии для переходов может изменяться при формообразовании, если угловые зоны формируются не одновременно, а последовательно. Кроме того, зонный коэффициент, по-видимому, не вполне отражает факт асимметрии. Так, рис. 2а, в котором был бы удален рифт левой части, мог бы дать коэффициент асимметрии, равный единице, т. е. симметричный профиль с технологической точки зрения. В принципе, дело обстоит именно так, если рассматривать перемещения торцов заготовки. Однако рифт добавляет три зоны изгиба в левую часть профиля, что делает его существенно асимметричным, что, с технологической точки зрения, неверно, поскольку формовка небольшого рифта практически не влияет ни на число переходов, ни на схему формообразования. Поэтому зонный коэффициент асимметрии следует отвергнуть.

Угловой коэффициент асимметрии также следует отвергнуть, поскольку для некоторых конфигураций сечений он может давать отрицательные значения (например, профили б) и в) на рис. 2).

Анализ коэффициентов асимметрии 1–4 из вышеприведенной таблицы показывает, что они также малопригодны для оценки асимметрии профиля.

По-видимому, наиболее приемлемым мог бы быть трансляционный коэффициент асимметрии, который отражает соотношение перемещений левого и правого торца в процессе формообразования. При этом, использование проекций перемещений торцов заготовки только на одну из осей приводит к противоречию. Например, если взять проекции перемещения торцов заготовки на горизонтальную ось, то для неравнополочного швеллера обе проекции перемещения окажутся нулевыми.

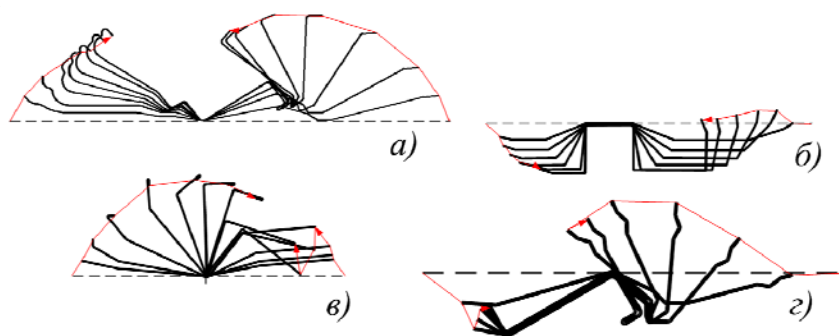


Рис. 4. Траектории торцов профиля
в розеточных схемах

В первом приближении можно более подробно рассмотреть соотношение абсолютных перемещений торцов заготовки (фактически, длин их траекторий). В некоторой степени именно соотношение перемещений торцов для гладких траекторий характеризует асимметрию профиля в технологическом смысле (рис. 4 а, б). Однако для негладких траекторий (рис. 4 в, г) более правильный подсчет асимметрии можно было бы получить сложением перемещений по переходам (т. е. вычислением длины траекторий торцов). Изложенный подход мог бы быть приемлемым, но априори траектории торцов неизвестны, а известны лишь их перемещения, поэтому требуется вводить некоторые модификаторы (комбинации углов, размерные параметры и т. д), что может быть предметом последующих исследований.

Список литературы

1. Филимонов А. В., Филимонов С. В. Изготовление полузакрытых гнутых профилей в роликах методом интенсивного деформирования / под ред. проф. В. И. Филимонова. – Ульяновск : УлГТУ, 2010. – 206 с.

Секция

«Гуманитарные науки в авиационно-космических технологиях»



УДК 02.41.41:13.11.44

МЕТАФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ XXI ВЕКА

Бородина Н. В.¹, Марковцева О. Ю.²

1) к.п.н., доцент, декан Факультета подготовки авиационных специалистов, доцент кафедры Гуманитарных и социальных дисциплин ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б. П. Бугаева», г. Ульяновск.

2) д.ф.н., профессор кафедры Гуманитарных и социальных дисциплин ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б. П. Бугаева», г. Ульяновск.

Авиационная культура, ее философские основания, понимаемые как условия или возможности всей совокупности базовых антропологических интересов, потребностей, ценностей, реализуемых в современных направлениях гражданско-авиационных технологиях, – актуальная тема. Генезис, история, перспективы гражданской авиации в контексте используемой в статье методологии носит экспликационно-описательный, историко-диалектический характер. Так или иначе будут затронуты аспекты социально формируемых противоречий между достигнутым уровнем (статусом) гражданско-авиационной политики в общественной жизни и теми инновационными процессами, которые приводят эту сферу к качественным изменениям. Другими словами, философские, общечеловеческие, единые социальные требования, предъявляемые к научным разработкам, открытиям, программам приобретают ведущую роль в объяснении трансформации авиационно-технологических и иных способов авиационной культуры. Наша цель описать специфику современной гражданской авиации (предмет) в структурах универсальной метафизической первоосновы (объект), понимаемой как условие видовых форм, способов организации, используемых в современной авиатехнической практике. Исследовательская задача – очертить круг проблем, непосредственно связанных с естественной динамикой интересов, задач, «заказов» государства в сфере гражданской авиации, показать их связь с социально-историческими особенностями. Созидаемые традиции, адекватные назревающей исторической перспективе, ставят новые задачи, частные проблемы в сложившейся сфере гражданской авиации. Социальная история, ее этапы связаны с авиационной культурой,

но, трактуемые как самодостаточные структуры, являются не противоречивыми относительно друг друга. Их взаимосвязь порождает новизну в действующих «внутри» каждой тенденций и полученные на данной (взаимодействующей) основе артефакты (результаты), объявляются эвристичными в практике гражданского пилотирования. Так, в истории русской авиации после окончания второй мировой войны стали использоваться первые реактивные самолеты. Прочитируем. «Но становление реактивной авиации требовало решения множества сложных научно-технических и производственных проблем, а на это нужно было время. Поэтому в первые послевоенные годы самолеты с поршневыми двигателями по-прежнему в больших количествах сходили с оборонных линий авиазаводов. Сначала это были лучшие машины периода войны – Як-9, Ту-2, Ил-10, Ли-2. Вскоре в небе появились новые образцы винтомоторных самолетов ОКБ Лавочкина, Туполева, Ильюшина, Яковлева, Антонова, Бериева, Сухого» [1; с. 6].

Затрагивая проблематику метафизики становления, развития гражданской авиации, важно выявить не только основные социально-философские принципы, но также характеристики организации авиационизированной культуры современного социума, возникающих в структурах этих принципов как «доказательств», «показателей» их наличия. Они адекватны (одно-природны) относительно друг друга. Если современная гражданская авиация является кластерной технологией, то, следовательно, ее социально-метафизические условия также – «кластерны», могут измеряться подобными параметрами. Нам важно выяснить *степень* соответствия сложившихся и действующих в сфере гражданской авиации традиций, тенденций, показателей с теми метафизическими нормами, универсальными ценностями, на которые ориентирована социальная политика в этой области и которые имеют антропологический статус.

Специально выделим связь «Человек – Общество», ее главные направления. На метафизическом уровне она будет рассматриваться как проявленная «черта» обозначенной нами связи. Она становится актуальной таким антропологическим показателем как *самоценность человека*, он проявляется актуально в современных исторических проектах. Самоценность в гражданской авиации манифестируется многоаспектно: как, например, социальное признание научно-технического моделирования, имеющего Имя, автора – лидера конструкторской группы (конструкторского бюро – КБ), или летчиков – образцов пилотирования, высоких профессионалов (Главный

маршал авиации Б. П. Бугаев). Метафизика авторитетных (авторских) традиций формирует элитный уровень в авиационной культуре, которая сама – элитная сфера, так как является критерием, необходимым показателем цивилизации в авиа-космической деятельности. Автор или авторско-групповое научно-исследовательское *достижение* (внедрение в теоретической, научно-практической, производственно-технологической, экономической и других сферах гражданской авиации является одним из главных показателей соответствия программ социума, требованиям, направлениям, способам современной цивилизации. В этом аспекте антропо-социальное бытие человека (гражданина) показательно уровнем достижений, открытий, общего конструирования авиационных технологий, а также (важно!) их внедрением в практическую жизнь.

Другими критериями самооценности человека в существующей сфере гражданской авиации в качестве базовых показателей цивилизованно развитого государства является безопасность, надежность, предсказуемость, комфортность, экономичность и другие однопорядковые им качества гражданско-авиационной сферы, которые направлены на сохранение жизни человека. Ориентация общества на самооцененность индивида подтверждена историей. Научно-техническое творчество в российской гражданской авиации показательна различными примерами. Они выделяются на разных этапах освоения, реализации авиа-гражданских судов в степени и уровнях защиты от возможных негативных факторов и их устранении, степени достигнутого комфорта человека, динамике общей эстетики эксплуатируемых судов и т. д. В целом важно сказать, что та или иная форма практики в гражданской авиации направлена на метафизическую экологию или сохранение целостности человека, поэтому актуальна и перспективна его социо-антропным аспектом.

Другая характеристика, которую можно выделить в профилизации современной гражданской авиации названа нами «человеческий фактор». Она тесно связана с предыдущей кратко описанной выше. Отличается от нее тем, что фокусирует исследовательское внимание на социально значимую деятельность человека, его самооценную реализацию. Речь идет об антропо-бытийном аспекте, всегда актуально заявленном в авиа-социальных ситуациях. Ни в одной другой транспортной сфере общества человеко-сберегающих нормативов, систем не имеется как в авиации. Обычный гражданин, попадая в режим полета, всегда (норма) информируется

о системах его личной безопасности. В данном случае уместно интерпретировать понятие «человеческий фактор» как метафизическую норму, которая распространяется на авиационную активность, результат, последствия антропо-сберегающих событий. Отметим, что феномен «человеческий фактор» проявлен также в актуальных решениях, программируемых и, напротив, не программируемых действиях – везде, где представлена логика, наполненная персональным-и-массовым содержанием авиакультуры. В контексте ее смыслов личность представляется как профессиональная, компетентная, талантливая (или напротив), то есть приобретает социальные и одновременно персональные оценки деятельности. Они обеспечивают ритм социальных действий, сфер, в гражданской авиации. На каждом этапе ее развития, направления реализации разработаны механизмы, критерии, правила, положения, нормативы, которые формируют общий, но специфический смысл и язык профессии, профессиональной сферы. Последняя нацелена на то, чтобы постоянно преодолевать достигнутые технические уровни с целью обеспечения максимальной степени безопасности, предсказуемости, успешности при реализации задач, стоящих перед гражданской авиацией. В области профессиональной подготовки это связано со стремлением находить рациональные схемы в решении актуальных задач, внедрении их в повседневную жизнь граждан. Носителем их в данном случае является «человеческий фактор», то есть личность, профессионал, гражданин.

В настоящее время перспективные авиационные технологии в гражданской авиации носят кластерный характер. Его специфика в том, что на его основе становится возможным объединение экономических, научно-производственных, технико-технологических, транспортных, образовательных, промышленных, управленческих, экологических, этико-правовых, сервисно-потребительских и прочих социальных систем в единых гражданско-авиационных многоцелевых технологиях. Они представляют современную авиацию многопрофильной структурой, реализующей комплексный общественный заказ.

Другая характеристика российской гражданской авиации XXI века – социально-экономическая, научно-технологическая, промышленно-производственная, медико-экологическая, учебно-воспитательная и др. виды, связи зависимости, единства, тождества всех имеющихся структур (подструктур) общей сферы гражданской авиации. Исторически образовавшаяся много-

системная связь получила название *«авиационный кластер»*. Этот многопрофильный социальный компонент – требование исторического времени. «Кластерность» в данном случае не только экономическая связь-характеристика, но шире – в виде общих многомерных связей, которые показательны всеми структурами, элементами, направлениями единого авиатехнологического уровня. Эти связи соотнесены между собой таким образом, чтобы была образована их общая стратегическая линия, направленная на гражданско-авиационную специфику. Не существует первенства, скажем, в авиаэкономической компоненте кластера или авианаучно-образовательном, авиасервисном обеспечении. Общая политика их внутреннего единства продиктована необходимостью взаимодействовать, чтобы реализовывать многофункциональную потребительскую цель современного цивилизованного государства. Приведем пример. Авиационный кластер «Ульяновск-Авиа» (2009 г.) имеет сложную структуру, которую образуют многопрофильные предприятия, осуществляющие 1. научные авиапроекты, 2. экономическое обеспечение, 3. грузоперевозки, 4. производство и ремонт воздушных судов, 5. подготовку авиаперсонала, 6. авиационную деятельность общего назначения (спорт, творческие союзы и пр.) [3]. Кластер «Ульяновск-Авиа» является цивилизационным показателем комплексного развития Ульяновской области. В условиях кластеризации любой полученный результат (артефакт) становится примером включения его в другие кластерные проекты (региона, государства, мирового сообщества). Так, гражданский самолет МС-21 (конструктор К.Ф. Попович (Москва)), фюзеляж этого авиа-судна изготавливается в г. Ульяновске рядом предприятий, разработан в НПК «Иркут» (сборка самолета будет производиться в Иркутске). [4].

Современное мировое сообщество как многонациональный предел союза всех государств («социо-гражданский мир») динамично скоростью, направлением в сторону единения прежде самостоятельных, разрозненных гражданско-авиационных систем. Это сложный процесс, не лишенный противоречий, но изживая свои прежние индивидуальные ресурсы, понимая необходимость объединения не только в области технологий, но и мировой безопасности осуществления гражданского пилотирования, мировые авиаструктуры принимают активное участие в процессе постепенного объединения своих потенциалов и возможностей. Это происходит на основе их социо-культурного тождества, толерантности, политкорректности,

экономической заинтересованности. Самоценный «оригинал» данного исторического со-бытия в области гражданского пилотирования показателен сотрудничеством мировых авиакомпаний в решении их общих социальных задач (проектов), что становится нормой жизни современного человека, его общего антропологического статуса.

В этих международных масштабах приобретает ведущее значение современная лингвистическая практика в области гражданской авиации. Она изменяется, приобретая черты единого общелингвистического коммуникативного пространства.

Выводы. 1. Гражданская авиация XXI века основывается, реализует такие метафизические, всеобщие черты человека, общества как самодостаточность, самоценность, вариативность, многопрофильность, метафизическую экологичность их существования и культуры. 2. Обеспечивая эти базовые универсальные характеристики, гражданская авиация утверждается в качестве цивилизационного параметра, показателя инновационного качества актуального бытия современного сообщества государств (мира).

Список литературы

1. Авиационный кластер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://aviacapital.ru/avia_klaster/.
2. Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1-21>.
3. Кластер как инструмент оптимизации производственных процессов в авиастроении [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.aviationunion.ru/Files/Zinnurov_prez_19042013.pdf.
4. Соболев Д. А., Якубович Н. В. История русской авиации в фотографиях. 1945–2005. – М. : «Русское авиационное общество» (РУСАВИА), 2005. – 416 с.
5. Фридляндер И. Н. Воспоминания о создании авиакосмической и атомной техники из алюминиевых сплавов. – М. : Наука, 2005. – 275 с.
6. Энгельмейер П. Теория творчества. – М. : Терра, СПб. : Книжный клуб, 2009. – 256 с.

УДК 629.7:378:316

НУЖНЫ ЛИ ВЫПУСКНИКУ АВИАЦИОННОГО ВУЗА СОЦИОГУМАНИТАРНЫЕ ЗНАНИЯ?

Бочков Б. А.

кандидат философских наук, доцент, доцент кафедры гуманитарных и социальных дисциплин Ульяновского института гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, г. Ульяновск.

Проблема острого дефицита подготовленных (именно подготовленных) авиаспециалистов на сегодня остается одной из самых актуальных в гражданской авиации. В научных публикациях, а чаще всего в средствах массовой информации, особо подчеркивается, что это создает серьезное препятствие развитию отечественной гражданской авиации. Называются разные причины кадровых проблем, но чаще всего среди прочих, к сожалению, отмечается отсталая система образования [1, 2].

Предлагаются различные пути решения кадровой проблемы, основными из которых являются следующие:

1) перевод подготовки пилотов для российских авиакомпаний в корпоративные летные школы с сокращенными сроками обучения. По этому пути уже пошли авиакомпании «Аэрофлот» и S7 Airlines («Сибирь»), запустившие собственные проекты по обучению пилотов ГА. Курс обучения стоит \$90–100 тыс., искать которые, например, «Аэрофлот» предлагает самим студентам. Если желающий найдет самостоятельно \$55 тыс., остальные средства авиакомпания сможет предоставить ему в рассрочку при условии заключения 5-летнего трудового контракта [3];¹

2) сокращение сроков подготовки авиаспециалистов, прежде всего пилотов, в учебных заведениях ГА, особенно в системе высшего образования (ВО). В качестве аргумента со ссылкой на зарубежный опыт приводится продолжительность обучения на Западе и, в частности, за счет уменьшения времени, выделяемого учебными программами на изучение дисциплин гуманитарного и социально-экономического (ГСЭ) цикла. «Учить пилота, прежде всего, необходимо тому, – отмечает один из авторов Интернет-портала ato.ru, – что ему потребуется в его профессиональной деятельности, максимально эффективно, не распыляясь

и не отвлекаясь на повышение его общей эрудиции и общеобразовательного уровня» [4];

3) привлечение иностранных пилотов для работы в отечественных компаниях. 21 апреля 2014 года Президент Российской Федерации В. В. Путин подписал Федеральный закон, разрешающий пилотам с иностранными лицензиями управлять гражданскими российскими самолетами;

4) осуществление подготовки пилотов в ныне действующих учебных заведениях ГА, которые ранее подобного рода деятельностью не занимались. Так, с 2018 года планирует начать подготовку пилотов Московский государственный технический университет гражданской авиации (МГТУ ГА). МГТУ ГА станет третьим российским вузом, который, наряду с СПбГУ ГА и УИ ГА имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева, будет готовить пилотов гражданской авиации [5];

5) реформирование действующей системы подготовки специалистов, прежде всего, летных кадров и возможное открытие новых авиационных учебных заведений. Этот путь очень затратный, требующий развитой инфраструктуры для качественного обеспечения учебно-воспитательного и учебно-летного процесса и, что главное – высококвалифицированного летно-инструкторского, инженерно-технического, преподавательского состава, способного на современном уровне обучать курсантов и студентов.

Анализируя данную проблему, пытаюсь найти ее оптимальное решение, специалисты исходят из различных критериев в определении предмета исследования, и по-разному оценивают принимаемые меры.

Так, руководители Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации М.Ю. Смуров и А. Г. Костылев отмечают, что создание корпоративных летных школ «приведет не к повышению качества подготовки пилотов, а к разрушению государственной системы образования в ГА России» [6, с. 55].

По оценкам ряда экспертов снятие ограничений на возможность найма иностранных пилотов становится серьезной причиной для начала развала всей системы по организации авиации и подготовки летных кадров [7].

В контексте проблемы, очерченной названием данной статьи, уместно процитировать мнение руководителя специализированного портала avia.ru Р. Гусарова, с которым вряд ли можно согласиться: «Наши вузы преподают курсантам большое количество параллельных, не связанных никоим образом с летной работой, предметов. Это требование министерства образования. Если человек с высшим образованием, то он должен проходить экономику, философию, много того, чего в жизни ему совершенно не понадобится» [8]. Он же: «...Наше летное образование устарело! За рубежом, чтобы сесть за штурвал, требуется всего лишь 18 месяцев обучения. По сути, современный пилот – это оператор компьютерных систем. А наших пять лет учат философии, инженерным дисциплинам. Зачем?» [7].

Действительно, зачем будущих пилотов и других специалистов ГА учить философии? Зачем драгоценное учебное время, которого в полной мере недостаточно курсантам и студентам для овладения дисциплинами профессионального цикла и приобретения ими необходимых для практической деятельности умений и навыков, тратить на изучение социогуманитарных дисциплин, которые, казалось бы, непосредственно на формирование профессиональных компетенций авиаспециалиста влияния не оказывают?

Подобная постановка вопроса не нова. В постсоветский период, и до, и после присоединения России к Болонскому договору, с началом реформирования отечественного высшего образования и осуществлением мер по внедрению новых государственных стандартов ВПО данная проблема продолжает оставаться дискуссионной.² Но вопрос состоит не в том, включать или не включать в основные образовательные программы цикл ГСЭ дисциплин. Ответ однозначен: включать, поскольку социогуманитарная подготовка позволяет достаточно конструктивно решать задачи общекультурного развития личности молодого специалиста, что полностью отвечает требованиям закона «Об образовании в Российской Федерации» (ст. 69). Кроме того, во все ФГОС ВПО, которые являются основополагающими нормативными документами, цикл ГСЭ дисциплин включен. Это означает, что дискуссии (включать – не включать) здесь не вполне уместны. Речь может идти только о дисциплинах (модулях), включаемых в состав ГСЭ цикла для различных

направлений подготовки специалистов, их дифференциации на базовую и вариативную части, объеме трудоемкости, порядке и сроках изучения, формах контроля знаний обучающихся и т. д.

Однако вполне очевидно, что данный вопрос далеко выходит за рамки узкопрофессиональные. Он затрагивает чрезвычайно важную для российского высшего образования проблему его гуманитаризации. «...без гуманитарных дисциплин, – справедливо замечает профессор МГТУ ГА К. Н. Панферов, – вряд ли возможно получить не только хорошего специалиста-профессионала, но и личность с высоким интеллектом» [9, с. 7].

Но было бы упрощением сводить гуманитаризацию только лишь к задаче расширения информационного содержания социогуманитарных дисциплин по сравнению с другими циклами образовательных программ (математическим, естественнонаучным и профессиональным). Ее миссия состоит в приобщении обучающихся к гуманистическим ценностям и означает создание такой образовательной социальной системы, которая отвечала бы гуманистическим ценностям и идеалам.

Гуманитаризация высшего образования и, прежде всего, технического, к которому относятся большинство направлений подготовки в УИ ГА, порождена реально существующими общественными потребностями в изменении социальных качеств авиаспециалиста. В условиях рыночной экономики авиакомпания ждут от нашего вуза выпускника, обладающего не только глубокими и всесторонними знаниями, но и владеющего умениями и навыками, которые позволяли бы ему с высокой долей ответственности выполнять профессиональные обязанности, предписываемые занимаемой должностью. Но успехи и недостатки молодого специалиста в производственной деятельности во многом определяются и тем, насколько полно преподаватели института сумели сформировать в его сознании современную картину мира, способность понимать и анализировать мировоззренческие, социально и личностно значимые философские проблемы, ориентирующие выпускника института в жизни, помогающие его самосознанию и творческой активизации. То есть, это те характеристики, которые определяют содержание общекультурных компетенций выпускника.

Формируются они, прежде всего, в ходе преподавания гуманитарных и социальных дисциплин.

Процесс гуманитаризации образования применительно к нашему институту – высшему учебному заведению ГА – осуществляется по ряду взаимосвязанных направлений.

1. Расширение перечня социогуманитарных дисциплин для различных направлений и профилей подготовки курсантов и студентов. Здесь важно определить оптимальное соотношение дисциплин базовой и вариативной частей ОП, включая дисциплины по выбору обучающихся. К сожалению, в настоящее время прослеживается тенденция сокращения доли социогуманитарной составляющей ОП. Но дело даже не в самой доле ГСЭ дисциплин в общем объеме трудоемкости – в ее увеличении или уменьшении, и не в количестве закрепленных за кафедрой ГСД дисциплин. Сокращение количества часов на социогуманитарные науки может иметь как плюсы, так и минусы для каждого конкретного направления подготовки. Проблема в определении оптимального объема этой доли и рациональном ее использовании.

Если поставить перед курсантами и студентами вопрос: что для них важнее – дисциплины профессионального или социально-гуманитарного цикла? (кто-то скажет, что такая постановка вопроса не вполне корректна) – ответ несложно предугадать. Лишь немногие из них сами смогут объяснить значимость гуманитарной, общекультурной подготовки для авиаспециалиста. Следовательно, задача преподавателя добиться понимания обучающимися необходимости владения гуманитарными знаниями, их значимости для будущей практической деятельности. В этом случае уместно обратиться и к зарубежному опыту: почему в технических университетах Германии, Швеции, Японии, США количество преподаваемых гуманитарных предметов нередко составляет 25-30%?

Включение гуманитарной составляющей в образовательные программы подготовки пилотов, диспетчеров и др. является следствием общей тенденции интеллектуализации труда авиаспециалистов. Это, по сути дела, – международная практика. В качестве примера сопоставим программы подготовки пилотов в США и РФ, выделив только ее социогуманитарную составляющую (табл. 1).

Таблица 1

Дисциплины социально-гуманитарного профиля, включенные
в программы подготовки пилотов в США и РФ

Подготовка линейного пилота в США [10, с. 59-60]	Подготовка пилота в РФ (на примере УИ ГА)
– история авиации – роль государства в развитии авиации (ИКАО) – воздушное право – основы психологии – культура различных стран мира – введение в логику – основы науки управления – прикладная психология – безопасность полетов Кроме того курсант может выбрать 5-6 факультативных курсов по таким дисциплинам, как языки, география, культура стран мира, международные отношения, история экономической мысли. Программа подготовки линейных пилотов, рассчитанная на 8 семестров, призвана обеспечить: – безопасность полетов; – рентабельность перевозок; – профессиональное мастерство; – высокий психологический настрой.	– история – философия – английский язык – правоведение – экономика – психология и педагогика – социология – русский язык и культура речи – культурология – логика – эффективность речевого взаимодействия – история ГА³ Программы подготовки разработаны в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлениям 162001.65 (25.05.05) «Эксплуатация воздушных судов и организации воздушного движения», 161000.62 (25.03.03) «Аэронавигация» (Профиль 1. Летная эксплуатация гражданских воздушных судов) и рассчитаны на 10 и 8 семестров – соответственно для специалитета и бакалавриата.

2. Обеспечение взаимопроникновения гуманитарного и негуманитарного знания. Реализация данного направления предполагает обучение будущих специалистов ГА решению научно-технических проблем на стыке естественнонаучной, собственно технической и гуманитарной сфер. Без тесного межкафедрального взаимодействия, вектор которого определяется кафедрой ГСД, решение подобной проблемы невозможно. Координирует всю деятельность кафедр по данному направлению учебно-методический совет института.

3. Обеспечение, как на кафедральном, так и на межкафедральном уровнях, междисциплинарности в обучении курсантов и студентов. Согласно ФГОС ВПО результатом высшего образования сегодня становятся сформированные у выпускника вуза общекультурные, профессиональные и специально-профессиональные компетенции, которые определяют его готовность к выполнению профессиональных обязанностей. Компетентностный подход и для нашего института стал концептуальным ядром ОП по всем направлениям, специализациям и профилям подготовки. Его внедрение с необходимостью потребовало от преподавателей института (и не только кафедры ГСД) выделения тех учебных дисциплин базовой и вариативной частей ОП, в процессе преподавания которых формируются соответствующие общекультурные компетенции. Взаимные связи между этими дисциплинами наиболее полно обеспечивают последовательность и преемственность в формировании общекультурных компетенций, что позволяет отслеживать процесс их формирования на протяжении всего периода обучения курсантов и студентов в институте.

4. Обеспечение возможности получения наиболее успешно обучающимся курсантам института параллельно с первой второй специальности. До недавнего времени будущие пилоты, авиадиспетчеры, спасатели и др. получали второе высшее образование по направлению «Менеджмент». То есть, часть курсантов представляла к защите две выпускные квалификационные работы по разным направлениям подготовки. Однако, практика показала, что нагрузка на курсантов, обучающихся по этой форме, резко возрастала и не все из них могли своевременно отработать учебный план, что негативно сказывалось на результатах учебы по основной специальности. В настоящее время в институте ведется работа по совершенствованию, оптимизации и дальнейшему развитию подобной формы обучения.

5. Усиление подготовки курсантов в правовой, языковой (плюс авиационный английский язык), экологической, эргономической областях, и что самое важное – в области авиационной безопасности и безопасности полетов. Необходимость акцентирования внимания профессорско-преподавательского состава на этих проблемах диктуется, в конечном счете, интересами учета человеческого фактора при обеспечении безопасности полетов, профессиональной надежности и работоспособности наших выпускников. Кафедра ГСД выделяет свой аспект решения этой чрезвычайно ответственной задачи [11].

6. Создание в институте гуманитарной среды – одного из неперенных условий эффективного функционирования нашего вуза. Реализуется данное направление усилиями всех кафедр и подразделений института, организационно-воспитательного отдела посредством комплексного подхода к решению целого ряда взаимосвязанных задач. Главные из них:

- совершенствование учебного процесса за счет использования инновационных образовательных технологий;
- организация быта, досуга, отдыха курсантов;
- развитие научно-технического и художественного творчества;
- развитие физической культуры и спорта;
- формирование здорового образа жизни;
- создание благоприятного социально-психологического климата, атмосферы доверия и творчества;
- изменение взаимоотношений в системах «преподаватель – курсант» и «курсант – преподаватель» на основе последовательного перехода от ставших сегодня анахронизмом авторитарных методов общения к свободному партнерству и сотрудничеству.

7. Внедрение элементов личностно-ориентированного обучения, нацеливание его на развитие природных, индивидуальных особенностей курсантов и студентов, создание условий для раскрытия субъективного опыта каждого из них. При таком подходе, получившим наименование «студентоцентрированность», приоритетным становится признание обучающегося главной действующей фигурой образовательного процесса. Реализация этого направления способствует осуществлению на практике требования ФГОС ВПО об обязанности вуза по формированию социокультурной среды, созданию условий, необходимых для всестороннего развития личности.

В заключение сделаем несколько выводов.

Значимость гуманитарной подготовки современных авиаспециалистов существенно возрастает в связи с высокими требованиями к уровню их интеллектуального развития и креативного мышления, которые оказывают самое непосредственное влияние на формирование профессиональных и специально-профессиональных компетенций. Следовательно, вопросы преподавания социогуманитарных дисциплин в институте всегда будут предметом повышенного внимания, как со стороны руководства, так и профессорско-преподавательского состава.

Эффективность преподавания социогуманитарных дисциплин обеспечивается не их количеством и долей в общем объеме трудоемкости учебной нагрузки обучающихся (больше-меньше), а изменениями в технологии преподавания. Используя современные приемы обучения, преподаватель за один академический час может дать обучающимся больше, чем за 2-3 малоэффективных часа. Отсюда приобретают особую актуальность использование преподавателями инновационных образовательных технологий.

Реализация возможностей по обеспечению гуманитаризации образовательного процесса в институте обеспечивается не только посредством преподавания дисциплин ГСЭ цикла, а рациональной организацией всей учебно-научной, учебно-летней и воспитательной деятельности.

УИ ГА имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева является государственным бюджетным образовательным учреждением ВО. В его стенах будущий авиаспециалист получает, и образование, и профессию. Учебный процесс организуется в соответствии с утвержденными стандартами. Большая часть курсантов обучается на бюджетные средства. И если авиакомпании (как частные, так и с государственным участием), являющиеся потенциальными работодателями, заинтересованы видеть своих специалистов из числа наших выпускников первоклассно подготовленными, то они должны в последующем серьезно заниматься вопросами их профессионального роста, выделяя на это необходимые средства. Всякого рода ссылки на зарубежный опыт подготовки авиаспециалистов, пилотов в особенности и в сокращенные сроки, несостоятельны. Принципиальное отличие западной и нашей систем подготовки пилотов состоит в том, что там занимаются преимущественно профессиональной подготовкой специалиста, а мы, кроме того, еще и его образованием – различие в качестве, стоимости и продолжительности обучения.

Список литературы

1. Дефицит пилотов гражданской авиации. Исследование Superjob и AviationCV.com – Режим доступа: <http://www.aviasg.com/ru/press-release/deficit-pilotov-grazhdanskoj-aviacii-issledovan>. – Загл. с экрана.
2. Синицкий, А. Дефицит пилотов будет нарастать / А. Синицкий, Е. Сороковая. – Режим доступа: <http://www.ato.ru/content/deficit-pilotov-budet-narastat>. – Загл. с экрана.
3. «Аэрофлот» приглашает студентов, способных найти \$55 тыс. – Режим доступа: <http://izvestia.ru/news/515382>. – Заглавие с экрана.
4. Яковлев, А. Совершенствование системы первоначальной подготовки пилотов в России / А. Яковлев. – Режим доступа: <http://www.ato.ru/content/sovershenstvovanie-sistemy-pervonachalnoy-podgotovki-pilotov>. – Загл. с экрана.
5. МГТУ ГА возьмется за подготовку пилотов гражданской авиации. – Режим доступа: <http://www.ato.ru/content/mgtu-ga-vozmetsya-za-podgotovku-pilotov-grazhdanskoj-aviacii/> – Загл. с экрана.
6. Смуров, М. Ю. Система подготовки пилотов гражданской авиации в Российской Федерации / М. Ю. Смуров, А. Г. Костылев // Наука и транспорт. Гражданская авиация. – 2013. – № 3 (7). – С. 51-55.
7. Минаев, Д. Гастарбайтер в полете / Д. Минаев. – Режим доступа: <http://www.sim-k.ru/2014/03/15/gastarbajter-v-polete/> – Загл. с экрана.
8. Гусаров, Р.В. Пилоты будут учиться по ускоренной программе / А. Гусаров. – Режим доступа: http://radiovesti.ru/article/show/article_id/21826. – Загл. с экрана.
9. Панферов К. Н. После вуза важно не кем ты стал, а каким // Научный вестник МГТУ ГА. – 2013. – № 191 (5). – С. 7-12.
10. Ошибки пилота: человеческий фактор / пер. с англ. А. С. Щербова. – М. : Транспорт, 1986. – 262 с.
11. Бочков, Б. А. К вопросу о роли социально-гуманитарных наук в системе подготовки будущих авиаспециалистов в области человеческого фактора / Б. А. Бочков // Современные проблемы и перспективы развития гуманитарных, технических, общественных, естественных наук и промышленной безопасности : сборник научных статей по итогам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 16-17 октября 2014 года, Санкт-Петербург. – СПб. : Издательство «КульТИнформПресс», 2014. – С. 33-38.

¹ Для сравнения: в Европе и США действует трехступенчатая система подготовки, которую оплачивают сами студенты, беря обычно кредит. Сначала студент получает удостоверение пилота-любителя (PPL), которое обойдется в \$4-6 тыс., потом – коммерческого пилота (CPL, 40 тыс.) и, наконец, – линейного пилота гражданской авиации (ATPL, 60 тыс.). <http://www.zagranitsa.info/article.php?idart=54402&new=544>.

² По проблеме, особенно в связи с внедрением компетентностно-ориентированной модели ВПО, опубликовано и продолжает публиковаться большое количество дискуссионных материалов. Достаточно сослаться на публикации журналов *Alma mater* («Вестник высшей школы»), «Высшее образование сегодня», «Высшее образование в России», газет «Поиск», «Троицкий вариант – наука» и др. В дискуссии активное участие приняли ученые авиационных вузов РФ. Вопросы гуманитаризации образования не могли не коснуться и подготовки кадров высшей квалификации. Немало мнений, порой диаметрально противоположных, было высказано по вопросу сохранения вступительного экзамена в аспирантуру по философии и замены кандидатского экзамена по философии на экзамен по дисциплине «История и философия науки».

³ Новыми учебными планами института изучение дисциплины «История ГА» будущими пилотами и авиадиспетчерами, к сожалению, не предусмотрено. Отдельные вопросы истории ГА по ООП для пилотов рассматриваются при изучении дисциплины «Введение в специальность».

УДК 316.75

РИСКИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

Рассади́на Т. А.

доктор социологических наук, доцент, профессор кафедры гуманитарных и социальных дисциплин УИГА, Ульяновск

В условиях ускорения социального времени, глобализации мирового пространства, открытости, неустойчивости и неравновесности социальных систем, нелинейности и непредсказуемости социальных изменений разнообразие и количество угрожающих человечеству опасностей неуклонно

растет, современное общество определяется как общество риска. Риск – универсальное явление. Формируется культура риска. Постоянные, трудно прогнозируемые ситуации риска превращают повседневную жизнь человека в процесс их постоянной калькуляции. Как блестяще показал У. Бек [1], модерн производит не только новые риски, но и новые рефлексивные способности, позволяющие минимизировать данные риски. В таком обществе сознание определяет бытие. Рефлексивность способствует росту субъектных факторов, самоорганизации, саморегуляции социального поведения, рационализации всех сфер жизнедеятельности. Вместе с тем, указывал Э. Гидденс, осмысление риска не может быть полным, возможны непредвиденные и неожиданные исходы [2]. Н. Луман убежден, что современное рисковое поведение вообще не вписывается в схему рационального/иррационального [3]. Социальная неопределенность находит свое выражение в социокультурных механизмах социальной регуляции: доминанте первичных потребностей; приоритете узко прагматических интересов, соображений выигрыша, выгоды, пользы; ценностной неопределенности, переходом от одной системы ценностей к другой, последующей дезинтеграции, росте недоверия [4]. В зарубежной и российской науке сложилась определенная теоретико-методологическая база исследования рисков (Д. Белл, У. Бек, Э. Гидденс, М. Дуглас, С. Лаш, Н. Луман, Дж. Ритцер; А. П. Альгин, В. В. Витлинский, В. В. Гришаев, В. И. Зубков, Ю. А. Зубок, С. А. Кравченко, С. А. Красиков, А. В. Мозговая, С. М. Никитин, Н. Л. Смакотина, К. А. Феофанов, О. Н. Яницкий и др.). Успешная работа научного сообщества и российского общества в целом над минимизацией наиболее одиозных форм риска и угроз безопасности, очевидно, потребует десятилетий. Ряд проблем пока не получил своего должного научного исследования. К таковым относятся проблемы, связанные с изучением человека, социокультурных изменений под влиянием фактора риска, в том числе в системе высшего образования. Между тем, в структуре потребностей человека образование прочно удерживается на втором месте. Духовные процессы имеют значение, их понимание является важным для науки и общества.

Риск в любой сфере связан со средовыми условиями, с деятельностью акторов, которые находятся в ситуации неизбежного выбора, имеют возможность оценить вероятность достижения предполагаемого результата, неудачи и отклонения от цели. Роль выбора как социального феномена

сегодня велика как никогда. Он становится постоянной и тотальной необходимостью, ключевой характеристикой деятельности человека в условиях рынка, развивающейся демократии, плюрализации жизненных миров. Профессиональный выбор всегда был значимым фактором жизненного успеха. В современном обществе «прикрепление» молодых людей к профессии и обретение профессиональной идентичности становятся все более проблематичными. И это не только личные проблемы. Выбор всегда был и будет своего рода критическим событием; он подразумевает наличие альтернатив, возможных для реализации; моделирует ситуацию бифуркации, которая может дать непредсказуемые результаты [5]. Профессиональный выбор определяет источники жизнеобеспечения, является важнейшей предпосылкой экономической самостоятельности и независимости человека, статусного роста, самореализации. Отсюда – повышенная тревожность по поводу возможной ошибки и неудачного старта в профессиональной сфере. В условиях отсутствия планомерной профориентационной работы, коллективной социальной защиты, расширения пространства для самостоятельного конструирования биографий профессиональный выбор молодежи становится нелинейным, спонтанным, краткосрочным, динамичным, с высокой степенью дифференциации, индивидуализации. Наблюдается его высокая рациональность, прагматизация и, вместе с тем, интуитивность. После школы «выбор профессии» во многом подменяется выбором путей дальнейшего обучения, будущего образа жизни, но не профессионального призвания. Как показывают исследования, с выбором профессии определяется только каждый второй выпускник школы. Зачастую выбирают престижные вузы и специальности, ориентируясь на высокий социальный статус и материальное благополучие, которые они предполагают. Выбор основывается в большей степени на предпочтениях и в меньшей степени учитывает ограничения выбирающих [6]. Собственно профессиональный выбор происходит зачастую гораздо позже. Ориентация учащихся не на собственные склонности, потребности и интересы приводит к разочарованию и ошибкам, стремлению переложить тяжесть выбора на плечи других, на ситуацию в обществе и т. п. Ценностные представления о значимости образования, карьеры, престиже профессий, которые формируются семьей, СМИ зачастую разрушаются уже на выходе из системы образования, когда полученная престижная профессия оказывается не востребованной на рынке труда. Количество желающих обучаться в вузах свидетельствует о высоком

социальном статусе высшего образования. Оно – обязательная составляющая планов большинства старшеклассников, своего рода гарантия успешного устройства в жизни. В самом феномене «высшее профессиональное образование» делается акцент на высшее. Такое (высшее, превосходное) быть всеобщим, массовым не может, не должно. Необходимые для него компетенции у учащихся далеко не всегда сформированы. После введения ЕГЭ у школьников появился ряд ранее отсутствующих возможностей: подавать документы не только в несколько вузов, но и на несколько специальностей, что снижает четкость выбора профессии, лишает вузы возможности более критично относиться к уровню школьного образования у абитуриентов; при невозможности набрать необходимое количество баллов для поступления в вуз на бюджетной основе, можно поступать на платную и пр. Соответственно, формируется представление, что для поступления в вуз уровень знаний не столь важен. Немало проблем в профессиональной подготовке и закреплении в профессии в вузе. Все четче проявляется депрофессионализация. Современное общество и рынок труда требуют от выпускника гибкости и мобильности в процессе самоопределения. Вуз по-прежнему во многом отстает от требований рынка труда. Молодежь оказывается в ситуации профессионального выбора неоднократно, в ситуации повторного, «отложенного выбора». С целью минимизации рисков при выходе выпускника на рынок труда стала распространенной подготовка специалистов «широкого» профиля, происходит переход от монопрофессионализма к полипрофессионализму. Уже за 4-5 лет учебы в вузе многие успевают получить не один диплом. Растет уровень профессиональной мобильности. Выпускники все в большей степени реализуют нелинейные и прагматически ориентированные стратегии карьеры. Отсутствует образ профессионала как носителя не только четких профессиональных, но и личностных качеств, что размывает представления о самой профессии, о функциях ее носителя. Неустойчивая социальная и индивидуальная идентичность становится нормой, гибкость возводится в ранг культурного эталона, показателя адаптивности. Одновременно – это условия распространения субъективной дезориентации, дестабилизации системы знаний и ценностей, отмирания единого субъективного мира, что происходит болезненно. В последние десятилетия в России наблюдался, с одной стороны, рост приема в вузы. С другой стороны, большое количество выпускников не находит работу по специальности. Многие и не пытаются ее найти,

предпочитают трудоустраиваться исходя из уровня оплаты труда. Вуз рассматривается молодежью как средство реализации социально-статусных претензий, а диплом – как «пропуск» в определенную социально-профессиональную группу. Диплом необходим в любом случае, даже если не собираются работать по специальности. Хотя потребительское и прагматичное отношение к получению высшего образования не означает, что молодые люди не желают получить качественное образование и стать хорошими специалистами в своей области. Есть проблемы с практической ориентированностью работы самого вуза. Для большинства работодателей наличие диплома о высшем образовании при приеме на работу стало обязательным, даже если диплом не соответствует характеру работы специальностью и квалификацией. Ни одна профессия сегодня не может гарантировать дальнейшее трудоустройство для выпускника вуза. Отношение к труду и профессии становится все более инструментальным. Престиж ассоциируется с заработком. Ориентации на долг, служение людям ушли. Конечно, эту мотивацию студенчества нельзя оценивать однозначно, тем более – негативно. А вот с тем, что ценности самовыражения и самореализации в профессии вытесняются, нравственные регуляторы жизненных стратегий молодежи находятся в периферийном положении, согласиться нельзя. В будущем социум еще острее столкнется с этими следствиями. Возникают новые способы самоорганизации, как-то постфордизм, макдональдизация, играизация, подробно описанные в теоретической социологии. Способствуя до некоторой степени минимизации неопределенности, подобные гибридные типы рациональности выполняют свои функции. Новая рациональность становится иррациональной, проявляется в отчуждении человеческого разума, дегуманизации отношений, что ведет к непредвиденным последствиям. Так, например, влияние постфордизма прослеживается в репетиторстве при поступлении в вузы. Оно стало формой рационализации жизненных ситуаций и преподавателей, и абитуриентов в условиях растущей неопределенности в данной сфере. Репетиторство было и раньше. Но в потребительском обществе изменился характер отношений обмена услугами между репетитором и абитуриентом. Неопределенность, связанная с меняющимися правилами поступления в учебные учреждения и критериями оценки знаний, вызвала потребность в более эффективных методиках преподавания (зачастую просто в «натаскивании»). Современный абитуриент заинтересован в знаниях, гарантирующих

поступление в определенный вуз, за что готов платить. Расширение услуг на рынке репетиторства сопровождается повышением инновационного потенциала репетиторов нового типа. Подобные практики основаны на принципах эффективности (оптимальное продвижение услуги), калькулируемости (расчет количественных показателей, которые становятся символами качества), предсказуемости, контроля (макдональдизация). Расширяются институциональные возможности плюралистического выбора жизненных стратегий через ослабление «привязанности» молодых людей к определенному месту или социальной позиции, характерной для недавнего прошлого. Трудности в реальных перемещениях в социальном пространстве сегодня могут преодолеваются игровым изменением положения – от учебы «понарошку» в системе дистанционного образования до покупки диплома. Подобные симуляции, играизированные практики не способны целенаправленно влиять на расширенное воспроизводство уровня образования в стране, но вполне пригодны для смягчения социальных последствий многих противоречий на индивидуальном уровне. Нередко играизация происходит в учебном процессе, когда сводится до минимума уровень требований, имитируется некий «порядок, порожденный из хаоса», вызванного состоянием неопределенности в сфере образования. Низкие зарплаты преподавателей; постоянная угроза сокращения; недостаток квалифицированных кадров; отсутствие мотивации молодежи на работу в вузах, возможности взять на работу молодых (чаще всего «неостепененных»), вырастить их; отсутствие средств на хозяйственные нужды и многое другое служит оправданием снижения требований к учащимся.

Молодые люди, безусловно, имеют широкий и вполне свободный доступ к информации, необходимой для жизненной ориентации. Это, безусловно, ценно, просто замечательно. Однако в самом образовании «презентационная» парадигма вытесняет «чтениевую»; растут информированность и фрагментарность знания, есть проблемы с формированием системы знаний. Место книги теперь занимает компьютер, которым молодежь в целом владеет лучше, чем интеллектуалы старшего поколения. В Интернете читаются, увы, не книги. Вместе с начитанностью исчезает ряд критически важных компетенций, в первую очередь, связанных с грамотностью и нарративной рациональностью. Умение последовательно и понятно излагать свои мысли ныне стало редкостью даже среди учащихся элитных учебных заведений. Высокие и быстро формирующиеся притязания и

амбиции, избыток информации или некоторых знаний (или ощущение такового; предзнание) порождают недостаток желаний, избыток желаний – недостаток умений. Формируемая мотивация не подкрепляется умениями, работоспособностью, волей, наконец, пониманием, что без труда невозможно достичь результата. Телекоммуникации (визуальные и аудиальные) стали для студентов инструментарием для прохождения разных видов аттестаций, что делает процесс образования просто бессмысленным. Последствия этих тенденций нам еще только предстоит осмыслить и оценить. Не отрицая необходимости упорядочивания учебного процесса, его планирования, осмысления и закрепления в форме различных документов, следует указать на имитирующие деятельности, лжедеятельности, связанные с бумаго-творчеством и ставшие зачастую первостепенными критериями работы вузов, включая подтверждение их эффективности. Происходит очевидная симуляция деятельности за счет создания виртуальной реальности в виде бесконечного количества документов, для преподавателей – рабочих программ дисциплины, прежде всего. Отсутствие (незнание, недоведение до преподавателей) четко прописанных шаблонов документов, работа методом проб и ошибок, вероятно, отсутствие инструктирующих и консультирующих функций вышестоящих организаций; работа в авральном режиме; сборы подписей в разных инстанциях (синоним – заверено, допущено, разрешено), «дискуссии» в библиотеках о включении в программу списка литературы, необходимой для освоения дисциплины студентами; детальная проработка фондов оценочных средств без наличия реального содержания Государственных образовательных стандартов, т. е. содержания образования (для вузов это просто огромная проблема, которая озвучена как осознанная федеральными властями только в этом году); бесконечные корректировки отдельных шаблонных фраз, слов и прочее, прочее – создают симулякры, не имеющие ничего общего с подлинной профессиональной деятельностью преподавателей, задают бессмысленность этой активности. Специалистам в области социальных наук хорошо известно, бюрократизация с неизбежностью ведет к деградации структур, гибели социальных институтов. Центральной фигурой в вузе становится не преподаватель, профессор, а менеджер, чиновник, клерк. Главные их функции – контрольно-оценочные, далеко не связанные с организацией условий для работы преподавателей. Все это усиливает авторитаризм, недоверие, размывает институт авторитета высшей школы, науки. Интенсивный внешний ПР – не может и не должен заменять

постоянной добросовестной квалифицированной работы специалистов. Сохранение и воспроизводство авторитета преподавателей как носителей знаний, исследовательских практик, другого бесценного опыта – это вопрос сохранения и воспроизводства высшей школы, духовного воспроизводства вообще. Заслуживает отдельного анализа проблема социально-гуманитарной компоненты в техническом (инженерном) образовании. Многие считают ее «непрофилирующей», вроде бы и не совсем обязательной. При обсуждении путей модернизации инженерного образования вопросы, связанные с преподаванием социально-гуманитарных дисциплин, обычно обходят. Решение вопросов оптимизации разнообразных ресурсов высшей школы, изыскания дополнительных финансов, пересмотра учебных планов, оптимизации кадрового состава (читай, сокращения) идет, прежде всего, за счет часов, отводимых на изучение предметов социально-гуманитарного цикла, при чем происходит это исходя из исключительно субъективных соображений чиновников от образования любого уровня. Этот подход, увы, распространенный, но в мировой практике не единственный [7]. Например, в престижном Массачусетском технологическом институте (MIT) гуманитарная подготовка осуществляется по 19 отраслям науки, включая антропологию, историю, философию, литературу, музыку, экономику, лингвистику, глобалистику, сравнительное изучение медиа, политическую науку и некоторые междисциплинарные направления, такие как русистика и американистика, театроведение, изучение азиатских обществ и диаспор и др. Каждый студент за время обучения должен пройти минимум 8 курсов гуманитарного и социального профиля, вплоть до приобретения «мини-специализации»). Такая подготовка рассматривается как обязательная; в совокупности составляет не менее четверти его учебного времени (для сравнения: в российских технических университетах доля социальных и гуманитарных дисциплин в общем бюджете учебного времени примерно в два раза меньше). Аналогичные развернутые подходы реализуют ведущие технологические институты и университеты США (Стэнфорд, Калифорнийский технологический институт (Калтек), Пеннсильванский университет и ряд др.). Наряду с подготовкой профессионалов высокого класса, есть понимание необходимости готовить кадры для мировой технологической элиты, способной участвовать в глобальном управлении и решать не только относительно локальные, но и «мировые» задачи – задачи, стоящие перед всем человечеством и определяющие его исторические перспективы.

Лишь в 1990-е годы во многих российских вузах стали поощрять включение в учебные планы тематически разнообразных спецкурсов и спецсеминаров, однако в дальнейшем эта практика не получила развития из-за целого ряда организационных и финансовых трудностей. В последнее же время в постановке социально-гуманитарного образования стали проявляться минималистские тенденции, что вселяет определенные опасения по поводу способности России участвовать в процессе воспроизводства глобальной элиты. Социально-гуманитарная компонента с необходимостью должна быть представлена всеми основными дисциплинами. Под ними сегодня имеются в виду не только традиционные философия и история отечества, с вполне устоявшимся едва ли ни с советских времен содержанием, но и появившиеся в новейшую историю социология, политология, правоведение, культурология, приобретающие статус классических наук для получения базовой системы социально-гуманитарного знания. Изначально под них должны быть предложены адекватные компетенции в Государственных образовательных стандартах новых поколений; их выбор не должен быть субъективным выбором чиновников вузов. Вместе с тем, нельзя умолчать и о некоторых проблемах собственно гуманитарного образования. С одной стороны, есть неясное понимание необходимости гуманитарного знания, своего рода непопулярность. Гуманитарная интеллигенция – это рефлексизирующие личности, которые не упрощают, а создают когнитивно сложное знание. Во многом знании – многое печали. Этнос гуманитария не ориентирует на прагматизм, слабо способствует материальному достатку. Все это очень интересно, но слабо помогает жить в современном мире. Отказ от такого знания происходит лавинообразно. С другой стороны, следует отметить отсутствие новых образовательных стратегий в этой области, с сомнительным технологическим обеспечением. Так, залегитимированная бально-рейтинговая система оценок, тестирование, возводимые на уровне итоговых требований в абсолют в недостаточной мере ориентируют на целостное и критическое осмысление информации, ориентируют не на воспроизведение, а на ее узнавание, что является в социально-гуманитарных дисциплинах дисфункциональным. Это осознают и сами обучающиеся. Невостребованность социально-гуманитарного знания и специалистов этого профиля диктуется рынком. Властью провозглашается новая ценностная парадигма в образовании, определяющая общественную систему ценностей, новую социальную структуру, стратификацию, новое неравенство. На конце

этой цепи – человек со своими склонностями, способностями, интересами, судьбой. По сути провозглашается амелиоризм – один из принципов классической модернизационной теории, которая предполагала условием успеха модернизации полную перестройку «старого» традиционного человека и его отношения к себе и социуму. Иными словами, легитимируется право на очередную «ломку» человека. Зачастую уже в самом начале обучения некоторые студенты технических вузов с сожалением признаются о предпочтении предметов социально-гуманитарного цикла и желании с ними связать свою профессию. Но следуя предостережениям родителей («А где ты будешь работать?»), продолжают изучать поистине постылые дисциплины, приобретать далекие и непонятные специальности. К аналогичному результату приводят ситуации, когда молодым людям приходится выбирать между привлекательной для себя специальностью и платным обучением и обучением на любой специальности, но на бюджетной основе. Известно, на бюджетные места конкурс вырос в разы, а они отражают технократическую тенденцию политики в области образования. Сегодня с уверенностью можно сказать только одно: в условиях рыночных отношений преодоление возникающих противоречий в системе образования вряд ли возможно путем централизованного планирования и силового регулирования. Система доминирующих ценностей гуманитариев, которую они, безусловно, транслируют, далеко не всегда релевантна по отношению к ценностям общества, происходит их реификация. Нельзя не признать, что социально-гуманитарное знание не дает сиюминутной выгоды. Но оно снимает шоры сознания, способствуют повышению адекватности социального познания, формированию неплоских знаний, зрелых, с глубокой внутренней культурой, с низким уровнем конформизма личностей, ярких индивидуальностей, имеющих смелость становиться подлинными членами гражданского общества. Полагаю, что уже сейчас страна испытывает дефицит такого рода человеческого капитала во всех сферах. Важно жить здесь и теперь, и быть в актуальной жизни успешным, но важно иметь мечту и идеалы. Именно они дают возможность прорасти сквозь собственные рамки, развиваться. Это одно из важных условий качественного Образования в смысле (Образ-ваяния) личности. Эти ментальные, культурные составляющие, пропитывающие все аспекты социальной жизни, имеют значение. Они справедливо оцениваются как серьезная материальная сила общественного развития, от которой зависит успех—неуспех модернизации.

Список литературы

1. Бек, У. Общество риска. На пути к другому модерну / У. Бек. – М. : Прогресс-Традиция, 2000. – 384 с.
2. Гидденс, Э. Судьба, риск и безопасность / Э. Гидденс // THESIS. – 1994. – С. 107–134; Гидденс, Э. Ускользающий мир. Как глобализация меняет нашу жизнь / Э. Гидденс. – М. : Весь мир, 2004. – 120 с.
3. Луман, Н. Понятие риска / Н. Луман // Thesis. – 1994. – Вып 5. – С. 135–160.
4. Рассадина, Т. А., Миронова, Н. А. Доверие власти в условиях «общества риска» (на примере российских провинциальных городов) / Т. А. Рассадина, Н. А. Миронова // Власть – 2011. - № 7. – С. 105-108; Рассадина, Т. А. Доверие к средствам массовой информации в условиях «общества риска» (на примере российских провинциальных городов) / Т. А. Рассадина // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. – 2012. - № 1. - С. 61-70; Рассадина, Т. А. Человек в условиях «общества риска»: социологические этюды о российской провинции / Т. А. Рассадина. – Ульяновск : УлГУ, 2012. – 204 с.; Рассадина, Т. А. Россияне в условиях «общества риска». Эмоциональный и ценностный аспекты / Т. А. Рассадина // Социологические исследования. – 2013. – № 11. – С. 84-93.
5. Рассадина, Т. А. Профессиональный выбор молодежи как индикатор институциональных проблем в системе школа – вуз – рынок труда / Т. А. Рассадина // Социально-гуманитарные знания. – 2014. - № 2. – С. 295-302.
6. Константиновский, Д. Л. Образование и жизненные траектории молодежи: 1998 -2008 годы / Д. Л. Константиновский, Е. Д. Вознесенская, Г. А. Чередниченко, Ф. А. Хохлушкина. – М. : ЦСПиМ, 2011. – 296 с.; Чередниченко, Г. А. Образовательные траектории и профессиональные карьеры (на материалах социологических исследований молодежи) / Г. А. Чередниченко. – М. : ИС РАН, 2012. – 332 с.; Профессиональные стратегии и ценностные ориентации молодежи в условиях экономического кризиса: информ.-аналит. отчет / под ред. Ю. Р. Вишневого, Л. Н. Банниковой, М. В. Певной. – Екатеринбург : УрФУ, 2010. – 194 с. и др.
7. Андреев, А. Л. О модернизации образования в России. Историко-социологический анализ / А. Л. Андреев // Социологические исследования. – 2011. - № 9. - С. 111 – 120; Прохоров В.А. Некоторые вопросы модернизации инженерного образования // Высшее образование в России. – 2013. – № 10. – С. 13–18.

УДК 94

КОНСТРУКТОРСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ А. Н. ТУПОЛЕВА В 1920-е ГОДЫ В ОЦЕНКАХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ

Судаков М. А.

к.ист.н., доцент кафедры ГСД ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева», г. Ульяновск.

Новаторская деятельность выдающегося советского авиаконструктора А. Н. Туполева на протяжении многих лет привлекает пристальное внимание историков авиации и инженеров. Бесценный опыт, накопленный Андреем Николаевичем, во многом остается ориентиром и для конструкторов последующих поколений.

В статье предпринята попытка анализа литературы, проливающей свет на ранний этап инженерного творчества А. Н. Туполева (1920-е годы). Автор поставил своей целью проследить эволюцию исследований, посвященных указанной теме.

В справочнике прославленного авиаконструктора и историка авиации В. Б. Шаврова [1], которое до сих пор не утратило своей научной ценности, определенное место занимает и анализ конструкторской деятельности А. Н. Туполева на заре его карьеры. Достаточно краткая информация (обусловленная характером издания) сопровождается выявлением как сильных, так и слабых сторон конструкций отдельных летательных аппаратов.

В книге доктора технических наук, лауреата Государственной премии А. Н. Пономарева [2] одна из глав посвящена жизни и деятельности А. Н. Туполева. Автор выявляет факторы, определившие успешность конструкторской деятельности А. Н. Туполева, приступившего в 1920-е гг. к созданию самолетов. Во-первых, показана роль «отца русской авиации» Н. Е. Жуковского, оказавшего большое влияние на юного Андрея. Во-вторых, отмечена серьезная подготовительная работа А. Н. Туполева. На заре своей карьеры конструктора он занимался постройкой глиссеров и аэросаней, и только позднее перешел к проектированию самолетов. Кроме того, Андрей Николаевич придавал огромное значение созданию специальной металлургической базы, которая позволила бы строить самолеты из металла (речь идет о Кольчугинском заводе).

Автор показывает также эволюцию самолетов А. Н. Туполева на протяжении 1920-х годов, выделяя наиболее примечательные творения

инженерной мысли конструктора. А.Н. Пономарев полагает, что создание АНТ-1 и АНТ-2 относятся к «детству» и «отрочеству» туполевского конструкторского бюро, тогда как постройка первого серийного советского цельнометаллического самолета – полутороплана АНТ-3 – знаменует начало нового этапа в истории инженерной мысли. Характеризуя АНТ-4, автор отмечает любопытные особенности его создания. В СССР было решено отказаться от услуг английских специалистов, запросивших весьма солидную сумму денег и предполагавших работать над созданием самолета в течение двух лет. В нашей стране эта крылатая машина была создана за девять месяцев и при более скромном финансировании проекта. Особо отмечается полет на самолете «Страна Советов» типа АНТ-4 в 1929 г. (пилот А. С. Шестаков с экипажем), в результате которого была доказана возможность беспересадочного достижения территории США [2, с. 26]. Самолет АНТ-9 «Крылья Советов», созданный в рекордно короткий срок (четыре с половиной месяца), получил известность благодаря полету М. М. Громова по европейским столицам в том же 1929 году. Наконец, автор останавливается на летно-тактических данных другого прославленного самолета – АНТ-6 (ТБ-3). Этот тяжелый бомбардировщик, впервые поднявшийся в воздух в 1930 г., заметно превосходил зарубежные аналоги [2, с. 27].

Исследование П. Даффи и А. И. Кандалова [3] отличается фундаментальностью. Выделяются основные вехи истории конструкторского бюро под руководством А. Н. Туполева, а также приводятся характеристики многочисленных самолетов, начиная с АНТ-1. Изучая историю КБ, авторы отмечают кропотливую работу А.Н. Туполева по созданию азросаней и быстроходного катера. Эта деятельность позволила конструктору получить ценный опыт, который впоследствии пригодился при проектировании первого самолета. Авторы высоко оценивают результаты командировок конструктора за границу. Так, первая его заграничная деловая поездка (Германия и Франция, 1925 г.) позволила ознакомиться с опытом борьбы с коррозией в авиапроме. В конечном итоге у А. Н. Туполева созрело убеждение в том, что для России оптимальным должен стать метод анодирования, который к тому времени получил распространение в Великобритании [3, с. 13]. Крупным достижением авторы считают также создание в рамках ЦАГИ в 1924 г. экспериментальной базы. Это было продиктовано необходимостью отработки новых технических решений на испытательных машинах [3, с. 14].

Д. А. Соболев на страницах своего исследования [4] изучает деятельность А. Н. Туполева в контексте развития мировой инженерной мысли.

Интересным представляется вывод автора относительно раннего этапа развития советского металлического самолетостроения. Д. А. Соболев отмечает, что отечественные конструкторы в определенной степени учитывали опыт немецких инженеров, трудившихся в Советском Союзе. Они работали на заводе Юнкерса в Филях в 1923–1925 гг. Приводятся также сведения о тайном изъятии немецких чертежей и документации (эта информация была представлена в секретном докладе К. Е. Ворошилову в ноябре 1925 г.) [4, с. 55]. При этом надо заметить, что данное обстоятельство не должно умалять заслуг конструкторского бюро А. Н. Туполева, так как первый цельнометаллический самолет Андрея Николаевича АНТ-2 поднялся в воздух еще в мае 1924 г.

В главе «Самолетостроение 1920-х – начала 1930-х годов» Д. А. Соболев выявляет наиболее значительные успехи А. Н. Туполева в деле проектирования самолетов. В частности, автор упоминает ТБ-1 (АНТ-4) назван «подлинно новаторской машиной», которая воплотила характерные черты будущих тяжелых бомбардировщиков. Автор отметил сильную сторону этой машины в сравнении с самолетами Г. Юнкерса. У «детища» А. Н. Туполева «крыло... характеризовалось более технологичной конструктивно-силовой схемой с плоскими ферменными лонжеронами»; применялась обшивка с более крутым гофром («волна ЦАГИ»), что позволяло повысить прочность на 5-7 % по сравнению с «волной Юнкерса» [4, с. 55]. Известный историк авиации показывает также и влияние летательных аппаратов А. Н. Туполева на развитие мирового самолетостроения. Так, Д. А. Соболев подмечает явные параллели между схемой, примененной А. Н. Туполевым при конструировании ТБ-1, и особенностями конструкции созданных позднее известных американских «летающих крепостей» Боинг В-17 и Боинг В-29 [4, с. 57].

В монографии В. Г. Ригманта [5] ранний этап деятельности А. Н. Туполева освещается как в главе 2 «Легкие цельнометаллические», так и в главе 3 «Тяжелые воздушные корабли». Заслугой автора является выявление присущего конструктору эволюционного подхода к проектированию: «от освоения в серии и в эксплуатации сравнительно небольших самолетов цельнометаллической конструкции – к созданию тяжелых многомоторных машин, от создания легких монопланов и привычных бипланов – к тяжелым свободнонесущим монопланам» [5, с. 10]. Автор отмечает организованный А. Н. Туполевым уже при создании первого самолета процесс проектирования, основные стадии которого позднее стали

в ОКБ общепринятыми: 1) изготовление и продувки моделей; 2) определение расчетных нагрузок; 3) проведение статиспытаний силовых элементов; 4) изготовление рабочих чертежей в натуральную величину [5, с. 11]. Рассматривая поэтапное проектирование легких цельнометаллических крылатых машин, В. Г. Ригмант постоянно акцентирует внимание на принципиальных отличиях, присущих каждому летательному аппарату в сравнении с предыдущими, а также на особенностях создания самолетов. В частности, применительно к истории появления АНТ-1, автор пишет о постепенном накоплении опыта в применении металла в авиации. АНТ-2 характеризуется не только как первый самолет, проектировавшийся полностью из кольчугалюминия, но и как летательный аппарат с весьма примечательной конструктивной схемой (она отличалась «высокой живучестью» и технологичностью, а поэтому стала базой для дальнейших туполевских самолетов вплоть до перехода к проектированию скоростных летательных аппаратов) [5, с. 12]. Изучая историю создания АНТ-4, В. Г. Ригмант не только показывает преимущества этого самолета в сравнении с похожим на него немецким Юнкерс G-2, но и выявляет причину использования новаторских решений в конструкции АНТ-4. Причиной автор называет позицию Особого Технического Бюро по военным изобретениям (ОСТЕХБЮРО), заказавшим самолет в 1924 г. и не вникавшим в технические нюансы. Упомянутую организацию интересовала в первую очередь быстрота создания летательного аппарата. Именно это обстоятельство способствовало появлению у А. Н. Туполева широких возможностей [5, с. 23].

В статье Г. Черемухина [6] подводятся итоги многолетней деятельности А. Н. Туполева на ниве создания летательных аппаратов. Автор фокусирует свое внимание на характерных чертах личности выдающегося ученого. В рамках нашей темы несомненный интерес вызывает сравнение конструктора с зачинателем мирового цельнометаллического самолетостроения Г. Юнкерсом. Сравнение это объясняется особой ролью А. Н. Туполева в разработке «общей концепции компоновки свободно-несущих цельнометаллических монопланов, как будущего авиации» [6, с. 37]. Упорство конструктора имело место на фоне популярности деревянных бипланов. Отмечается также подготовка, которая велась А. Н. Туполевым к проектированию самолетов. Она проявилась в создании научной базы, которая впоследствии постоянно совершенствовалась. В этом отношении автор проводит параллель с братьями Райт и О. Лилиенталем. Наконец, выявляется настойчивость конструктора в борьбе с чиновниками из

сферы авиапрома, не разделявшими его мнения о перспективности создания советской металлургической промышленности легких сплавов в период господства деревянных самолетов.

В другой своей статье [7] Г. Черемухин пишет о неординарных способностях А. Н. Туполева выстраивать так называемую «систему горизонтальных связей». Речь идет об умении конструктора наладить грамотное и плодотворное взаимодействие специалистов различного профиля при создании летательных аппаратов. Конструктор, справедливо полагавший, что самолет «делается коллективным трудом людей», придавал большое значение организации неформальных творческих коллективов, занимавшихся разработкой конкретных проблем. В такие коллективы входили порой не только инженеры, но также изготовители и эксплуатанты самолетов. Автор приводит яркий пример, характеризующий установление «горизонтальных связей»: неформальное взаимодействие конструкторов с создателями авиационных двигателей [7, с. 24]. Такой диалог, не обремененный бумажной волокитой, был нацелен на скорейшее достижение компромисса между сторонами и, как следствие, оптимизацию процесса создания самолета. Характеризуя другой аспект налаживания «горизонтальных связей» – взаимодействие ЦАГИ (Центрального аэрогидродинамического института) с авиапредприятиями – автор выделяет сотрудников института, внесших в это дело заметный вклад (в частности, отмечается роль А. И. Путилова и Е. И. Погосского).

Статья историка авиации В. Турьяна [8] раскрывает такую грань таланта конструктора, как умение превращать боевой самолет в гражданский. В частности, подобной метаморфозе подвергся спроектированный в 1920-е гг. АНТ-9 (ПС-9). Но информация, приводимая в статье, касается в основном тех летательных аппаратов, которые создавались после 1920-х годов.

Итак, особенности конструкторской мысли А. Н. Туполева нашли заметное отражение на страницах целого ряда исследований. Можно выделить два основных этапа в изучении раннего периода творчества конструктора: советский и постсоветский. Если на первом этапе происходило накопление фактического материала, то на втором наблюдалось определенное расширение фактологической базы с привлечением закрытых в советское время источников, а также изображение деятельности А. Н. Туполева на широком фоне развития мировой инженерной мысли. Наиболее полное представление об эволюции творческой деятельности

А. Н. Туполева в 1920-е годы (из числа упомянутых в данной статье работ) дает исследование В.Г. Ригманта, а также совместный труд П. Даффи и А. И. Кандалова. В этих работах показаны не только особенности создания и характеристики отдельных летательных аппаратов, но и уделено внимание стилю инженерного мышления А. Н. Туполева, исследовано его влияние на дальнейшее развитие авиационной отрасли в СССР и мире в целом.

Список литературы

1. Шавров, В. Б. История конструкций самолетов в СССР до 1938 года / В. Б. Шавров. – 4-е изд., исправл. – М. : Машиностроение, 1994. – 704 с.: ил.
2. Пономарев, А. Н. Советские авиационные конструкторы / А. Н. Пономарев. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Воениздат, 1980. – 247 с.: ил.
3. Даффи, П. А. Н. Туполев. Человек и его самолеты / П. Даффи, А. И. Кандалов. – (Рус. изд.). – М. : Моск. рабочий, 1999. – 264 с.: ил.
4. Соболев, Д. А. История самолетов. 1919–1945 гг. / Д. А. Соболев. – М. : Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 1997. – 357 с.: ил.
5. Ригмант, В. Г. Самолеты ОКБ А. Н. Туполева / В. Г. Ригмант ; гл. ред. Д. А. Соболев. – М. : РУСАВИА, 2001. – 336 с.: ил.
6. Черемухин, Г. К 120-летию со Дня рождения А. Н. Туполева / Г. Черемухин // Авиация и космонавтика вчера, сегодня, завтра. – 2008. – № 11. – С. 37-41.
7. Черемухин, Г. А. Н. Туполев и «система горизонтальных связей» / Г. Черемухин // Авиасоюз. – 2008. – № 5. – С. 24-27.
8. Турьян, В. Туполевский почерк / В. Турьян // Гражданская авиация. – 1998. – № 11-12. – С. 23-25.

СОДЕРЖАНИЕ

Состав организационно-программного комитета		3
Приветственное слово		4
Секция		
«Инновации в технологиях формообразования листовых материалов и упрочнения технологической оснастки в авиационной и других отраслях промышленности»		
1	Алешин А. С., Кокорин В. Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛОПРОКАТА В РОЛИКАХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ LS-DYNA	6
2	Баранов А. С., Илюшкин М. В., Марковцев В. А. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РЕЗКИ СДВИГОМ ПРОФИЛЕЙ СЛОЖНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОВЕДЕННОГО КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	13
3	Егоров А. В. ДЕФОРМИРОВАНИЕ МЕТАЛЛО-КОМПОЗИТНОГО КОЛЬЦА ПРИ НАГРЕВЕ	21
4	Ефременков И. В РАСЧЕТ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЛОПАСТЕЙ ВИНТА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ	23
5	Илюшкин М. В., Баранов А. С. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ И МЕХАНООБРАБОТКИ НА АО «УЛЬЯНОВСКИЙ НИАТ» В ПРОГРАММЕ ANSYS/LS-DYNA	27

6	Михеев В. А., Сурудин С. В., Науменко И. В., Назайкинский Е. В. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ЧПУ ОБТЯЖНЫХ ПРЕССОВ ФИРМЫ ACB-ALSTHOM	35
7	Попов А. Г., Марковцев В. А., Хайрулин М. И., Храмов М. А. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ПРОДОЛЬНАЯ ГИБКА ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК ПРОФИЛЬНЫХ АВИАЦИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ	50
8	Попов А. Г., Жигалов И. Д. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕНОК ПРИБОРНЫХ ШКАФОВ ИЗ ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ	54
9	Рыжаков С. Г., Гимадеев Р. Н., Перфильев О. В. ПРИМЕНЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В САМОЛЕТАХ СЕМЕЙСТВА ТУ-204	58
10	Рыжаков С. Г., Должиков В. А., Перфильев О. В. ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА ПРИЧИН НЕИСПРАВНОСТЕЙ В АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКЕ	64
11	Табаков В. П., Полозов М. В. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ	70
12	Табаков В. П., Полозов М. В. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТРУКТУРЫ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ НИТРИДОВ ТИТАНА, НИОБИЯ, ЦИРКОНИЯ И АЛЮМИНИЯ	76

13	Турундаев К. В. ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ГНУТОЛИСТОВЫХ ПРОФИЛЕЙ	80
14	Филимонов А. В., Кокорина И. В., Филимонов В. И. НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ И ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕРФОРИРОВАННОГО И ЦЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ	86
15	Филимонов А. В., Марковцева В. В., Филимонов В. И. О СТЕПЕНИ АСИММЕТРИИ ГНУТОГО ПРОФИЛЯ	90
Секция «Гуманитарные науки в авиационно-космических технологиях»		
16	Бородина Н. В., Марковцева О. Ю. МЕТАФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ XXI ВЕКА	95
17	Бочков Б. А. НУЖНЫ ЛИ ВЫПУСКНИКУ АВИАЦИОННОГО ВУЗА СОЦИОГУМАНИТАРНЫЕ ЗНАНИЯ?	101
18	Рассади́на Т. А. РИСКИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ	111
19	Судаков М. А. КОНСТРУКТОРСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ А. Н. ТУПОЛЕВА В 1920-е ГОДЫ В ОЦЕНКАХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ	122

Благодарим за участие!









Научное электронное издание

**«Наука, теория, практика
авиационно-промышленного кластера современной России»**

II Всероссийская научно-производственная конференция,

приуроченная ко Дню науки

(Россия, г. Ульяновск, 8–9 февраля 2017 г.)

Сборник научных трудов

Отв. секретарь В. В. Марковцева

Технический редактор: Ю. С. Лесняк

ЭИ № 922. Объем данных 11,0 Мб.

ЛР № 020640 от 22.10.97.

Подписано в печать 24.05.2017.

Усл. печ. л. 7,91. Заказ № 494.

Ульяновский государственный технический университет

432027, г. Ульяновск, Сев. Венец, 32.

ИПК «Венец» УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, Сев. Венец, 32.

Тел.: (8422) 778-113

E-mail: venec@ulstu.ru

venec.ulstu.ru